

# Ús i aprofitament de l'aigua en l'àmbit domèstic i industrial a través de les fonts arqueològiques: quatre exemples d'època medieval i moderna

Marta Sancho Planas

Institut de Recerca de Cultures Medievales

## Resum

Presentem quatre exemples d'usos de l'aigua a l'edat mitjana i moderna que hem pogut documentar a través de la recerca arqueològica portada a terme els darrers anys i que es corresponen a cronologies diferents: L'aprofitament de l'aigua de pluja en l'hàbitat tardoantic i altmedieval d'Els Altimiris (segles v-viii); El control i l'ús de l'aigua en l'establiment siderúrgic de Fabregada (segles xi-xiii); El circuit de l'aigua en el Castell de Mur (segles xi-xv) i La captació d'aigües subterrànies a partir del sistema de *qānat*, a la Sínia (segle xvi). Cada un d'aquests exemples l'interpretem dins del seu context històric i arqueològic i finalment fem una valoració general de l'eficàcia d'aquests modestos sistemes hidràulics i de la importància que tingueren a l'edat mitjana i moderna.

*Paraules clau:* arqueologia, edat mitjana, aigua, àmbit domèstic, àmbit industrial.

## Abstract

We present four examples of water use in the Middle Ages and Modern we have been documented through archaeological research conducted in recent years and which correspond to different chronologies: The use of rainwater in a late antiquity and high medieval age habitat of *Els Altimiris* (5th-8th Centuries); control and use of water in the iron industry of *Fabregada* (11th-13th centuries); the water circuit in the *Castell de Mur* (11th-15th centuries) and the exploitation of groundwater with the *qanat* system in *La Sínia* (16th Century). All of these examples we interpret it within its historical and archaeological context. Finally we do an assessment of the effectiveness of these modest hydraulic systems and their importance in the Middle Ages and Modern.

*Keywords:* archaeology, middle ages, water, domestic sphere, industrial sphere.

\* És professora del Departament d'Història Medieval, Paleografia i Diplomàtica de la Universitat de Barcelona ([marta.sanchoplanas@gmail.com](mailto:marta.sanchoplanas@gmail.com)).

Rebut: 18 de gener de 2011. Avaluació: 30 de juny de 2011. Versió definitiva: 30 de novembre de 2011.

## Introducció

L'aigua és un recurs mineral,<sup>1</sup> certament el més important dels recursos minerals, i, com a tal, necessita l'aplicació d'un seguit de tècniques per captar-lo i aplicar-lo als diversos usos als quals va destinat. L'aigua és omnipresent en qualsevol etapa de la història de la humanitat, i en cada moment, ha estat emprada per a uns determinats usos en funció de les característiques de la societat i del seu grau de desenvolupament tècnic (Sancho 2009). Els recursos hídrics disponibles han d'atendre totes les necessitats, des de l'aigua de boca fins a la indústria més contaminant, passant pel consum animal, el regadiu, la higiene personal i domèstica o l'elaboració d'aliments.

Les formes en què la natura ens ofereix aquest element líquid són diverses: aigua de pluja, aigües superficials, tant si són fonts com rius, i aigües subterrànies. Cal tenir present, però, que no és el mateix domesticar l'aigua de pluges torrencials que l'aigua de precipitacions constants però tranquil·les, de la mateixa manera que no es el mateix treballar en un riu ample, d'aigües tranquil·les i cabalós, que fer-ho en un riu amb forts desnivells i amb un règim torrencial. L'origen de l'aigua condiciona les formes d'aprofitament, de la mateixa manera que l'ús que se'n vulgui fer obliga a construir unes infraestructures més o menys complexes (Yoshinaga i Albuquerque 2000).

No podem oblidar que l'aigua sense control és un dels agents més devastadors de la natura, la qual cosa condiciona les característiques del sistema hidràulic, la ubicació de determinats elements, els pendents i els mecanismes d'evacuació de l'aigua sobrera, o *sobranta*, com en diuen en segons quines zones de muntanya. Generalment, en les descripcions de sistemes hidràulics, es té poc present aquest factor i tan sols en comptades ocasions es presta atenció a aquests mecanismes d'evacuació que són imprescindibles i presents en tots.

La societat urbana actual, allunyada del medi natural i desconexada dels recursos que aquest medi ens ofereix i dels límits que planteja la seva explotació, té molt poca consciència de la importància que té l'aigua en la seva vida. La facilitat amb la qual s'obre i es tanca l'aixeta devalua aquest recurs de tal manera que només som conscients del que suposa per a les nostres vides quan l'amenaça de les restriccions plana sobre el nostre futur.<sup>2</sup> Pel contrari, en el món rural la consciència sobre la importància i la necessitat de disposar d'aigua és encara molt present i pot generar conflictes entre veïns, fins i tot per a drets sobre aigües que ja fa temps han deixat de tenir sentit. En molts indrets del món els conflictes pel control de l'aigua acaben en enfrontaments armats, i és que sense aigua resulta impossible la vida humana. No són pocs els que en els darrers anys alerten d'aquests conflictes i consideren que, en un futur proper, les lluites pel control de l'aigua sovintejaran arreu del món (Fernández - Jauregui 2001). I, per això mateix, no és estrany que l'àmbit dels estudis històrics es facin ressò d'aquesta realitat i que, dins de la línia de l'ecohistòria, hi hagi un cert interès a analitzar les formes d'explotació dels recursos naturals en general i de l'aigua en particular.

1. Tot i ser un recurs mineral, per la seva importància vital, se'l considera a part del altres i es classifica com a recurs hídic.

2. Serveixi com a exemple l'episodi de sequera i restriccions que es va patir a Catalunya l'any 2008.

Si ens centrem en l'edat mitjana peninsular i en els estudis realitzats sobre l'explotació dels recursos hídrics, ens adonem que la majoria corresponen al món andalusí, considerat des de sempre com una realitat sociocultural marcada per l'ús de l'aigua (Cressier 2006). Certament, tant els àrabs com els berebers, procedents de zones àrides i amb gran necessitat d'aigua, assimilien i reaprofiten les infraestructures hidràuliques romanes i introdueixen noves tècniques de captació i domesticació d'aigües, pròpies d'Orient. Màquines elevadores i captació d'aigües subterrànies, xarxes de distribució i emmagatzematge, els permeten crear uns espais agraris irrigats amb un alt índex de productivitat, alhora que pobles i ciutats eren abastits d'aigua a través de canals i fonts públiques, banys i safarejos (Barceló 1987; Kirchner 1994; Selma 1994).

L'interès mostrat per la historiografia medieval per l'hidraulisme andalusí ha deixat en segon terme l'estudi dels sistemes de captació i utilització de l'aigua en l'àmbit cristià, tot i que tenim algunes aportacions interessants (Font i Pujadas 1997; Font, Mateu, Pujadas *et al.* 1998; Sesma i Utrilla 2001; Eritja 2002). Sembla com si els habitants d'aquelles contrades no haguessin tingut les mateixes necessitats per abastir-se d'aigua ni la voluntat per fer-ho. Res més lluny de la realitat, però. Podem afirmar, sense por d'equivocar-nos, que no hi ha ni un sol assentament d'època medieval, ja sigui castell, monestir, ciutat, vila o mas, que no hagi tingut en compte aquest aspecte, encara que no en tots els casos hagi suposat la creació d'un sistema hidràulic complex. Malgrat això, si entenem un sistema hidràulic com un seguit d'infraestructures destinades a l'abastiment d'aigua, independentment de la seva complexitat, hem de deduir que en tots els casos existeix un determinat sistema hidràulic i que el que fa falta és identificar-lo i comprendre'n la lògica de funcionament alhora que en valorem la seva optimitat.

