
FUNCIONAMENT DEL POU CISTERNA DE LA FORTALESA IBERA DELS VILARS (LES GARRIGUES): EVIDÈNCIES DE MESURES EN CAMP DE CONDUCTIVITAT ELÈCTRICA DE L'AIGUA EN PERÍODES DE REG DEL CANAL D'URGELL

Rosa M. Poch,¹ Emili Junyent² i Carles Balasch¹

1. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida
2. Departament d'Història, Universitat de Lleida

REBUT: 17 d'octubre de 2013 - ACCEPTAT: 16 de desembre de 2013

RESUM

La fortalesa dels Vilars es caracteritza per la seva fortificació complexa i defensa activa davant del risc de setge o bloqueig en el segle IV aC. El sistema inundable de fossats assegurava el proveïment i la gestió de l'aigua, reforçava la defensa i magnificava l'arquitectura del poder. El funcionament hidrològic del sistema fossat i pou cisterna de l'interior de la fortalesa no pot derivar-se de les condicions geomorfològiques i hidrològiques actuals, pels canvis en el relleu provocats pels anivellaments causats per la posada en reg fa més de cent anys, i, també, pel mateix regatge que ha modificat la dinàmica de la capa freàtica de la zona. Malgrat això, l'existència d'una capa freàtica artificial provocada pel reg permet estudiar la connexió entre les aigües d'escolament del torrent de l'Aixaragall —que suposadament alimentava el fossat— i les del pou cisterna. Mesures de conductivitat elèctrica de l'aigua en els diversos sistemes en tres moments corresponents a dues campanyes de reg (2012 i 2013) suggereixen una connexió entre la capa superficial de l'aquífer¹ format per les calcilites oligocenes subjacents al fossat, les graves quaternàries que formen el con de dejecció del torrent de l'Aixaragall i el pou. En conseqüència, les mesures preses són compatibles amb l'alimentació del pou a partir del fossat inundat, i amb un origen superficial de l'aigua que devia omplir-lo procedent del torrent de l'Aixaragall.

Correspondència: Rosa M. Poch. A/e: rosa.poch@macs.udl.cat.

1. Estrat semipermeable amb baixa conductivitat hidràulica.

PARAULES CLAU: arqueologia, hidrologia de pous, salinitat, fossat inundat, fortalesa dels Vilars.

FUNCIONAMIENTO DEL POZO CISTERNA DE LA FORTALEZA ÍBERA DE ELS VILARS (LES GARRIGUES): EVIDENCIAS DE MEDIDAS EN CAMPO DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA DURANTE PERIODOS DE RIEGO DEL CANAL DE URGELL

RESUMEN

La fortaleza de Els Vilars se caracteriza por su fortificación compleja y defensa activa frente al riesgo de asedio o bloqueo en el siglo IV aC. El sistema inundable de los fosos aseguraba el abastecimiento y la gestión del agua, reforzaba la defensa y magnificaba la arquitectura del poder. El funcionamiento hidrológico del sistema foso y pozo cisterna del interior de la fortaleza no puede derivarse de las condiciones geomorfológicas e hidrológicas actuales, debido a los cambios en el relieve provocados por nivelaciones causadas por la puesta en riego hace más de cien años, y al propio riego que ha modificado la dinámica de la capa freática de la zona. A pesar de ello, la existencia de una capa freática provocada por riego permite estudiar la conexión entre las aguas de escorrentía del torrente del Aixaragall —que supuestamente alimentaba el foso— y las del pozo cisterna. Medidas de conductividad eléctrica del agua en los diversos sistemas en tres momentos correspondientes a dos campañas de riego (2012 y 2013) sugieren una conexión entre la capa superficial del acuitardo² formado por las calcilitas oligocenas subyacentes en el foso, las gravas cuaternarias que forman el cono de deyección del torrente del Aixaragall y el pozo. En consecuencia, las medidas tomadas son compatibles con la alimentación del pozo a partir del foso inundado, y con un origen superficial del agua que debía llenarlo a partir del torrente del Aixaragall.

PALABRAS CLAVE: arqueología, hidrología de pozos, salinidad, foso inundado, fortaleza de Els Vilars.

