



# Catorzenes Jornades d'Arqueologia de les Comarques de Girona

**Caldes de Malavella**

1 i 2 de juny de 2018



Dipòsit legal: GI 825-2018

ISBN: 978 84 8458 519 0

Portada: Fotografia-IPHES. Disseny-Xavier Amores

Maquetació: Joan Llinàs Pol, Jordi Vila Bohigas

# **CATORZENES JORNADES D'ARQUEOLOGIA DE LES COMARQUES DE GIRONA**

*Caldes de Malavella - Cal Ferrer de la Plaça*

1 i 2 de juny de 2018

## **COMISSIÓ ORGANITZADORA**

**Ramon Buxó**

Director del Museu d'Arqueologia de Catalunya - Girona

**Susana Manzano**

Arqueòloga territorial de Girona

Serveis Territorials de Cultura de Girona

**Montserrat Mataró**

Arqueòloga territorial de Girona

Serveis Territorials de Cultura de Girona

**Josep Maria Nolla**

Catedràtic d'Arqueologia de la UdG

## **RESPONSABLE DE L'EDICIÓ DE LES ACTES**

Joan Llinàs Pol



# PROSPECCIÓ GEOFÍSICA A LA ZONA DE L'ISTME DEL PUIG DE SANT ANDREU (ULLASTRET, BAIX EMPORDÀ)

Roger SALA\*, Helena ORTIZ-QUINTANA\*, Ferran CODINA\*\*, Gabriel de PRADO\*\*, Joan SANMARTÍ\*\*\*, Jaume NOGUERA\*\*\*, Maria Carme BELARTE\*\*\*\*

## OBJECTIUS DE LA INTERVENCIÓ

En el marc del projecte *Caracterización de los asentamientos urbanos en la costa de la Iberia septentrional (siglos VI-III aC) (CAUCIS)*, projecte coordinat entre la UB i l'ICAC<sup>1</sup>, s'han previst un conjunt d'intervencions en jaciments arqueològics d'època ibèrica. El pla de treball d'aquest projecte planteja realitzar una sèrie d'intervencions arqueològiques no destructives (prospeccions, fotografia aèria, teledetecció i estudi de materials i estructures) sobre nuclis urbans ibèrics de primer i segon ordre. L'objectiu és precisar la cronologia i extensió de les ciutats ibèriques, així com definir llurs sistemes defensius i urbanisme (Sanmartí/Belarte/Noguera 2017). En el cas d'Ullastret, es planteja la revisió d'informació arqueològica d'intervencions precedents i la obtenció de noves dades de la zona anomenada "Istme" del Puig de Sant Andreu, a l'extrem septentrional de l'assentament, a partir d'una prospecció geofísica orientada a l'obtenció d'una cartografia del subsòl d'aquesta zona. Els resultats seran contrastats amb l'estudi dels materials mobles i de les estructures exhumades durant les excavacions dels anys seixanta i setanta del segle passat. Els resultats obtinguts podrien eventualment donar peu a una excavació de verificació en aquesta zona.

## ÀREES EXPLORADES

La zona va ser desbrossada amb anterioritat als treballs de prospecció per millorar la qualitat de les dades obtingudes. Les extensions cobertes amb georadar i en la prospecció magnètica varien lleugerament cobrint, respectivament,

1.029 m<sup>2</sup> (gradiòmetre magnètic) i 1.142 m<sup>2</sup> (georadar). A la figura 1 es representa l'àrea prospectada amb cadascun dels mètodes.

## ESTRATÈGIA DE PROSPECCIÓ

La geologia local, dominada per gresos i margues i estratigrafies amb domini de materials argilosos i llims, proporciona un contrast i abast vertical limitats per al georadar, degut a la conductivitat d'aquests materials (Annan 2009). Les propietats magnètiques de les roques locals no ofereixen un contrast accentuat, però diverses experiències d'aplicació de prospeccions magnètiques al jaciment han mostrat que aquest contrast és suficient per definir estructures constructives, especialment si aquestes tenen una mínima entitat. Per altra banda, els sòls antropitzats, interiors d'habitacions o les estructures en negatiu (sitges, rases) o els elements termo-alterats (fogars, forns) s'han documentat també amb èxit en altres parts del jaciment aplicant prospeccions magnètiques (Garcia-Garcia/Prado/Principal 2016).