En el present article presentem quatre exemples de domesticació de l'aigua que han estat estudiats a partir de l'anàlisi arqueològica i que responen a quatre situacions diferents, tant pel que fa a l'ús que es vol fer de l'aigua com respecte a l'origen del recurs i el sistema hidràulic que se'n deriva. Els ordenarem de manera cronològica, independentment del moment en què es va portar a terme la recerca.

## **L'aprofitament de l'aigua de pluja en l'hàbitat tardoantic i altmedieval d'Els Altimiris**

Els Altimiris és un assentament en altura situat al vessant nord de la serra del Montsec, amb una cronologia que va del segle v al VIII. La recerca que s'hi està desenvolupant es va iniciar l'any 2004 i fins ara s'hi han realitzat set campanyes arqueològiques.<sup>3</sup> Aquest assentament es caracteritza per la presència d'una església central al voltant de la qual s'organitza un poblament en fons de cabana. A la part més alta del poblat trobem una estructura lleugerament rectangular amb paviment d'*opus signinum* i parament d'*opus caementicium*, la qual cosa

3. Aquesta recerca té el finançament de la Fundació Territori i Paisatge de l'Obra Social de Caixa Catalunya, que, a més, és propietària dels terrenys on es troba Els Altimiris; l'Ajuntament de Sant Esteve de la Sarga, que en gestiona els recursos disponibles; el Servei d'Arqueologia i Paleontologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, que concedeix els permisos necessaris per realitzar la recerca arqueològica; l'AGAUR de la Generalitat de Catalunya amb els seus programes d'ajuts d'abast comarcal ACOM; l'Institut d'Estudis Ilerdencs amb els seus ajuts a la recerca del Patrimoni Arqueològic i la Universitat de Barcelona que gestiona els recursos i aporta les seves infraestructures de recerca i el seu personal. A totes aquestes institucions els volem expressar el nostre agraïment.

ens indica una clara influència de les tècniques constructives tardeoantigues (Sancho 2009; Alegria i Sancho 2010; Sancho 2010).

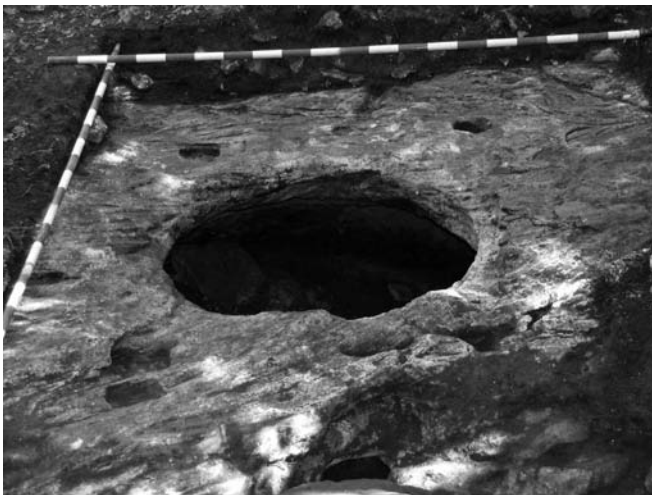
La seva ubicació a la part més alta d'un dels contraforts septentrionals del Montsec d'Ares, a uns 900 m d'altitud, lluny del fons de vall per on discorre la Noguera Ribagorçana i els seus afluents, propicia que el tema de l'abastiment d'aigua fos un dels principals problemes que calia resoldre per part de la comunitat que allí habitava. La notícia de l'existència d'una font –actualment perduda– a poc menys d'un quilòmetre de distància, no és suficient per garantir la disponibilitat d'aigua, per la qual cosa era necessari disposar d'un altra forma d'abastiment.

Dins del poblat trobem tres grans cisternes globulars excavades a la roca: una a tocar de l'església, molt a prop de l'absis, l'altra a poca distància de l'estructura rectangular citada anteriorment i una tercera en una zona extrema, prop del cingle que delimita el jaciment, sense relació amb cap estructura constructiva, a la part baixa d'una gran plataforma de roca.

Les cisternes properes a les construccions indicades s'alimenten de l'aigua de pluja recollida de les seves cobertes, mentre que la darrera recull l'aigua que s'escola per la plataforma de roca. En els dos primers casos, hem pogut localitzar els canalets de recollida de l'aigua a l'entorn dels edificis, que porten l'aigua de pluja fins a les cisternes, mentre que per a la tercera tan sols apreciem lleugers retocs en la plataforma de roca per tal de conduir l'aigua cap a la seva entrada.

### Figura 1

**Els Altimiris: cisterna número 1, situada a tocar de l'absis de l'església. A baix, al centre, es pot veure l'orifici d'entrada de l'aigua que també actua com a sobreceixidor**



**Figura 2**  
**Els Altimiris: detall del canal que condueix l'aigua cap a la cisterna número 1**



La més ben estudiada de les tres cisternes, fins ara, ha estat la propera a l'església, ja que és en aquest sector on hem destinat més esforços en les diferents campanyes. Així, hem pogut observar com el canal de recollida d'aigua de pluja s'alimenta de la coberta de l'església i també de l'aigua que discorre per la roca.<sup>4</sup> L'entrada a la cisterna s'efectua per un forat realitzat en la mateixa cúpula i que se situa en una cota lleugerament inferior que la boca. D'aquesta manera, aquest orifici compleix dues funcions: la d'entrada i la d'evacuació. Efectivament, just abans d'entrar a la cisterna, el canalet presenta una petita cubeta lleugerament arrodonida que devia servir per sedimentar les impureses (sorra, pedretes...) que l'aigua arrossegava en el seu recorregut. A aquesta cubeta, a més de l'orifici d'entrada a la cisterna, hi va a parar el canalet que devia portar l'aigua i en surt un altre canalet —menys treballat— que devia funcionar com a evacuator de l'aigua sobrera, evitant que aquesta sobreixís per la boca de la cisterna i discorregués sense control. El funcionament del sistema resulta simple, tan sols calia obrir o tancar l'orifici d'entrada a la cisterna o el canal d'evacuació per aconseguir que l'aigua entrés o no

4. Cal assenyalar que el nivell de circulació seria el de la mateixa roca, per la qual cosa l'aigua de pluja podria conduir-se cap a les diferents cisternes.

entrés. En cas d'excés d'aigua dins la cisterna, s'omplia la cubeta abans de sortir per la boca i discorria pel canal d'evacuació fins a un lloc que desconeixem però que es devia situar a la part més baixa del poblat, potser en direcció a la tercera cisterna.

Hem de suposar que les altres dues cisternes devien disposar d'un sistema similar, però haurem d'esperar que avanci la recerca per poder-ho constatar.