2. Estrato semipermeable con baja conductividad hidráulica.

OPERATION OF THE CISTERN WELL OF THE IBERIAN FORTRESS OF ELS VILARS (LES GARRIGUES REGION) ACCORDING TO ELECTRICAL CONDUCTIVITY MEASUREMENTS OF WATER DURING IRRIGATION PERIODS OF THE URGELL CANAL

ABSTRACT

The 4th c. BCE fortress of Els Vilars is marked by its complex fortification and its conception of active defence against the risk of siege or blockade. Its system of floodable moats assured its water supply and management, strengthened its defence and accentuated its architecture of power. The hydrological operation of the exterior moat-interior cistern well system could not be elucidated on the basis of today's geomorphological and hydrological conditions because of the levelling of the surrounding topography since the advent of its irrigation over 100 years ago and because irrigation itself has changed the dynamics of the area's water table. Despite this, the existence of an artificial water table produced by irrigation allows the study of the connection between the water runoff from the Aixaragall torrent, which supposedly fed the moat, and the water in the cistern well. Electrical conductivity measurements of the water in the various systems at three different moments in the course of two irrigation campaigns (2012 and 2013) suggest a connection between the surface layer of the aquitard formed by Oligocene calcilutites underlying the moat, the Quaternary gravels of the Aixaragall torrent's alluvial fan and the cistern well. Consequently, the measurements recorded are consistent with the supply of the well from the flooded moat and with the supply of the moat by surface water from the Aixaragall torrent.

KEYWORDS: archaeology, well hydrology, salinity, flooded moat, fortress of Els Vilars.

1. INTRODUCCIÓ

La fortalesa dels Vilars a Arbeca (les Garrigues) fou construïda en la segona meitat del segle VIII aC i abandonada a final del segle IV aC, d'acord amb la datació arqueològica i radiocarbònica. Es considera que és un recinte excepcional en el context de l'edat de ferro primerenca de la península Ibèrica i Europa, a causa de les extraordinàries característiques i la mida del fossat i les defenses (muralla torrejada, *chevaux de frise*,³ accés fortificat, pou central) que ocupen més del 80 % de la superfície construïda (Alonso *et al.*, 2010). L'estructura del fossat i la seva relació amb el pou cisterna han

3. Pedres clavades verticalment davant de la muralla per dificultar l'accés de la cavalleria.

estat estudiades des dels punts de vista sedimentològic, hidrològic i micro-morfològic (Junyent *et al.*, 2012). Segons aquests autors, la conca del torrent de l'Aixaragall, el con de dejecció del qual té el seu vèrtex aigües amunt de la fortalesa, podia alimentar-ne el fossat, abastir el pou i fins i tot assegurar la disponibilitat d'aigua potable dins la fortalesa durant un setge de quatre mesos com a mínim. Aquestes hipòtesis no poden ser verificades amb les condicions actuals, perquè es desconeix com funcionaven aleshores de manera precisa aquestes estructures. En primer lloc, el relleu no només ha estat modificat per anivellaments deguts a la posada en reg pel canal d'Urgell fa més de cent anys, sinó també per sediments aportats per avingudes del torrent de l'Aixaragall (Barriendos *et al.*, 2013). A causa d'això, el curs actual del torrent de l'Aixaragall ha esdevingut un drenatge que discorre adjacent a la fortalesa, quan se suposa que el seu curs estava localitzat a un centenar de metres al nord en el moment de funcionament (figura 1), tal com mostren les restes de paleocanals apareguts en algunes rases d'exploració. En segon lloc, l'existència actual d'un nivell freàtic, depenent de les campanyes de reg del canal d'Urgell (Costa i Cots, 1992), contrasta amb la pràctica ine-

FIGURA 1. Localització de la fortalesa ibera dels Vilars (estrella), amb el recorregut actual del drenatge del torrent de l'Aixaragall, en part canalitzat (línia negra contínua), i del suposat recorregut durant l'època de funcionament de la fortalesa (línia negra discontinua). La fletxa indica la direcció del corrent



Nota: La línia blanca és el recorregut del canal d'Urgell.

FONT: Elaboració pròpia a partir d'ortofotos de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Funcionament del pou cisterna de la fortalesa ibera dels Vilars

xistència d'una capa freàtica a la zona adjacent no regada, que se suposa que era la situació en el període de funcionament de la fortalesa, per la presència de margues (calclutites) oligocenes impermeables subjacents (amb una conductivitat hidràulica de l'ordre de 4-10 mm/dia, *i. e.* 1,5-3,6 m/any) que actuen com un aqüítard. La capa freàtica artificial deguda al reg, probablement, circula per una porositat secundària resultat de la fracturació de la capa superior de les margues.

En qualsevol cas, la capa freàtica actual, pel seu caràcter superficial i per la seva probable connexió amb les aigües superficials del torrent de l'Aixaragall i amb la capa freàtica actual del fossat i del pou cisterna, pot servir d'instrument per avaluar la relació entre aquests diferents sistemes i el seu temps de resposta a qualsevol variació de qualitat i quantitat d'aigua.

L'objectiu d'aquest estudi és plantejar una hipòtesi de grau de connexió entre els sistemes següents en el moment actual: torrent, aigües del canal de reg, aigua freàtica del fossat i aigua del pou, a partir de mesures de conductivitat elèctrica de l'aigua en diferents punts dins i fora de la fortalesa. Aquest model permetrà, eventualment, corroborar o rebutjar l'origen de l'aigua del pou a partir del fossat inundat en el període que era funcional, així com obtenir arguments que donin suport o no a l'origen superficial de l'aigua que alimentava el fossat.