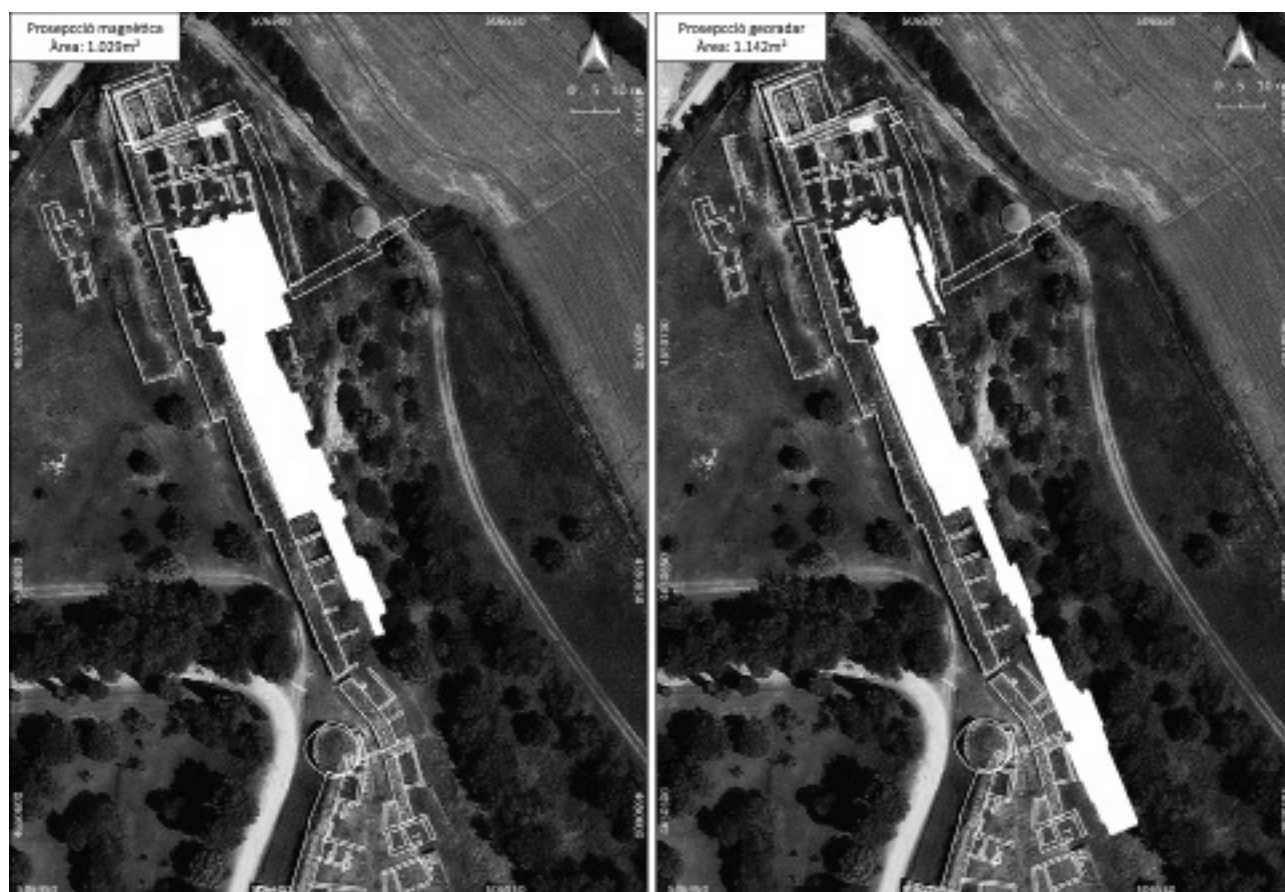
D'acord amb les característiques de les restes a documentar a l'Istme i la geologia local, s'ha implementat una prospecció multi-mètode sobre una mateixa superfície. L'aplicació combinada dels dos mètodes respon a la necessitat d'obtenir tant les dades sobre elements en negatiu (sitges, rases) i zones termo-alterades que proporciona la prospecció magnètica com la informació més centrada en les restes constructives i la seva profunditat que aporta la prospecció amb georadar (Sala/Garcia/Tamba 2012).