Tot i que tan sols hem intervingut en l'interior de la cisterna propera a l'església, intentarem fer un càlcul aproximat de la capacitat d'emmagatzematge. Cal tenir present que totes tres són de secció globular imperfecta, per la qual cosa resulta complicat calcular la seva capacitat exacta. Partim d'un radi aproximat de 2 m, cosa que ens dóna una capacitat aproximada al voltant dels 30.000 l per a cada una de les tres cisternes, és a dir, una capacitat total d'emmagatzematge de 90.000 l.

Més complicat resulta calcular la superfície de captació de l'aigua de pluja, ja que no podem saber la superfície de roca nua que s'aprofitava. Així, doncs, ens limitarem a fer un càlcul a partir de la coberta de l'església per tal d'establir el mínim d'aigua de pluja que podria ser utilitzada.

La coberta de l'església devia tenir un mínim de 84 m<sup>2</sup> que, multiplicats pels 700 mm de precipitació mitjana anual, fan un total de 58.800 l. Tenint en compte que estem calculant els mínims possibles, creiem que podem arrodonir i dir que la capacitat de captació d'aigua de pluja permetria omplir dues vegades la cisterna situada en les proximitats de l'església i presumiblement passaria una cosa similar per a les altres dues. Si és així, els habitants d'Els Altimiris podrien disposar d'uns 180.000 l d'aigua anual acumulada en les cisternes.

Els càlculs de consum els fem a partir d'un nombre aproximat de 50 persones que podrien habitar el lloc, en el moment de màxima ocupació, i d'un consum diari de 10 l, calculats prenent com a guia les dades que ens aporten experts internacionals sobre consums mínims (Sánchez 2008).<sup>5</sup> Sorprenentment, el càlcul de consum anual s'apropa molt a la capacitat de captació i emmagatzematge d'aigua que hem fixat, ja que suma un total de 182.500 l.

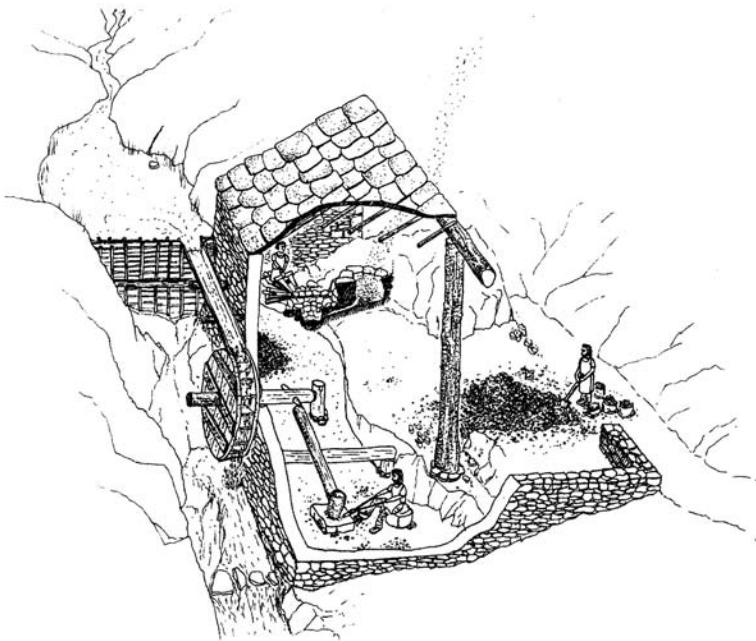
Tot i la fragilitat dels càlculs que hem realitzat, podem concloure que els habitants d'Els Altimiris devien disposar d'un sistema hidràulic que els permetria cobrir les seves necessitats bàsiques de caire domèstic. Cal, però, remarcar, que l'economia d'Els Altimiris, eminentment ramadera, exigiria disposar de molts més recursos hídrics, per la qual cosa la presència d'aquestes tres cisternes no devia ser suficient. La font i el riu podrien cobrir aquestes necessitats ramaderes, fora del recinte de l'assentament.

5. Establim aquests 10 litres per persona dia a partir de les dades de l'OMS. Es considera que, en les zones amb menys recursos d'aigua del planeta, els consums mínims, per a aigua de boca i per a la preparació d'aliments, estaria al voltant dels 7,5l. Certament les circumstàncies no són les mateixes, però creiem que en una societat com la medieval el consum es devia limitar als mínims per beure, cuinar i per a un mínim d'higiene, i que aquests mínims poden quedar coberts amb aquests 10 l diaris per persona.

### El control i l'ús de l'aigua en l'establiment siderúrgic de Fabregada<sup>6</sup>

El cas de Fabregada, el qual ha estat presentat en nombroses publicacions (Sancho 1995; 1997; 1997), respon a unes necessitats absolutament diferents. Es tracta d'un sistema hidràulic pensat i realitzat per a l'abastiment d'energia hidràulica d'una indústria siderúrgica dedicada a la reducció d'òxids de ferro a ferro metàl·lic, una farga. La força de l'aigua es devia utilitzar per accionar un petit mall que devia facilitar la forja del masser sortit del forn. La naturalesa de l'aigua emprada devia procedir d'un petit torrent afluent de la Noguera Pallaresa, actualment

**Figura 3**  
**Fabregada: reconstrucció ideal de la farga. Es pot observar el sistema de retenció de l'aigua del torrent, la presa de fusta i la roda motriu que accionava el mall**



Dibuix de Ferran Compte

6. El treball de camp es va realitzar entre els anys 1992 i 2002 i va tenir el finançament de les següents institucions: el Servei d'Arqueologia i Paleontologia de la Generalitat de Catalunya, que va concedir els permisos necessaris per realitzar la recerca arqueològica; l'AGAUR de la Generalitat de Catalunya amb els seus programes d'ajuts d'abast comarcal ACOM; l'Institut d'Estudis Ilerdencs amb els seus ajuts a la recerca del Patrimoni Arqueològic; el Consell Comarcal el Pallars Jussà i la Universitat de Barcelona que gestionà els recursos i aportà les seves infraestructures de recerca i el seu personal. A totes aquestes institucions els volem expressar el nostre agraïment.



canalitzat per abastir d'aigua diversos pobles de la vall de Sant Esteve de la Sarga. Fabregada presenta una cronologia que va del segle XI fins al començament del segle XIV. L'edifici de la farga està situat sobre mateix del torrent i a poc més de 50 m trobem el nucli d'hàbitat agrupat i l'església, situada fora del nucli de cases, encara avui en peu.

En l'estudi arqueològic realitzat en aquest lloc, es va poder observar com les traces del microrelleu indicaven l'existència d'una petita presa de contenció de l'aigua just a tocar de l'edifici de la farga. El rebliment de la presa, una vegada abandonat el lloc, ha configurat un relleu estrany que consisteix en un camp absolutament pla en el mateix llit del torrent, que en aquest tram presenta un pendent considerable.

La cala de prospecció realitzada en aquest camp constata que es tracta d'un relleu originat per la sedimentació de materials dins un ambient lacustre, ja que la seqüència estratigràfica és absolutament horitzontal. Aquest tipus d'evidències arqueològiques solen ser difícils d'identificar, tot i que disposem d'exemples en què el testimoni del rebliment tan sols s'ha conservat en els límits del que seria la zona inundada (Burillo i Ruiz 1988; Burillo 1997). En el nostre cas hem pogut observar que el corrent d'aigua circula per sota dels nivells de rebliment, respectant en la seva totalitat el microrelleu creat pel rebliment de l'antiga presa de contenció.