2. MATERIALS I MÈTODES

2.1. Geologia i geomorfologia

Els Vilars d'Arbeca (304 m s. n. m.) es troba a uns quatre quilòmetres al nord-est de la localitat d'Arbeca, a la riba sud de la plana d'Urgell. Aquesta plana és una gran unitat de paisatge d'origen al·luvial, amb un substrat oligocènic (lutites i gresos), majoritàriament coberta per diversos ventalls al·luvials coalescents del riu Corb que flueixen des de l'est (Ramírez, 1998). La part sud-occidental d'aquest ventall es fon amb un de petit alimentat pel torrent de l'Aixaragall. La fortalesa dels Vilars es troba en aquesta zona de coalescència al marge dret del petit con de l'Aixaragall.

El relleu de la plana al voltant dels Vilars durant la seva ocupació era molt similar, si no idèntic, al que podem veure avui. Els vessants i fons de les valls dels rius i rierols de la zona no han canviat substancialment, a causa de la baixa intensitat de l'erosió durant un període geològicament curt (uns 2.500 anys). No obstant això, el ventall al·luvial on es troba la fortalesa no té la mateixa estabilitat: en aquesta zona s'ha produït un augment en relleu positiu a causa de l'acumulació de sediments associats a inundacions del torrent de l'Aixaragall durant forts aiguats. Aquesta acumulació ha conduït a un augment de gruix d'aproximadament un metre dels materials acu-

mulats al·luvials durant aquest període, com evidencien les excavacions arqueològiques (Poch i Balasch, 2003).

El flux de l'Aixaragall és el responsable del subministrament de sediments que formen el ventall al·luvial on es troba els Vilars. El corrent flueix a través de flux subsuperficial i aflora en el con de dejecció. Actualment, aquesta aigua aflorada en el curs fluvial creua el canal d'Urgell (a l'est dels Vilars) a través d'un drenatge artificial sota el canal. Ja en la superfície de regadiu, flueix cap a l'oest al llarg d'un canal de drenatge obert, en part canalitzat, just al nord dels Vilars.

La xarxa hidrogràfica dels canals distributaris sobre el con en el moment de l'abandonament es desconeix, encara que és probable que hagi estat diferent de la d'avui. No obstant això, la posició del vèrtex del con hauria estat molt similar a l'actual. Episodis de paleoavingudes procedents d'aquest punt van ser capaços d'omplir la plana amb aigua i sediments, i van donar lloc a dipòsits amb gruix i granulometria molt variables. En aquest sentit, les irregularitats de la topografia original poden haver tingut cert impacte en els recorreguts dels canals distributaris i en el gruix de la grava de l'aqüífer del con de dejecció (Junyent *et al.*, 2012).