\*SOT Prospecció

\*\* Museu d'Arqueologia de Catalunya-Ullastret

\*\*\* Universitat de Barcelona

\*\*\*\* ICREA i ICAC



108

**Figura 1.** Vista aèria de l'àrea explorada, amb representació dels espais cobert amb els dos mètodes de prospecció.

## SISTEMES I PARÀMETRES DEL PROCÉS DE DADES

La prospecció magnètica s'ha realitzat mitjançant el sistema de gradiòmetre tipus *fluxgate* Bartington G-601. S'ha establert una resolució espacial de 0,25 x 0,5 m, és a dir, 8 lectures per metre quadrat.

La prospecció georadar s'ha realitzat amb el sistema de georadar IDS RIS HI-MOD, equipat amb 5 antenes de 600MHz en lectura simultània. Les dades s'han obtingut amb una resolució de 0,02 x 0,10 m, és a dir, obtenint perfils separats 10 cm entre ells, amb una lectura cada 2 cm sobre

tota l'extensió a explorar (500 lectures per metre quadrat).

Els paràmetres de l'adquisició de dades es resumeixen a les figures 2 i 3.

## PROCESSAMENT DE DADES I PROJECTE SIG

Les dades obtingudes en la prospecció magnètica s'han processat mitjançant programari especialitzat, per eliminar errors de posició de les lectures (*de-stagger*) i errors de calibració de l'aparell (*zero-mean line*).

| Mètode                     | Magnètic                                                                          |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema                    | Bartington Grad601                                                                |
| Sensor                     | Grad-01-1000L Fluxgate (separació vertical de 1m)                                 |
| Nº de sensors              | 2                                                                                 |
| Separació entre sensors    | 1m                                                                                |
| Data logger                | DL 601                                                                            |
| Propietat mesurada         | Gradient magnètic                                                                 |
| Resolució                  | 0.50x0.25m                                                                        |
| Posicionament de les dades | Mesures a interval de temps fixe amb una adquisició de dades a velocitat constant |
| Extensió explorada         | 1.029m²                                                                           |

**Figura 2.** Taula amb els paràmetres de l'adquisició de les dades magnètiques.

| Mètode                     | Georadar                              |                |                        |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------|------------------------|
| Sistema                    | RIS HI-MOD (IDS)                      |                |                        |
| Sensor                     | TR600 FW                              |                |                        |
| N de sensors               | 5                                     |                |                        |
| Separació entre sensors    | 0.10m                                 |                |                        |
| Data logger                | Panasonic CF-18                       |                |                        |
| Propietat mesurada         | Amplituds (SI)                        |                |                        |
| Configuració               | Freqüència                            | Finestra temps | N de mostres per traça |
|                            | 600MHz                                | 60 nanosegons  | 512                    |
| Resolució                  | 0.02mx0.20m                           |                |                        |
| Posicionament de les dades | Encoder integrat i coordenades locals |                |                        |
| Extensió explorada         | 1.142m²                               |                |                        |

**Figura 3.** Taula amb els paràmetres de l'adquisició de les dades de georadar.

| Mètode                  | Georadar                         |                      |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------|
| Correcció de la deriva  | 28 mostres                       |                      |
| Guany                   | Manual                           |                      |
| Velocitat de propagació | 0.09m/ns                         |                      |
| Paràmetres talls        | Propietat                        | Amplitud absoluta    |
|                         | Gruix                            | 32 mostres – 0-1.66m |
|                         | Nº de talls                      | 16                   |
|                         | Profunditat min.                 | 0m                   |
|                         | Profunditat max.                 | 1.66m                |
|                         | Posició superfície               | Mostra 30            |
| Filtres addicionals     | Low-pass filter 3X3 (0.30x0.30m) |                      |

**Figura 4.** Taula amb els paràmetres de processament de les dades de georadar.

Després d'aquestes correccions es va realitzar un procés de suavitzat de la imatge final, amb l'aplicació d'uns filtres passa-baixos (*low-pass*) i una interpolació per obtenir una malla o píxel de 0,25 m.

El procés aplicat a les dades de georadar consisteix en dues fases: d'una banda, la correcció d'errors i interferències de les dades; de l'altra, la seva posterior integració en un sol bloc de dades tridimensional. La correcció de les dades s'ha realitzat aplicant un filtre de deriva de fase (*wobble*), un filtre passa bandes (*band-pass*) per eliminar sorolls de freqüència, i finalment un filtre de background, per eliminar sorolls del sistema.