Hem pogut calcular que la caiguda d'aigua que es devia aconseguir amb aquesta presa es podria situar al voltant del metre d'alçada, suficient per fer girar una roda d'un metre de diàmetre que al seu torn devia accionar l'arbre de llesves del mall, el qual en cap cas no devia superar els 100 kg de pes (Sancho 1999).

Com que no vam trobar cap estructura en pedra de la presa de contenció, creiem que devia estar feta amb troncs i fusta i que la seva progressiva desintegració permetia la colmatació i, fins i tot hauria facilitat que s'establís un camí subterrani de l'aigua en el seu fluir pel torrent.

L'eficàcia del sistema hidràulic en aquest cas és absoluta, ja que s'obtindria la força motriu necessària per fer funcionar l'enginy, que en aquest cas és un mall. No cal dir que la simplicitat del sistema és també una de les seves virtuts. La inexistència de canals de derivació o basses artificials simplifica les tasques de manteniment i la construcció en fusta facilita la seva reparació. Per altra banda, la seva ubicació en un punt molt proper a la capçalera del torrent minimitza la possibilitat d'avingudes, força habituals en el tram mitjà i inferior d'aquest mateix torrent.

Desconeixem si l'aigua acumulada en aquesta petita presa era emprada per a altres usos, però sembla evident que la proximitat al poblat —situat a uns 50 m— i el fet que la farga tingués un funcionament estacional fa pensar en el seu aprofitament per a usos domèstics i ramaders.

Val a dir que aquesta ubicació de la farga en la capçalera del torrent respon a la necessitat d'aquesta indústria de situar-se en les proximitats del bosc i dels jaciments d'òxids de ferro, d'on es devia obtenir el carbó i el mineral necessari per al seu funcionament. Pel contrari, els molins fariners solen situar-se en una zona propera als camps de cereals i als centres de consum, és a dir en els cursos mitjà i inferior dels rius. Aquest fet obliga a dissenyar un sistema hidràulic més complex —presa, canal de derivació i bassa— que permeti allunyar el molí de la llera del torrent evitant, així, que sovintegin les inundacions. La documentació medieval és rica en referències a aquestes infraestructures ja des del segle IX, i hi trobem fins i tot referències a elements concrets del sistema hidràulic, com ara el *capud aquiis* (punt de captació) o el *rego* (reg o canal de derivació), tal com es pot observar en els documents publicats en diferents



reculls documentals (Rius 1945-1947; Abadal 1955; Puig 1992). Aquest sistema, més complex, ofereix una possibilitat d'explotació i utilització de l'aigua afegida, que consisteix en l'aprofitament de l'aigua que ha passat pel molí, per regar les parcel·les de terra situades entre el molí i la llera del riu o torrent i que solen organitzar-se en forma de terrasses d'horta amb basses interconnectades.

Veiem, doncs, com els sistemes hidràulics destinats a la indústria s'adapten a les característiques del corrent d'aigua que utilitzen i poden tenir usos derivats que poden resultar tan interessants com aquells pels quals han estat pensats i dissenyats originàriament. Un bon exemple el trobem en els diversos usos que tingué el Rec Comtal de Barcelona al llarg del seu recorregut (Busqueta, Huntingford i Sola 1989).

### **El circuit de l'aigua al Castell de Mur<sup>7</sup>**

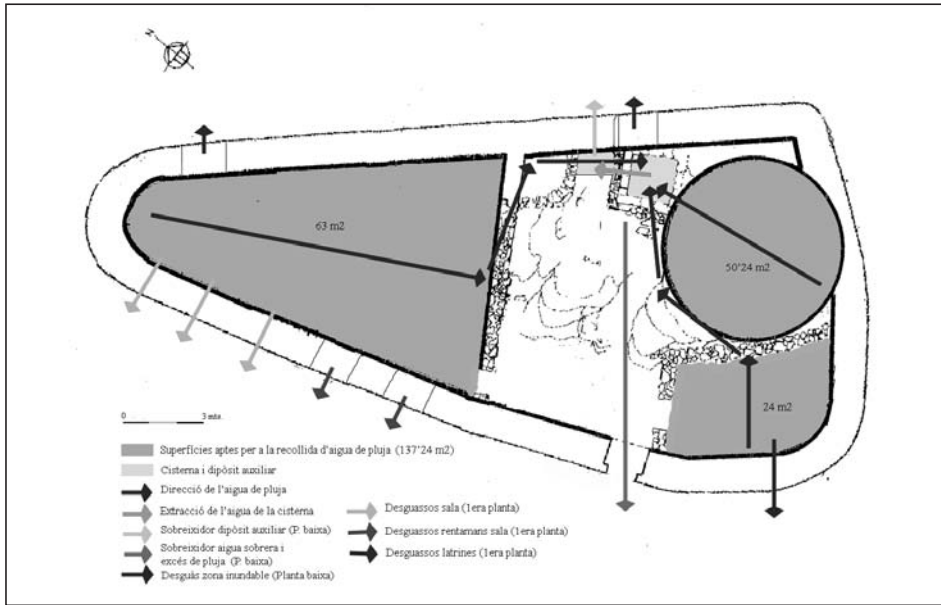
En el cas dels castells, l'abastiment i l'emmagatzematge d'aigua per al consum humà és una qüestió estratègica. Els castells, sovint situats dalt de turons encimbellats, lluny dels cursos d'aigua i no sempre propers a fonts o surgències, solen presentar problemes per disposar d'aquest element tan vital per a la vida. És per a això que la pràctica totalitat de castells disposen d'una o més cisternes on emmagatzemar l'aigua de pluja recollida de les cobertes. Mur no n'és una excepció i al llarg de la seva evolució, que va del segle *x* fins al *xv*, va disposar de dues cisternes. Una a la part més baixa de la torre, i l'altra, al pati.

L'observació de l'estructura del castell i els diferents elements que hem anat descobrint a partir de la recerca arqueològica ens han permès definir el que anomenem el circuit de l'aigua: com es captava, com s'emmagatzemava, com s'emprava i com s'evacuava de l'interior del castell. Amb les dades pluviomètriques de l'estació meteorològica més propera al castell, hem pogut fer un càlcul del potencial de recaptació d'aigua al llarg de l'any i per estacions. Més difícil ha estat establir el consum diari d'aigua i valorar la capacitat d'autoabastiment, ja que no disposem de dades sobre les quals fonamentar aquest càlcul. Malgrat tot, ho hem intentat i en fem una proposta aproximada.

El sistema hidràulic del Castell de Mur estava constituït per diferents elements. En la primera fase d'existència de la fortalesa, quan només hi havia la torre, a mitjan segle *x*, disposava d'un dipòsit o cisterna a la seva part més baixa, arrebossada amb morter de calç i argila, que podria haver servit per emmagatzemar aigua. La captació d'aigua es degué limitar a la que es podia recollir de la terrassa de la mateixa torre, que devia ser conduïda cap a la cisterna mitjançant algun sistema que desconeixem. Amb una base circular de 2 m de diàmetre i una alçada d'uns 3 m, el volum d'aquesta cisterna devia ser de 9,42 m<sup>3</sup>, equivalent a gairebé 9.500 litres d'aigua. La superfície de captació, limitada a la terrassa de la torre, devia ser de 50,24 m<sup>2</sup>.