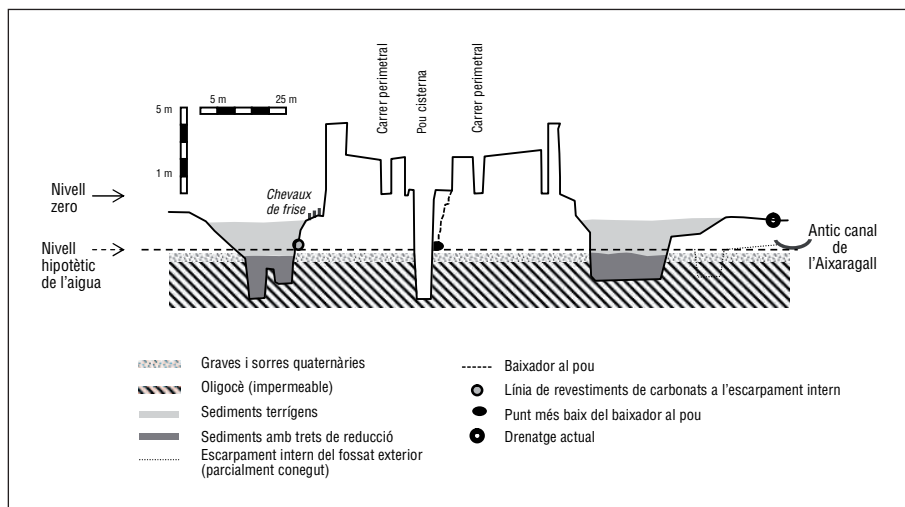
2.2. Estructura del fossat

El fossat està excavat sobre els materials al·luvials quaternaris i sobre el substrat sedimentari oligocènic, de manera que les seves parets travessen les graves i sorres del con de dejecció de l'Aixaragall, amb un gruix de 40 cm a 60 cm, i les lutites i gresos oligocènics situats per sota (figura 2). Es coneix l'existència d'un segon fossat exterior, parcialment excavat i discutit a Junyent i Moya (2011) i a Junyent *et al.* (2011), encara que la seva funció i relació amb el primer fossat i amb el torrent no es coneixen completament. La pràctica coincidència entre el nivell superior dels nivells gris fosc de reblliment del fossat (el mateix que el nivell inferior de les graves), el punt més baix del baixador al pou, l'antic nivell del tàlveg del torrent de l'Aixaragall i la cota de la línia d'acumulació de carbonats sobre els blocs del parament interior del fossat ha estat tractada a Junyent *et al.* (2012) i permet deduir que el nivell estabilitzat hipotètic de l'aigua assolia la cota que es mostra en la figura 2. Segons aquests autors, l'aigua entraria al sistema de fossats per la superfície des del torrent de l'Aixaragall, arribaria al nivell de graves al peu de l'assentament i, des d'allí, circularia radialment cap a l'interior del pou cisterna.

Actualment, a causa del reg, la capa freàtica de la zona es troba per sota del nivell zero del jaciment, però per sobre de la base del fossat. Això va obligar a construir un drenatge perimetral al seu voltant, a 4,5 m per sota del nivell zero, per tal de poder excavar els sediments del fossat. Aquest drenat-

Funcionament del pou cisterna de la fortalesa ibera dels Vilars

FIGURA 2. Secció actual SW-NE de la fortalesa i el fossat



FONT: Junyent *et al.* (2012).

ge és accessible des d'onze registres dins del fossat, que permeten prendre mostres de l'aigua infiltrada procedent del regadiu.

2.3. Determinació de la conductivitat elèctrica

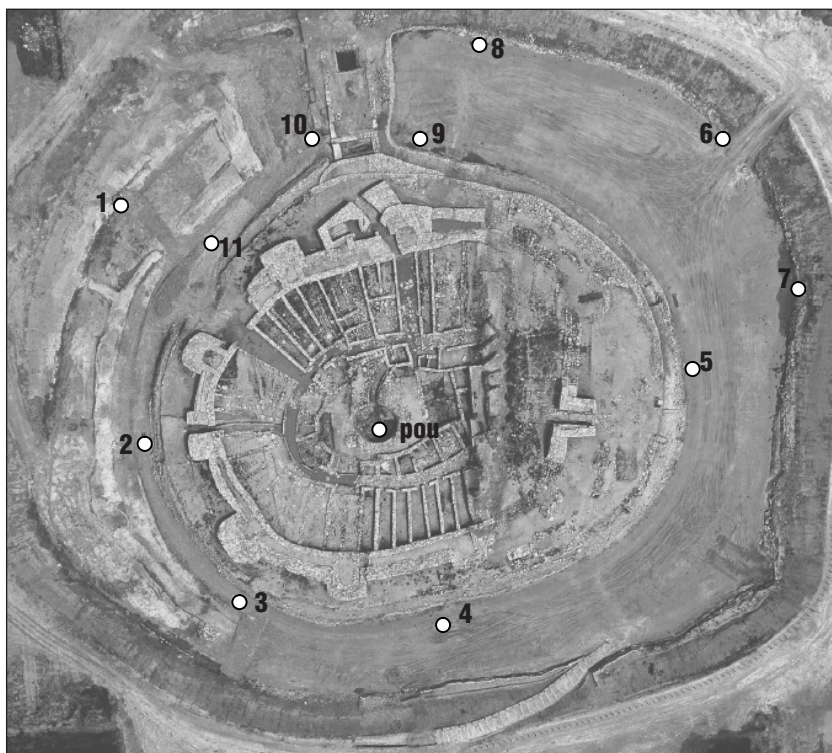
La conductivitat elèctrica (CE) de l'aigua es va prendre amb un conductímetre de camp model Crison CM50, que mesura, a més, la temperatura de l'aigua i que corregeix la CE a una temperatura estàndard de 25 °C. És una mesura indirecta de la salinitat de l'aigua.

Les mostres es van prendre als registres del drenatge de dins del fossat (figura 3), de l'aigua d'una surgència al peu del parament (punt 7 de la figura 3), al registre del torrent de l'Aixaragall dins de l'àrea regada (adjacent al jaciment, punt A), al torrent mateix (punt B), a les aigües del canal d'Urgell (punt D) i a la bassa del Pedruell (punt C), que es troba al punt més baix de la conca de l'Aixaragall i que representaria l'aigua del seu aquífer. A més, en el darrer mostratge es va mesurar, també, l'aigua del pou.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

Es van realitzar tres mostreigs, un el 13 de març de 2012 (vuit dies després de l'inici de la campanya de reg), el 4 de juny de 2012 (a mitja campanya)

FIGURA 3. Situació dels punts de mostreig del drenatge de les aigües del fossat i del pou



Nota: Els números corresponen als que figuren a la taula 1.