Un cop corregides les dades, s'han integrat en un bloc tridimensional, mitjançant el programa GPR-Slice. A partir d'aquest bloc, s'ha generat una seqüència de 16 talls horitzontals o visualitzacions en planta de 21 cm de gruix, de 0 a 1,66 m de profunditat (Fig. 4).

Les visualitzacions resultants del processament s'han analitzat i interpretat en el context d'un SIG. El SIG de la intervenció s'ha creat utilitzant l'aplicació lliure Quantum Gis 2.8. Totes les dades utilitzades s'han basat en el datum ETRS89 31N (EPSG: 25831). La cartografia de base utilitzada s'ha obtingut de la infraestructura de dades de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Aquesta ha inclòs imatges aèries vigents i històriques i bases topogràfiques d'escala variables. Les dades obtingudes en totes les prospeccions s'han incorporat al sistema SIG per interpretar les dades obtingudes en el seu context topogràfic i generar la cartografia de resultats final (Schmidt/Ermenwein 2011).

Per a les dades magnètiques obtingudes s'ha generat un esquema d'interpretació dividint les anomalies magnètiques en extensives, lineals i

focals. Les extensives i lineals s'han subdividit en anomalies de contrast positiu i negatiu. Les focals s'han subdividit en anomalies de valors positius (usualment interpretades com a sitges, cubetes o forats de pal), anomalies de valors negatius (usualment interpretades com a cúmuls de pedres), dipols (interpretats com a objectes fèrrics), i dipols orientats en direcció Nord (interpretats com a restes de combustió).

Per a la interpretació de les dades de georadar, s'han seleccionat 11 talls horitzontals de la seqüència que es consideren representatius dels elements detectats. A partir d'aquesta selecció, s'ha realitzat una interpretació per profunditats, consistent en la creació d'esquemes de les anomalies més significatives per cada tall horitzontal. Això permet expressar de manera esquemàtica l'evolució dels diferents elements en la profunditat.

## RESULTATS DE LA PROSPECCIÓ MAGNÈTICA

En la prospecció magnètica s'ha cobert un total de 1.029 m<sup>2</sup>. El mapa resultant es mostra a la figura 5. A partir d'aquest mapa magnètic s'ha realitzat el diagrama d'interpretació, inclòs també a la figura 5. Per a la realització d'aquest diagrama s'ha diferenciat entre anomalies focals, positives, negatives, dipolars i/o dipolars orientades al Nord, i anomalies extensives positives i/o negatives.

S'han detectat diverses anomalies focals a tota l'àrea estudiada, en bona part identificades com a producte d'objectes de ferro, possiblement deixalles actuals. S'han descrit també un mínim de 7 dipols orientats cardinalment, que s'han atribuït a zones termo-alterades, tot i que cap d'ells presenta un rang de valors prou alt per identificar-se amb forns ceràmics. Això podria indicar la presència de restes de fogars (Schmidt 2007).

En el mapa magnètic de la zona prospectada s'aprecien un mínim de dos sectors amb resposta diferenciada. Al terç nord de l'àrea explorada es detecten anomalies lineals de valors negatius i anomalies extensives de valors positius (grups de l'1 al 9). D'acord amb els precedents d'altres treballs efectuats al



**Figura 5.** Mapa magnètic expressat en escala de grisos (esquerra). Esquema d'interpretació de les anomalies detectades.

jaciment, es conclou l'existència d'un conjunt de construccions on les anomalies negatives correspondrien a murs i els elements positius a elements interiors i espais de circulació. D'acord amb aquesta interpretació, hi ha entre 8 i 10 espais compartimentats de diferents mides, situats al costat de les estructures constructives excavades immediatament al nord.

Per contra, al terç central la resposta obtinguda és més heterogènia i discontinua, amb predomini d'anomalies focals dipolars o extensives positives. Els grups 10 i 11 s'han interpretat com a possibles restes d'una construcció; el grup 10 correspondria a restes d'un mur i el grup 11

correspondria a un espai interior.

Dins d'aquest àmbit s'ha descrit el grup 12, format per un conjunt d'almenys 10 alteracions focals amb valors positius que s'han interpretat com a possibles sitges. El grup 13, situat més al sud, mostra alteracions d'ambdues polaritats i podria correspondre a restes d'una àrea amb construccions detectada parcialment.