7. El treball de camp es va realitzar entre els anys 1997 i 2002 i va tenir el finançament de les següents institucions: el Servei d'Arqueologia i Paleontologia de la Generalitat de Catalunya, que va concedir els permisos necessaris per realitzar la recerca arqueològica; l'AGAU de la Generalitat de Catalunya amb els seus programes d'ajuts d'abast comarcal ACOM; el Departament de Joventut de la Generalitat de Catalunya; l'Institut d'Estudis Ilerdencs amb els seus ajuts a la recerca del Patrimoni Arqueològic; l'Ajuntament de Castell de Mur; el Consell Comarcal el Pallars Jussà i la Universitat de Barcelona, que gestionà els recursos i aportà les seves infraestructures de recerca i el seu personal. A totes aquestes institucions els volem expressar el nostre agraïment.

**Figura 4**  
**Castell de Mur: el circuit de l'aigua**



A partir de la primera meitat del segle xi, aquesta cisterna quedà amortitzada en construir-s'hi la cisterna situada al pati, entre la torre i el mur de tancament que defineix l'estructura definitiva del castell. Aquesta segona cisterna es mantingué en funcionament fins a la fase final d'ocupació del castell, a la darrerria del segle xv.

La cisterna del pati presenta una planta aproximada de  $2 \times 2$  m i 3 m de profunditat per al seu interior, cosa que suposa un volum de  $12 \text{ m}^3$ , que equivalen a 12.000 litres de capacitat. Al seu costat s'hi troba un petit dipòsit excavat en el substrat rocallós que disposa d'un desguàs cap a l'exterior del castell, a través del mur de tancament nord-oriental. Les dimensions i la capacitat d'aquest dipòsit són difícils de calcular, ja que la roca on està excavat no és del tot plana, com tampoc ho és el fons i, a més, la planta és força irregular. Podem, però, aproximar un volum a partir de mesures mitjanes. La planta fa aproximadament  $1,5 \times 1$  m i té una fondària mitjana de 0,60 m. Això suposa un volum de  $0,90 \text{ m}^3$  i una capacitat d'uns 900 l. L'aigua extreta de la cisterna mitjançant un sistema d'elevació tipus corriola es devia abocar en aquest dipòsit i d'aquesta manera devia estar a disposició de tots aquells que l'havien de menester. Al mateix temps tenia la funció de sobreexidor en cas d'excés d'aigua, per la qual cosa probablement cal pensar en l'existència d'una canalització situada a la coberta de la cisterna que permetria l'evacuació de l'aigua sobrera cap a aquest dipòsit, i d'aquest cap a l'exterior.

En relació amb la cisterna i el pati on es troba, cal dir que la roca natural presenta un pendent considerable en direcció sud-oest, cap a la porta d'accés al castell. Aquest pendent propicia la circulació de l'aigua de pluja en aquella direcció, i va ser la causa de les contínues inundacions de l'àmbit situat al sud, entre la torre, la porta d'accés i el mur de tancament

(espai que anomenem sector 100). Aquest espai disposa d'un desguàs en la seva part més baixa just abans de la plataforma rocallosa on es van construir els graners situats al fons d'aquest àmbit. En la intervenció en aquest sector es van identificar nivells corresponents a aquestes fases d'inundació i un seguit de reformes encaminades a evitar-les: es tapià la porta original per situar-la en una cota més elevada i es disposaren un seguit de pedres a l'exterior de la porta que definien el canal d'evacuació de l'aigua del pati amb sortida a l'exterior per la mateixa porta d'entrada al castell. Tenim, per tant, tres sortides possibles per a l'excés d'aigua: una en el dipòsit auxiliar de la cisterna que desguassa cap al costat nord-oriental, una altra en el sector 100, a la zona més profunda del castell, i l'altra que surt per la mateixa porta d'entrada al castell, aquestes dues últimes amb sortida cap al costat sud-occidental del castell.

Amb tot el conjunt del castell construït, ja al segle XI, la superfície apta per a la captació i la recollida d'aigua de la pluja consistí en els 50,24 m<sup>2</sup> de la terrassa de la torre, més el 63 m<sup>2</sup> de la coberta de la sala o zona d'hàbitat, probablement coberta també amb terrassa lleugerament inclinada cap el pati, i amb els 24 m<sup>2</sup> de la coberta de l'àmbit situat al sud, entre la torre i el mur de tancament (sector 100). En total 137,24 m<sup>2</sup> de superfície de recollida d'aigua.

A aquestes estructures corresponents al sistema de captació, recollida i emmagatzematge i evacuació d'aigua sobrera, hem d'afegir un seguit d'elements relacionats amb l'ús de l'aigua i la seva evacuació un cop utilitzada. Aquests, els trobem a l'alçada del primer pis i majoritàriament concentrats en l'espai d'hàbitat que hem anomenat *sala*. Allí podem observar tres desguassos situats al nivell del terra de la sala, just per sobre dels caps de biga, que travessen el mur de tancament sud-occidental. L'explicació que se'ns acut és que fossin utilitzats per a la neteja del terra de la sala de manera similar a com es fa amb les cobertes dels vaixells. En la mateixa sala trobem les dues fornícules que hem identificat com a rentamans, les quals disposen cada una d'una llosa on manipular l'aigua i un desguàs a nivell de terra per evacuar-la a l'exterior. La sortida s'efectua, també, per la façana sud-occidental del castell.

Tot i que no participen estrictament del circuit de l'aigua que estem definint, no podem oblidar les dues latrines, ubicades dins el mur de tancament en dues fornícules, l'una situada sobre la cisterna i l'altra al fons de la sala. En ambdós casos l'evacuació de les aigües fecals s'efectua a través del mur nord-oriental del castell.

Les dades de pluviometria que hem pogut consultar corresponen a l'estació meteorològica situada a la central hidroelèctrica de l'embassament de Terradets, i són mitjanes obtingudes a partir d'una seqüència de 16 anys de la segona meitat del segle XX (Romo 1989). Aquestes dades ens indiquen un total de precipitació anual de 713 l/m<sup>2</sup> repartits de forma força homogènia al llarg de l'any: 133 l/m<sup>2</sup> en els mesos d'hivern, 210 l/m<sup>2</sup> a la primavera, 176 l/m<sup>2</sup> durant l'estiu i 212 l/m<sup>2</sup> a la tardor. Aplicant aquestes mitjanes a la superfície de captació del castell de Mur, tindríem un total de 100.322,44 litres a l'any, repartits de la següent manera: 18.252,92 litres a l'hivern, 28.820,40 litres durant la primavera, 24.154,24 litres per als mesos d'estiu i 29.094,88 litres durant la tardor.

A partir d'aquestes dades, podem concloure que durant l'estació més seca, que es correspon amb l'hivern, es podria captar aigua suficient per omplir una vegada i mitja la cisterna i que en les altres tres estacions es podria omplir fins a dues vegades i més. Certament cal pensar que la cisterna no estaria totalment buida pràcticament mai i que, per tant, molta aigua s'hauria d'evacuar cap a l'exterior del castell.