FONT: Elaboració pròpia a partir d'imatges pròpies.

nya de reg) i el 8 de juliol de 2013 (en plena campanya de reg). Els resultats de les mesures es troben en la taula 1.

Els valors dels tres mostreigs, tot i correspondre a dos anys diferents, poden considerar-se consecutius respecte a l'inici del reg, que cada any comença al voltant del 19 de març (Sant Josep). Així, corresponen a graus de recàrrega de l'aqüífer superiors en comparació amb una situació inicial sense reg.

Les aigües superficials del torrent (punt A) mostren conductivitats decreixents a mesura que es recarrega l'aqüífer (figura 4). El fet que la bassa del Pedruell (punt C), alimentada pel seu aqüífer, estigués seca a mitja campanya ho corrobora, i mostra, a més, la baixa capacitat d'emmagatzematge de l'aqüítard, sobre les margues oligocenes impermeables, la qual cosa no permet suposar una alimentació del fossat a partir d'aquell. El seu grau de salinitat, també molt elevat, n'exclou, també, la potabilitat.

Funcionament del pou cisterna de la fortalesa ibera dels Vilars

TAULA I. *Valors de conductivitat elèctrica (CE) i de temperatura dels tres mostreigs*

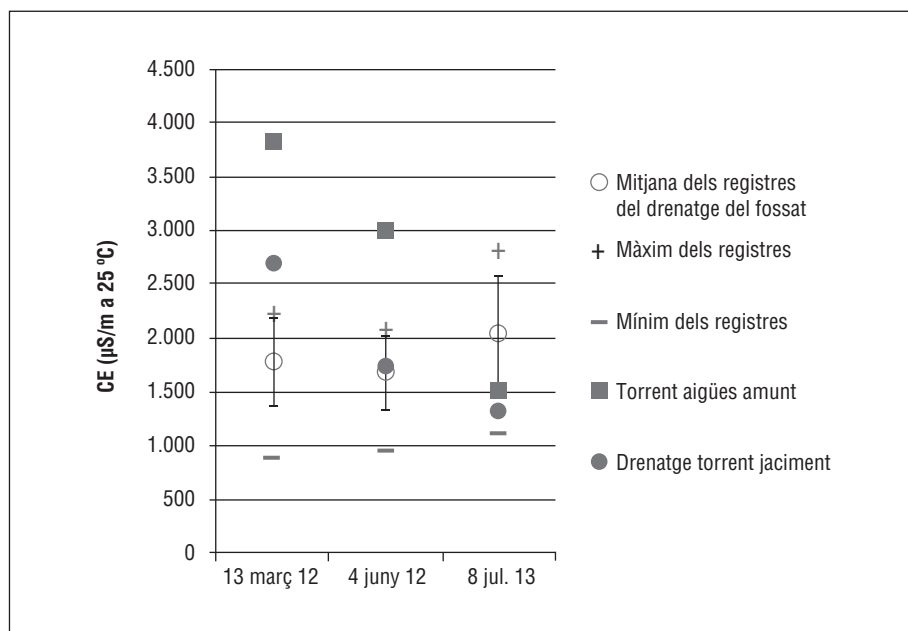
Data de mostreig		13 març 2012		4 juny 2012		8 juliol 2013	
Ubicació	Mesures ¹	CE ($\mu\text{S}/\text{m}$ a 25 °C)	Tempe- ratura	CE ($\mu\text{S}/\text{m}$ a 25 °C)	Tempe- ratura	CE ($\mu\text{S}/\text{m}$ a 25 °C)	Tempe- ratura
Registres del desguàs dins del fossat	1	1.530	12 °C	1.850	18,1 °C	2.000	17,5 °C
	2	1.870	12,4 °C	2.070	18,4 °C	2.700	18,9 °C
	3	1.800	13,3 °C	1.990	17,8 °C	2.800	18,5 °C
	4	2.200	13,5 °C	1.700	17,7 °C	2.400	16,9 °C
	5	1.570	12 °C	1.320	18,9 °C	1.100	18,5 °C
	6	1.592	12,3 °C	1.410	18,2 °C	1.560	18,6 °C
	8	889	11,1 °C	950	20,0 °C		
	9	2.210	12,0 °C	1.800	17,8 °C	1.800	18,6 °C
	10	2.210	12,0 °C	1.830	18,3 °C	1.820	18,0 °C
	11	1.910	12,2 °C	1.850	18,0 °C	2.100	18,0 °C
	Pou						2.250
Surgència peu del parament	7	1.570	11,6 °C	1.600	19,7 °C		
Registre torrent de l'Aixaragall dins l'àrea regada (A)	Mesura 1	2.700	14 °C	1.740	15,7 °C	1.323	17,2 °C
	Mesura 2	2.850	12,5 °C	1.770	15,5 °C		
Torrent de l'Aixaragall (punt aforament) (B)	Abans túnel	3.830	13,4 °C	3.000	16,0 °C	1.500	18,3 °C
	Després túnel	3.400	13,7 °C	2.870	18,4 °C		
Bassa del Pedruell (aquífer de l'Aixaragall) (C)	Mesura 1	10.600	14,9 °C	9.600	22,3 °C	Bassa seca	
	Mesura 2	10.700	14,7 °C	10.400	22,3 °C		
Canal d'Urgell (D)		330	9 °C	330	14,0 °C	260	15,7 °C

$\mu\text{S}/\text{m}$: microsiemens per metre.