Ja al terç sud, s'ha descrit el grup 14, formant una anomalia extensiva de valors negatius, que s'interpreta com a restes d'un espai de circulació o bé com un dipòsit de sediments amb més càrrega magnètica que el seu entorn. El grup



**Figura 6.** Esquemes d'interpretació de les dades de georadar. A l'esquerra, esquema d'interpretació per profunditats, on es mostren les anomalies més destacades segons la seva profunditat. A la dreta, síntesi d'interpretació, on es recullen les interpretacions expressades al text de manera esquemàtica.

15 presenta valors negatius que aparentment serien coherents amb la projecció d'alguna de les estructures excavades més a l'oest de l'àrea explorada.

## RESULTATS DE LA PROSPECCIÓ AMB GEORADAR

La prospecció amb georadar ha cobert una superfície lleugerament superior a la prospecció magnètica, arribant fins al extrem sud de l'Istme, amb una superfície total de 1.142 m<sup>2</sup>.

A partir del reconeixement de les anomalies destacades de cadascun dels 11 talls horitzontals o vistes en planta s'ha creat un diagrama d'interpretació per profunditats i, posteriorment, un diagrama de síntesi representant les interpretacions de les anomalies detectades (Figs. 6 i 7).

El terç nord de l'àrea explorada mostra una bona coincidència amb les dades obtingudes en la prospecció magnètica, amb una millor definició de les estructures constructives. Les anomalies lineals més ben reflectides s'han



**Figura 7.** Dos talls horitzontals de la seqüència generada, corresponents a profunditats de 0.42-0.63 m (esquerra) i 0.75-0.95 m sota superfície (dreta).

identificat amb murs, configurant un conjunt de nou habitacions de diferents grandàries, encara que no es descarta que alguna contingui subdivisions internes.

Els murs de les estructures 4, 5, 6 i 9 es detecten des de nivells superficials (0,15 m), mentre que els murs de les estances ubicades més al nord apareixen a partir dels 0,4 m de profunditat.

Les dades permeten apreciar possibles enderrocs interiors a l'interior dels grups 4, 5 i 6, que podrien ocultar també altres estructures internes.

El grup 8, definit en la franja paral·lela al grup d'habitacions, correspon a una zona parcialment excavada i identificada com a carrer. Les dades obtingudes en aquest espai no s'han considerat concloents, donat que es detecten anomalies de reflectivitat discontinües que no permeten una interpretació consistent.

El grup 10, ubicat més al sud, correspon a un grup d'anomalies extensives d'alta amplitud que es distribueix en una franja d'orientació SE-NO. Aquest grup apareix a partir dels 0,11 m de profunditat fins a 1,27 m. D'acord amb les característiques de la resposta obtinguda, el grup 10 s'ha interpretat com a un conjunt

d'anomalies produïdes per un aflorament geològic.

Al centre de l'àrea explorada les dades no mostren anomalies ben definides per al grup 12 (definit anteriorment com un conjunt de possibles sitges), tot i que es considera que això no invalida la interpretació d'aquest espai en la prospecció magnètica.

Els grups 13 i 14 s'ubiquen al sud del grup 12. Aquest es defineix per un conjunt d'anomalies lineals d'alta reflectivitat i espais de resposta oposada que s'interpreten com a restes constructives. D'acord amb la seva geometria i la seva ubicació en relació amb les estructures excavades a l'oest, aquest conjunt podria correspondre a un espai de circulació o carrer. D'acord amb aquesta interpretació, aquest espai de circulació es podria projectar cap al sud, incloent els grups d'anomalies 15, 16, 17 i 19.

Al sud de la zona prospectada es configura un segon bloc predominantment constructiu. L'orientació de les estructures en aquest cas és diferent de la del bloc del nord, i s'adapta a la geometria de les construccions properes, aparentment condicionades per la presència d'una torre i el tancament del perímetre defensiu del Puig de Sant Andreu. Aquest bloc engloba els grups del 18 al 27. Tots ells corresponen a anomalies lineals d'alta amplitud amb geometries angulars. Com ja s'ha comentat, s'interpreten com a restes constructives formant un bloc d'un mínim de 6 habitacions o espais independents. La profunditat d'aquestes estructures es manté al llarg de tota la seqüència de talls horitzontals, amb una potència aproximada de 1,10 m. Associades a aquest bloc constructiu s'han descrit anomalies extensives d'alta amplitud (grup 26) que s'interpreten com a nivells d'enderroc, probablement relacionats també amb el grup 27.