L'aproximació a un càlcul de consum d'aigua al castell de Mur, l'hem fet a partir d'establir una quantitat mitjana d'habitants al seu interior que situem entorn dels 20, comptant una família de castllans de cinc persones més un mínim de servei domèstic i un mínim de guarnició militar. Cal dir que en determinats moments de crisi o de preparació de campanyes militars, el nombre podria ser molt superior, però seria sempre en situacions excepcionals. Considerem que un consum màxim aproximat d'aigua per persona i dia podria situar-se al voltant dels 10 litres, cosa que dóna un total de 200 litres diaris, que, multiplicats per 365, puguen fins als 73.000 litres anuals.

Tampoc no podem oblidar que en les proximitats del castell, a menys d'un parell de quilòmetres de distància, hi ha una font que manté un cabal important durant tot l'any i que els habitants de Mur podrien abastir-se d'aquesta font, especialment per al consum de boca. De fet l'aigua de pluja és destil·lada i no resulta gaire recomanable per beure per la manca de sals minerals, tot i que durant el seu emmagatzematge podria absorbir sals de la mateixa cisterna, però sempre amb un alt contingut de calç. Tradicionalment, la calç viva, en forma de terrossos, s'ha utilitzat per millorar la conservació de l'aigua en dipòsits i cisternes, per les seves propietats desinfectants i pel seu efecte de contrarestar l'acidesa natural de l'aigua de pluja. Aquesta aportació de calç no seria, però, el més recomanable per al consum humà, tant per l'excés de calç com per la manca d'altres sals com ara el magnesi, el sodi o el potassi. Malgrat tot, un cos acostumat a beure aigua de pluja no té per què ressentir-se'n ni veure's afectat pel seu consum.

Deduïm, doncs, que la capacitat de captació i emmagatzematge d'aigua del Castell de Mur seria suficient per cobrir un consum humà restringit a uns mínims de subsistència, tot i que no podem oblidar l'existència d'una font propera des de la qual es podria transportar aigua al castell, especialment per al consum de boca. Hem de tenir present, però, que en el castell hi hauria un determinat nombre de bestiar, especialment cavalls que també consumeixen aigua.

De fet, una atenta observació del sistema hidràulic del castell ens fa adonar que de les vuit sortides d'aigua a l'exterior, set ho fan pel costat sud-occidental. Cinc responen a l'evacuació d'aigua ja utilitzada des de la sala del castell i les altres dues són aigua directament procedent de la pluja. En una prospecció realitzada durant la primera campanya de l'any 1997, a l'exterior del castell, just sota els desguassos de la sala, vam poder observar com aquests desguassos anaven a parar directament sobre una plataforma de roca molt compacta, al mig de la qual es troba una esquerda que recorre també part de l'interior del castell. En aquesta zona exterior, l'esquerda és poc profunda i en netejar-la vam trobar ceràmica del segle xv barrejada amb l'estrat de reblliment de l'esquerda.<sup>8</sup> Resulta significatiu el fet que el material de reompliment de l'esquerda només hagi aportat ceràmica del segle xv i no anterior, ja que ens podria indicar el manteniment del sistema d'aprofitament fins al moment d'abandonament definitiu del castell.

Aquesta observació ens va fer pensar en un sistema de reaprofitament i conducció de l'aigua usada cap a algun dipòsit situat a l'exterior del castell. En les terrasses situades per sota d'aquesta plataforma de roca podria trobar-se aquesta cisterna exterior. Tot i que no s'ha intervingut mai en aquesta zona, el creixement de la vegetació sembla indicar l'existència d'algun forat que actuaria de test i permetria un creixement més ufanós de la vegetació arbustiva que s'observa. De la mateixa manera cal pensar en la possibilitat de recollir l'aigua sobrerera que

8. Actualment aquesta esquerda ja no és visible, atès que es va veure afectada per les obres d'enllumenat realitzades l'estiu del 2006

s'escolaria pels dos desguassos d'aigua de pluja situats en aquest mateix pany de paret, el que sortiria per la porta d'accés i el situat en el fons del sector 100. Aquesta aigua, usada però no contaminada i en tot cas només una mica bruta, podria ser un bon recurs per abeurar el bestiar i per a altres usos no relacionats amb el consum de boca. Resulta significatiu que les dues latrines es trobin situades just a l'altre costat del castell, de manera que les aigües fecals no afectarien per a res aquest sistema d'aprofitament que hem proposat.

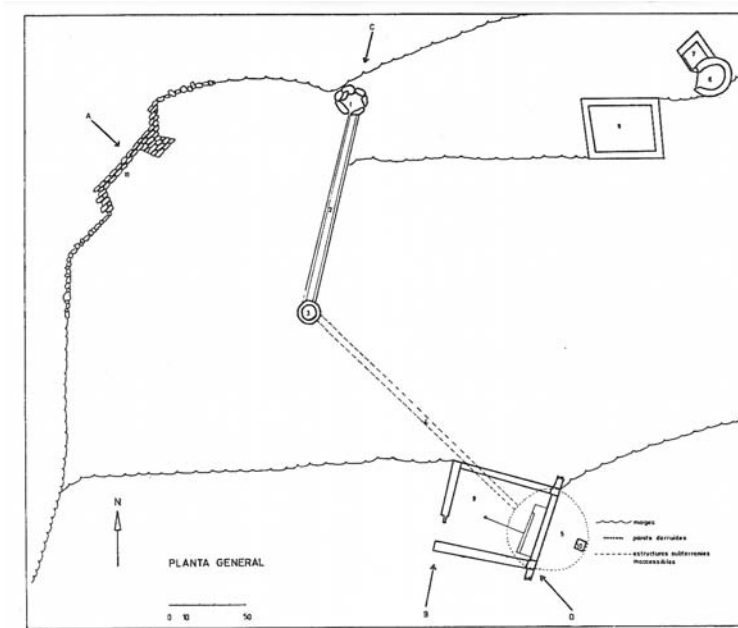
### **El *qānat* de la Sínia (Olesa de Bonesvalls): un sistema de captació d'aigües subterrànies**

La localització d'un sistema de captació d'aigües subterrànies del tipus *qānat* va suposar, en el seu moment, una novetat, ja que no se n'havia localitzat cap a Catalunya (Llopart, Marugan *et al.* 1988). Aquest sistema consisteix en la derivació d'un corrent subterrani que és pinçat a través d'un pou en el qual l'aigua aflora com una petita surgència natural. A partir d'aquest aflorament, es construeixen galeries que permeten el pas d'una persona i que disposen d'un petit canalet en la seva part central. A través d'aquestes galeries, l'aigua és transportada fins a un dipòsit d'emmagatzematge que pot ser subterrani o no, des del qual s'estructura una xarxa de distribució de l'aigua. La galeria subterrània disposa de pous de ventilació per facilitar l'evacuació de la terra en el moment d'excavar el túnel i per accedir a l'interior i poder realitzar les tasques de manteniment. Cal dir que en aquests pous no hi ha gaire aigua, ja que aquesta circula cap al dipòsit d'emmagatzematge i al fons d'aquests pous tan sols hi ha un petit cuberò per sedimentar les impureses.