1. Els números dels registres del desguàs i la surgència corresponen als punts de la figura 3.

FONT: Elaboració pròpia.

FIGURA 4. Comparació dels valors de conductivitat elèctrica (CE) dels diferents punts del mostreig



NOTA: El valor de la mitjana i les barres de desviació típica corresponen a onze mostres per a les dues primeres dates, i a deu mostres per a la darrera.

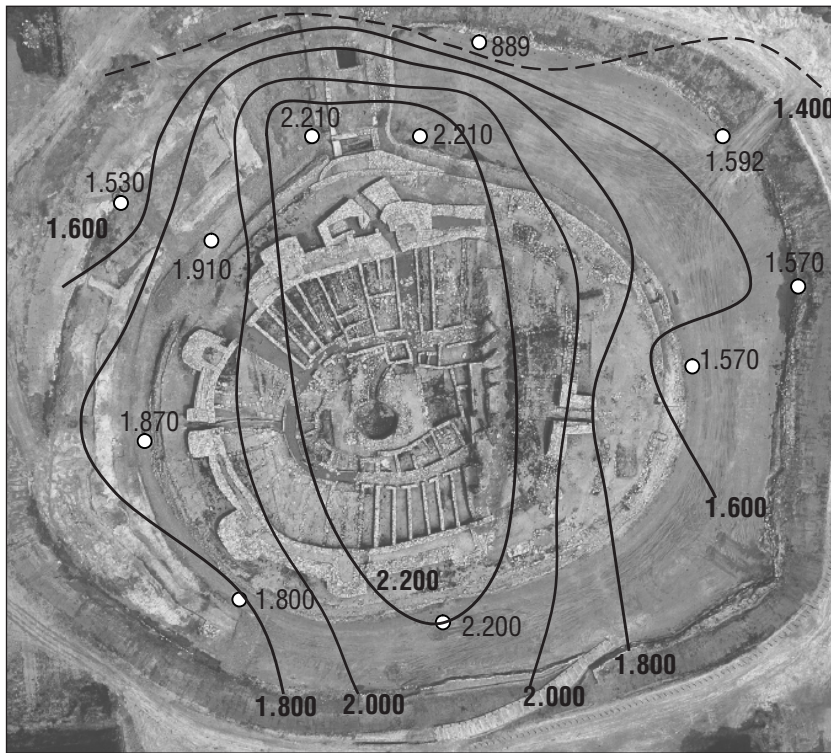
FONT: Elaboració pròpia.

S'observa l'efecte de dilució de les aigües del torrent quan entren a la zona regada pel canal d'Urgell, per la menor CE del drenatge del torrent respecte als valors aigües amunt. La diferència entre els valors de conductivitat dels diferents punts és mínima en el darrer mostreig, que correspon a la plena campanya de reg, en què la dilució provocada pel reg (CE entre 260 i 330 µS/m a 25 °C) és màxima. D'altra banda, no s'observen diferències significatives entre les mitjanes de CE del drenatge del fossat de les tres dates ($p < 0,1$).

En les figures 5-7 es mostra la representació espacial de les CE en les tres dates de les aigües de drenatge. S'hi pot observar una situació, al principi del reg, amb un gradient de 1.400 a 2.200 µS/m a 25 °C, i amb una distribució que passa de radial a incrementar-se d'est a oest (direcció del flux de l'aigua des del canal situat a l'est). Probablement, la situació del fossat a un nivell inferior de la superfície dels terrenys que l'envolten i, sobretot, el drenatge perimetral que aïlla l'aigua de dins del jaciment fan que la concentració de sals sigui més gran a dins a l'inici de la campanya de reg. La situació del punt 8, molt proper al drenatge del torrent, fa que la seva conductivitat

Funcionament del pou cisterna de la fortalesa ibera dels Vilars

FIGURA 5. *Valors de conductivitat elèctrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{m}$ a 25 °C) del mostreig del 13 de març de 2012*



NOTA: En negreta, els valors corresponents a les isolínies aproximades.