## CONCLUSIONS

Les prospeccions amb georadar i gradiòmetre magnètic aplicades a l'àrea d'estudi han permès la identificació d'un conjunt de construccions i altres elements arqueològics corresponents a

l'espai interior de l'Istme, entre els quals el que sembla ser una gran casa a la part septentrional (Sanmartí/Belarte/Noguera 2017).

A partir del diagrama d'interpretació realitzat per a cada mètode de prospecció s'ha realitzat un diagrama de síntesi. Aquest diagrama (Figs. 5 i 6) permet apreciar la consistència d'algunes anomalies detectades tant amb el gradiòmetre magnètic com amb el georadar, alhora que també permet constatar la complementarietat de les dades en altres aspectes. Efectivament, el conjunt de sitges interpretat per al grup 12 es mostra únicament en la prospecció magnètica, mentre que el possible aflorament rocós descrit en la prospecció amb georadar no s'aprecia en les dades de la prospecció magnètica.

Malgrat que les condicions i propietats de la geologia local tendeixen a atenuar la resposta del georadar, reduint-ne l'abast vertical i el contrast, les dades obtingudes en la prospecció de l'istme han estat millors del que calia esperar. Això s'ha concretat en un contrast de propietats entre sediments i estructures constructives que ha contribuït a l'obtenció d'imatges detallades de la geometria de les estructures detectades.

En termes arqueològics, les dades obtingudes han permès interpretar un mínim de dos grups constructius, un ubicat al nord (grups de l'1 al 9) i l'altre al sud (grups del 18 al 27). Entre aquests dos grups s'estén una zona ocupada pel conjunt de sitges (grup 12) i un possible espai de circulació (grups 13-17) o carrer, aparentment flanquejat a l'oest per una bateria d'estances ja excavades que s'adossen a la muralla. Caldrà evidentment una intervenció arqueològica per aclarir l'atribució d'aquest espai central, aparentment no ocupat per construccions, per aclarir-ne l'atribució i relació amb els dos conjunts constructius descrits.

## BIBLIOGRAFIA

**ANNAN, A.P. 2009**, *Electromagnetic Principles of Ground Penetrating Radar, Ground Penetrating Radar Theory and Applications*, Amsterdam, Elsevier, 1-40. Disponible a World Wide Web: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53348-7.00001-6>>.

**CLARK, A. 2003**, *Seeing beneath the soil*, Routledge.

**DAVID, A., LINFORD, N., LINFORD, P. 2008**, *Geophysical survey in archaeological field evaluation*, Swindon, English Heritage.

**GARCIA-GARCIA, E., PRADO, G. de, PRINCIPAL, J. (Ed.) 2016**, *Working with buried remains at Ullastret (Catalonia). Proceedings of the 1st MAC International Workshop of Archaeological Geophysics*, Ullastret, Museu d'Arqueologia de Catalunya-Ullastret, Monografies d'Ullastret; 3.

**SALA, R., GARCIA, E., TAMBA, R. 2012**, Archaeological Geophysics--From Basics to New Perspectives, *Archaeology, New Approaches in Theory and Techniques*, InTech, 133–166. Disponible a World Wide Web: <DOI:10.5772/45619>.

**SALA, R., PRINCIPAL, J., OLMOS, P., TAMBA, R., GARCIA, E. 2013**, Multimethod Geophysical Survey at the Iron Age Iberian Site of El Molí d'Espígol (Tornabous, Lleida, Catalonia): Exploring Urban Mesh Patterns Using Geophysics, *Archaeological Prospection* 20(4), 249–265. Disponible a World Wide Web: <doi:10.1002/arp.1459>.

**SANMARTÍ, J., BELARTE, M.C., NOGUERA, J. 2017**, Caracterització dels assentaments urbans en la costa de la Ibèria septentrional (segles VI-III aC), *Auriga* 90, 17-18.

**SCHMIDT, A. 2007**, Archeology, magnetic methods, *Encyclopedia of geomagnetism and paleomagnetism*, Amsterdam, Springer, 23-31.

**SCHMIDT, A., ERNENWEIN, E. 2011**, *Geophysical data in archaeology: a guide to good practice*, Oxford, Oxbow Books.

## NOTA

1) Projecte HAR2015-67946, finançat pel Ministeri d'Economia i Competitivitat.