El sistema de *qānat* ha estat molt emprat al Pròxim Orient. A l'Iran se'n troben de més de 30 km de galeries subterrànies i la ciutat de Constantinoble encara disposa de les cisternes que eren alimentades mitjançant *qānat*, avui convertides en atractiu turístic. L'enginyer francès H. Goblot va estudiar aquest sistema de captació d'aigües subterrànies i el va definir com l'exploració d'una capa subterrània mitjançant galeries de drenatge (Goblot 1979). Aquesta tècnica permet disposar d'un moderat però constant curs d'aigua en aquelles zones on l'aigua en superfície és precària, insuficient, irregular o mal repartida durant l'any. A Mallorca se n'han trobat i han estat estudiats amb profunditat per M. Barceló (Barceló 1983; Barceló, Carbonero, Martí *et al.* 1986), el qual opina encertadament que la seva construcció, relativament modesta en el cas dels *qānats* de petites dimensions, podria ser empresa per comunitats pageses.

Certament, al costat dels *qānats* de llarg recorregut subterrani que trobem a Orient, disposem d'un altre tipus de *qānat* més modest en el qual les galeries subterrànies tenen una longitud màxima al voltant dels 100 m, fins a arribar al dipòsit d'emmagatzematge del qual surt una xarxa de distribució que generalment és molt més llarga que la part subterrània. Normalment no tenen més que un pou de ventilació i de vegades cap i el pendent de la galeria és superior als més llargs i situats en zones menys muntanyoses. Aquesta tipologia respon al *qānat* anomenat de muntanya, entre els quals podem citar els de Mastaguera a Pollença i el d'Alfàbia a Bunyola (Barceló, Carbonero *et al.* 1986).

**Figura 5**  
**La Sínia: planta general del *qānat***



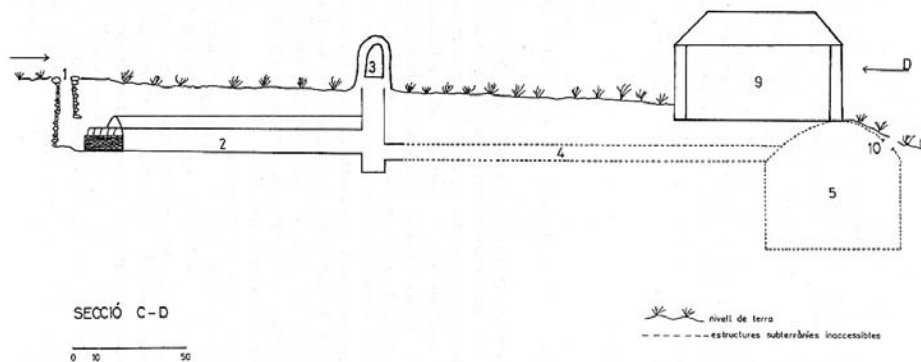
El *qānat* de la Sínia respon a aquesta tipologia, disposa de dues galeries excavades en un nivell d'argiles, de 12,40 i 13,90 m respectivament, dos pous, un pròpiament de ventilació i l'altre on es produeix el pinçament del corrent subterrani i aflora com una petita surgència.

Finalment, completa la part subterrània del sistema un gran dipòsit subterrani sobre el qual s'hi va construir una caseta per acollir el mecanisme d'elevació de l'aigua que anomenem sínia. Aquest dipòsit disposa d'una obertura en la seva cúpula que devia funcionar com a sobreeixidor.

En les proximitats trobem un gran pou del qual s'extreu l'aigua mitjançant un sistema de corriola, que podria tractar-se del pou realitzat prèviament per tal de localitzar la profunditat de la capa d'aigua. Aquest pou no està connectat al sistema subterrani del *qānat* per cap galeria. El sistema es completa amb una canalització que surt del dipòsit i porta l'aigua fins a una gran masia situada a poc més de 500 m. Així mateix, la sínia permetia extreure aigua per regar unes parcel·les d'horta situades al seu entorn.

És evident que la tecnologia emprada en aquest sistema de captació d'aigües subterrànies procedeix d'Orient i que van ser els andalusins els que la van introduir a la Península. Per altra banda, resulta difícil adjudicar una datació específica al *qānat* de La Sínia, ja que no disposem d'elements que ens facilitin una cronologia segura. De totes maneres, en les prospeccions

**Figura 6**  
**La Sínia: secció del *qānat***



realitzades l'any 1986, es va localitzar un forn de rajoles a tocar del *qānat*, en el qual es conservava part de la darrera cuita. Es tractava de rajoles de terra, de  $16 \times 16$  cm, amb ditades marcades com a decoració i que, per les seves mesures, podrien correspondre al segle *xvi*. Personalment, creiem que aquest forn només hauria funcionat amb l'argila d'excel·lent qualitat que va ser extreta en fer la part subterrània del *qānat*. Així, doncs, proposem aquesta cronologia per al *qānat* de la Sínia.

### A tall de conclusions

Hem revisat quatre casos diferents d'ús i aprofitament de l'aigua a l'edat mitjana basats en dades arqueològiques. Dos d'aquests casos, Els Altimiris (segles *v-viii*) i el Castell de Mur (segles *xi-xv*), destinats a l'abastiment domèstic a partir de l'aigua de pluja, amb canalitzacions i cisternes picades a la roca, com en el primer cas, i aèries, com en el cas de Mur. Els dos casos disposen de sistemes de captació, emmagatzematge i sobreexidors i presenten una capacitat de recollida i emmagatzematge suficient per cobrir les necessitats del lloc on es troben. Cal recordar, però, que en ambdós casos hi ha la possibilitat d'abastir-se a partir d'altres recursos hídrics com ara les fonts que es troben en les seves proximitats.

En el cas de Fabregada (segles *xi-xiv*), el sistema respon a usos industrials en els quals l'aigua es devia emprar com a força motriu, tot i que el fet de disposar d'una acumulació d'aigua en superfície podria facilitar el seu ús per a altres afers, com ara l'abeuratge de bestiar o usos domèstics. El sistema de Fabregada consisteix en el control i la domesticació d'un curs d'aigua de règim torrencial i irregular mitjançant una presa de fusta situada al llit d'un torrent. Tot i no haver pogut documentar cap sistema d'evacuació d'aigua sobrerera, cal pensar que la mateixa presa devia disposar d'un sobreexidor que devia permetre la circulació de l'aigua torrent avall en cas d'excés d'aigua.



Finalment, a la Sínia, ens trobem amb un sistema de captació d'aigües subterrànies i distribució en superfície, a partir de la tècnica de *qānat* (segle XVI). Les galeries, el pou de captació i de ventilació i el dipòsit subterrani amb mecanismes d'elevació de l'aigua i el sobreeixidor, configuren aquest sistema. En aquest cas, tot i la major dificultat tècnica, la seva construcció sembla respondre a un determinat model d'explotació agrícola pagesa.

La conclusió que proposem després de l'anàlisi d'aquests quatre casos és que a l'edat mitjana es disposava de prou capacitat tècnica per planificar, dissenyar i construir sistemes d'aprofitament de l'aigua, adaptats a les característiques ecològiques del lloc i amb capacitat per cobrir les necessitats diverses de la comunitat que les realitzava, ja fossin de tipus domèstic, industrial o agropecuari. En el cas de Fabregada i la Sínia, l'aplicació de mecanismes com el motor d'aigua (roda motriu, arbre de lleves i mall) per transformar la força de l'aigua en força motriu i la utilització de màquines elevadores de tracció animal, completen el sistema i ens mostren, una vegada més, la capacitat tècnica de les petites comunitats rurals.