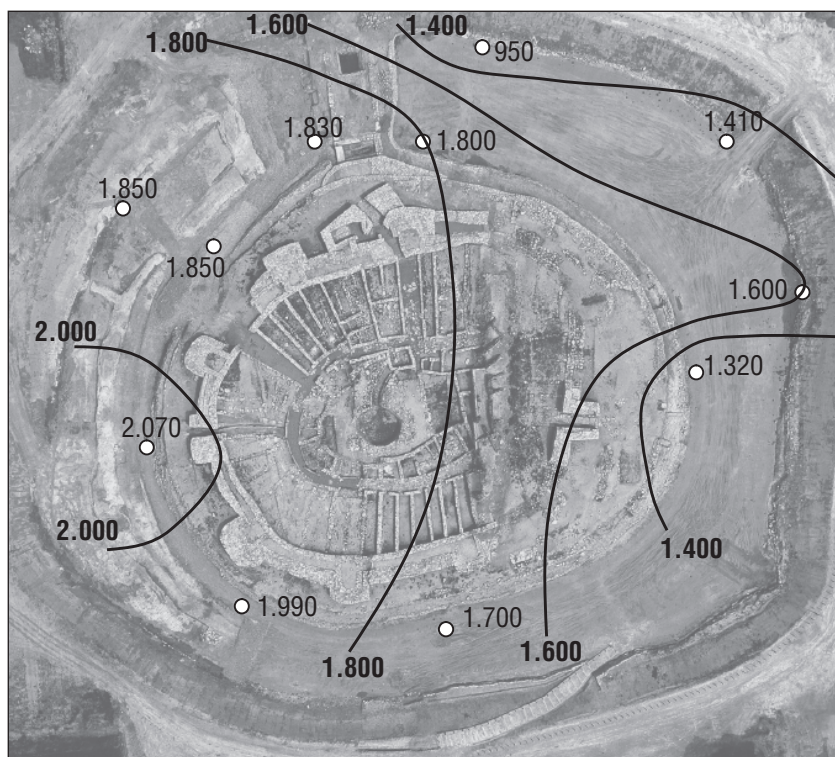
FONT: Elaboració pròpia a partir d'imatges pròpies.

tingui valors anormalment baixos. El gradient d'est a oest s'accentua en la darrera data de mostreig, en la qual les mostres més a l'est són menys salines. La conductivitat de l'aigua del pou, disponible només en aquesta data, és concordant amb la distribució de la resta d'aigües de drenatge del fossat.

4. CONCLUSIONS

L'aquífer actual d'on s'han pres les mesures de conductivitat, per la profunditat a la qual circula l'aigua de drenatge del fossat, excavat en les lutites oligocenes, està format per la seva superfície fracturada, sobre la qual reposa la capa de graves quaternàries del torrent de l'Aixaragall, més permeables. En conseqüència, en condicions d'inundació del fossat quan el nivell

FIGURA 6. *Valors de conductivitat elèctrica (CE) ($\mu\text{S/m}$ a 25 °C) del mostreig del 7 de juny de 2012*



NOTA: En negreta, els valors corresponents a les isolínies aproximades.

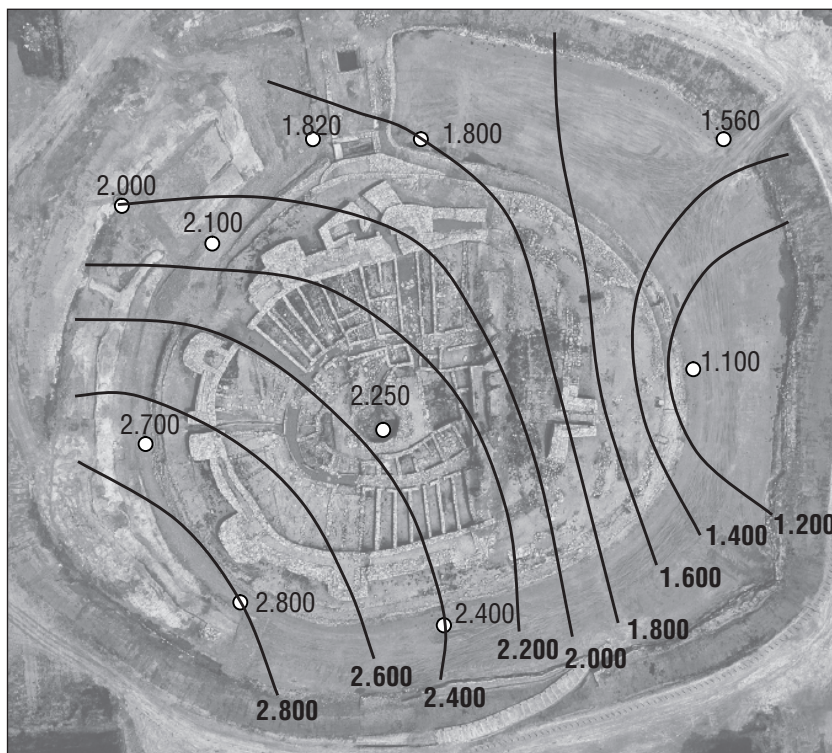
FONT: Elaboració pròpia a partir d'imatges pròpies.

de l'aigua arribava a la capa de graves, la connexió entre el fossat i el pou seria més ràpida que l'actual, per la conductivitat hidràulica superior de les graves comparada amb la del nivell infrajacent de lutites amb porositat secundària per microfissuració. L'única mesura de conductivitat de l'aigua del pou confirma aquesta hipòtesi, perquè mostra que existeix una connexió entre l'aigua del pou i la capa freàtica artificial deguda al reg, com cal esperar perquè es troba deprimint enmig d'una zona envoltada de camps de regadiu.

D'altra banda, l'aigua de la capa freàtica a la zona no regada (bassa del Pedruell) és excessivament salina per ser potable. Aquesta bassa, que es troba a la part baixa de la conca del torrent de l'Aixaragall, recull aigües que travessen l'aqüítard i, per la seva naturalesa endorreica, s'enriqueix de sals. Una suposada alimentació del fossat a partir de l'aqüítard el faria funcionar

Funcionament del pou cisterna de la fortalesa ibera dels Vilars

FIGURA 7. *Valors de conductivitat elèctrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{m}$ a $25\text{ }^\circ\text{C}$) del mostreig del 8 de juliol de 2013*



NOTA: En negreta, els valors corresponents a les isolínies aproximades.

FONT: Elaboració pròpia a partir d'imatges pròpies.

de manera similar a la bassa i, per tant, suposaria la seva salinització i també la del pou —amb el qual està connectat— i, en conseqüència, la manca de potabilitat per a persones i bestiar. A més, la bassa s'asseca durant alguns estius (taula 1), fet que qüestionaria la disponibilitat d'aigua al fossat. Un origen superficial de l'aigua a partir de l'escolament del torrent de l'Aixaragall sembla, per tant, més probable, per la millor qualitat de l'aigua que hi discorre. A més, malgrat que el cabal actual del torrent de l'Aixaragall és baix, es manté constant al llarg de l'any i aconseguiria omplir dues vegades l'any el fossat en les condicions actuals, en principi més seques que en el període de ple funcionament (Balasch, comunicació personal).

L'anàlisi de les mesures de conductivitat elèctrica de l'aigua confirma, per tant, la connexió entre pou i fossat, i dóna arguments per a un origen superficial de l'aigua del fossat, que provindria del torrent de l'Aixaragall. Si

s'accepten aquestes hipòtesis, caldria resoldre quins eren els mecanismes, tant d'alimentació des del torrent com de drenatge superficial —tornada al torrent—, aquest darrer necessari per evitar l'eutrofització i la salinització de les aigües del fossat i del pou.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, N.; JUNYENT, E.; LÓPEZ, J. B. (2010). *Arbeca: La fortalesa dels Vilars*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. (Guies del Museu d'Arqueologia de Catalunya)
- BARRIENDOS, M.; TUSET, J.; MAZÓN, J.; PINO, D.; RUIZ-BELLET, J. L.; BALASCH, J. C. (2013). «La rubinada de Santa Tecla a Tàrraga (23 de setembre de 1874)». *Urtx*, núm. 27, p. 10-25.
- COSTA, C.; COTS, L. (1992). *Estudio hidrogeoquímico del acuífero aluvial del Urgell*. Treball monogràfic XXVI Curs Internacional de Postgrau en Hidrologia Subterrània. Barcelona. [Inèdit]
- JUNYENT, E.; BALASCH, J. C.; POCH, R. M. (2012). *The Iberian fortress of Els Vilars: Mid-Meeting excursion guide*. XIV International Working Meeting on Soil Micromorphology. Lleida: Edicions de la Universitat de Lleida.
- JUNYENT, E.; MOYA, A. (2011). «Els fossats de la Fortalesa dels Vilars d'Arbeca (Catalunya, Espanya)». *Revista d'Arqueologia de Ponent*, núm. 21, p. 93-120.
- JUNYENT, E.; POCH, R. M.; BALASCH, C.; SALA, R. (2011). «La Fortalesa de l'aigua. Els fossats i el pou dels Vilars d'Arbeca: primeres lectures». *Tribuna d'Arqueologia 2009-2010*, p. 153-184.
- POCH, R. M.; BALASCH, C. (2003). *Reconstrucció paleoambiental de l'assentament iber d'els Vilars (Arbeca, les Garrigues): hidrografia, hidrologia i edafologia*. Lleida: Universitat de Lleida. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. [Inèdit]
- RAMÍREZ, J. I. (1998). «Mapa geomorfológico». A: BARNOLAS, A.; ROBADOR, A. (ed.). *Mapa geológico de España: Escala 1:50.000. Hoja n° 389 Tàrraga*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.