Finalment, considerem que cal valorar aquests modestos sistemes hidràulics que, si bé no suposen la construcció de grans infraestructures ni de grans inversions, resultaven del tot eficients i permetien el desenvolupament de la vida, tant pel que fa a qüestions domèstiques com per a aquelles relacionades amb la producció agropecuària o industrial.

## Bibliografia

- ABADAL, R. d. (1955). *Catalunya Carolíngia III. Els comtats de Pallars i Ribagorça*. Barcelona: Institut d'estudis Catalans.
- ALEGRIA, W., i M. Sancho (2010). «Els Altimiris, enllaços i confluències entre la tardoantiguitat i l'alta edat mitjana», *Tribuna d'Arqueologia*, núm. 2008-2009, p. 221-236.
- BARCELÓ, M. (1983). «Qānat (s) a Al-Andalus», *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, núm. 2, p. 3-22.
- (1987). «Aigua i assentaments andalusins entre Xerta i Amposta (s. VI-XII)». Dins A.A.D.D. *II Congreso de Arqueología Medieval Española*, vol. II, p. 411-420. Madrid: Comunidad de Madrid.
- BARCELÓ, M.; M. A. CARBONERO, et al. (1986). *Les aigües cercades (els qānats de l'illa de Mallorca)*. Palma de Mallorca: Institut d'Estudis Baleàrics.
- BURILLO, F. (1997). «Prospección arqueológica y geoarqueología». Dins A.A.D.D. *La prospección arqueológica*. Salobreña: Ayuntamiento de Salobreña, p. 117-132.
- BURILLO, F., i G. RUIZ (1988). «Metodología para la investigación en arqueología territorial». *Munibe*, núm. 6, p. 45-64.
- BUSQUETA, J.; E. HUNTINGFORD, et al. (1989). «A l'entorn del rec comtal», *Finestrelles*, núm. 1, p. 23-66.
- CRESSIER, P. E. (2006). *La maîtrise de l'eau en Al-Andalus: Paysages, pratiques et techniques*. Madrid: Casa de Velázquez.
- ERITJA, X. (2002). «Assentaments i sistemes hidràulics a la vall del Sió». Dins J. BOLÓS. *Paisatge i història en època medieval a la Catalunya Nova*. Lleida: Universitat de Lleida, p. 181-188.

- FERNÁNDEZ-JAUREGUI, C. (2001). «El agua como fuente de conflictos: repaso de los focos de conflictos en el mundo». Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO, (visitat 21/10/2010), <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd08/conflictos.pdf>
- FONT, G.; J. MATEU *et al.* (1998). «Els sistemes d'aprofitament dels recursos hidràulics al Castell de Montsoriu», *Monografies del Montseny*, núm. 13, p. 177-192.
- FONT, G., i S. PUJADAS (1997). «El Castell de Montsoriu: Un exemple d'aprofitament dels recursos hidràulics en l'època medieval», *Annals de l'Institut d'Estudis Gironins*, núm. 38, p. 1491-1499.
- GOBLOT, H. (1979). *Les qānats: une technique d'aquisition de l'eau*. París: Ed. Mouton.
- KIRCHNER, H. (1994). «Espais irrigats i assentaments andalusins a la vall de Bunyola (Mallorca)». Dins DIVERSOS AUTORS *IV Congreso de Arqueología Medieval Española*. Alacant: AEAM - Diputación Provincial de Alicante, vol. II, p. 517-524.
- LLOPART, J.; C. M. MARUGAN *et al.* (1988). «El qanat de la Sínia a Olesa de Bonesvalls. Un sistema de captació d'aigües», *Acta Historica et Archaeologica Medievalia*, núm. 9, p. 443-456.
- PUIG, I. (1992). *El monestir de Santa Maria de Gerri*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- RIUS, J. (1945-1947). *Cartulari de St. Cugat del Vallès*. Barcelona: CSIC.
- ROMO, A. (1989). *Flora i vegetació del Montsec (Pre-Pirineus Catalans)*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- SÁNCHEZ, V. (2008). «Hacia un derecho humano fundamental al agua en el derecho Internacional», *Revista Electrónica de Estudios Internacionales*, núm. 16, p. 1-23, (visitat 21/10/2010), [http://www.reei.org/reei%2016/doc/SANCHEZ\\_Victora.pdf](http://www.reei.org/reei%2016/doc/SANCHEZ_Victora.pdf)
- SANCHO, M. (1995). «Intervenció arqueològica al jaciment de Fabregada (Sant Esteve de la Sarga - Pallars Jussà)». Dins DIVERSOS AUTORS *Cultures i medi, de la prehistòria a l'edat mitjana. Xè Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà, 1994*. Puigcerdà: Institut d'Estudis Ceretans, p. 675-680.
- (1997). *Ipsa Fabricata: Estudi arqueològic d'un establiment siderúrgic medieval*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- (1997). «La producción de hierro en el establecimiento siderúrgico de Fabregada (PrePirineo Catalán) en la edad media (siglos XI-XIII)». Dins DIVERSOS AUTORS *Medieval Europe: An International Conference of Medieval and Later Archaeology*. Bruges: Instituut voor Archeologisch Patrimonium.
- (1999). *Homes, fargues, ferro i foc. Arqueologia i documentació per a l'estudi de la producció de ferro en època medieval*. Barcelona: Associació/Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya - Marcombo.
- (2009). «Aguas, rocas y metales: Arqueología y explotación de recursos minerales en la edad media», *Acta Historica et Archaeologica Mediaevalia*, núm. 29, p. 519-546.
- (2009). «Aldeas tardoantiguas y aldeas altomedievales en la sierra del Montsec (Prepirineo leridano): hábitat y territorio». Dins J. A. QUIROS (ed.). *The Archaeology of Early Medieval Villages in Europe*. Bilbao: Universidad del País Vasco, p. 275-287.
- (2010). «Els Altimiris». Dins P. SENAC (ed.). *Histoire et Archéologie des Sociétés de la Vallée de l'Èbre (VII<sup>e</sup> - XI<sup>e</sup> siècles)*. Villa 3. Toulouse: CNRS, p. 67-90.
- SELMA, S. (1994). «Evolució des de l'època andalusí de l'espai irrigat a la Vall de Veo (Serra

- d'Espadà, Castelló)». Dins DIVERSOS AUTORS *IV Congreso de Arqueología Medieval Española*, Alacant: AEAM - Diputación Provincial de Alicante, vol. III, p. 567-574.
- SESMA, J. A. i J. UTRILLA (2001). *Agua y paisaje social en el Aragón Medieval*. Zaragoza: Confederación Hidrográfica del Ebro.
- YOSHINAGA, S. i G. ALBUQUERQUE. (2000). «Recursos hídricos». Dins A.A.D.D. *II Curso Internacional de aspectos geológicos de protección ambiental*, UNESCO, (visitat 21/10/2010), <http://www.unesco.org.uy/geo/campinaspdf/campinasprimeras.pdf>