

7. LA DISTRIBUCIÓ TERRITORIAL DELS ASSENTAMENTS

7.1. L'aplicació dels sistemes d'informació geogràfica (SIG)

Ignacio Fiz

7.1.1. Introducció

Farà ja gairebé quaranta anys que es va començar a fer servir en l'arqueologia programari cartogràfic i amb funcionalitats d'anàlisi espacials. I és als inicis dels vuitanta del darrer segle que els sistemes d'informació geogràfica (SIG) es van començar a fer servir en l'arqueologia, principalment als països anglosaxons (Kvamme 1983; Harris 1985; Wansleben 1988) com a complement i suport tecnològic de les teories i els mètodes aportats prèviament per la nova arqueologia.

El motiu principal de la integració dels SIG en els equips de recerca dels Estats Units va ser l'atracció que ofereixen els models predictius, en un país on calien plans i polítiques de protecció del patrimoni cultural. Així, la gran capacitat dels SIG per inventariar jaciments i per tant per fer plans de prevenció de riscos va tenir un paper importantíssim en el seu impacte en el medi arqueològic. També, la capacitat per generar nova cartografia i sobretot el seu paper com a medi d'informació visual, comparat amb el de les bases de dades tradicionals, van ser factors de gran importància.

Els canals de difusió globals van ser les diferents reunions científiques (Allen *et al.* 1990; Lock i Stančić 1995; Lock 2000), en les quals l'interès se centrava en el potencial del SIG i en la seva idoneïtat per aplicar mètodes d'anàlisi prèviament impossibles de realitzar. Aquesta difusió va tenir el seu motor en les universitats i centres de recerca europeus.

L'expansió ha generat una llarga bibliografia de monografies, obres generals, articles, actes de congressos i tallers de la qual presentem una mínima part tant a la bibliografia d'aquest capítol com a la corresponent a l'estudi de visibilitats. De totes maneres, destaquem les actes de les reunions que sota el nom de *Computer Applications in Archaeology* se celebren anualment des del 1973 i que, com a mostra de l'expansió i consolidació d'aquesta tecnologia a l'Estat espanyol, s'han celebrat a Barcelona (1999) i Granada (2010).

D'aquesta manera, en el marc dels projectes de recerca sobre el paisatge i el poblament, aquesta eina ha estat fonamental per analitzar i interpretar les dades arqueològiques i paleoambientals en el seu context espacial.

Hem de dir que encara avui alguns, des de contextos més propers a la representació i documentació gràfica de l'arqueologia, jutgen aquesta eina com una productora industrial de cartografia, la qual cosa no solament és un error greu de desconeixement, sinó també una visió que nega la capacitat d'explotació i anàlisi de dades dels SIG i demostra una ignorància absoluta sobre aspectes referents a tot un corpus teòric que ha estat desenvolupat al llarg dels darrers cinquanta anys.

Presentem aquí la metodologia de treball i les tècniques d'anàlisi emprades al llarg de tot el projecte, a excepció de l'anàlisi de visibilitats, tractat en un capítol a part dins d'aquest volum.

7.1.2. Integració de SGBD, SIG i paquets estadístics

La *Forma Orbis Romani* ha estat la base de dades emprada per recollir informació del projecte. Va ser dissenyada per donar suport al projecte del mateix nom, dirigit pel Dr. Josep Guitart (sobre aquesta base de dades, vegeu Guitart i Ruestes 2003, 165).

Una part important de la nostra feina ha estat adaptar la filosofia de disseny d'aquesta base de dades a les nostres necessitats de treball. Així, desenvolupada en Microsoft Office i per tal de facilitar la seva integració com a base de dades geogràfica d'ARCGIS, hem dissenyat diverses consultes (*queries*) en SQL, cosa que ha facilitat la cerca de determinades dades tipològiques o la selecció i creació de capes d'èpoques diferents.

Hem fet aquesta tasca per tal d'alliberar i simplificar el mateix sistema de consultes d'ARCGIS i d'aquesta manera operar més hàbilment amb la informació compartida. Per exemple, amb vista a fer una capa dels jaciments corresponents al segle I aC, es va crear, tot fent servir el sistema de consultes de Microsoft Office, una consulta que seleccionés els jaciments dins la base de dades de la *Forma Orbis Romani*. Una vegada creada la consulta i recuperada i incorporada al SIG aquesta informació, han estat aplicades noves seleccions en funció, per exemple, de si eren vil·les, establiments rurals o dispersions de materials, per després elaborar estadístiques i gràfics explicatius. D'aquesta manera ha estat possible fer servir les extensions estadístiques d'ARCGIS o exportar les dades i fer servir un paquet estadístic com és SPSS v.17.

El format en què la informació de cada capa és emmagatzemada permet la interacció amb altres SIG o altres programes, per exemple paquets estadístics.

Així, SPSS v.17 pot carregar taules de bases de dades amb extensió *dbf*, el mateix format en el qual ARCGIS guarda la informació associada a cada capa. Això permet que es pugui fer un tractament estadístic d'aquesta informació.

Per exemple, quan ha estat necessari fer un càlcul d'anàlisi d'agrupaments en dues fases (*two-step cluster analysis*) per a una capa de jaciments, la informació guardada al seu arxiu *dbf* ha estat carregada en SPSS. Aquest estadístic proporciona uns resultats en els quals cada jaciment és assignat a un grup en funció de les seves característiques i queda guardat en un nou camp de l'arxiu *dbf*. Finalment, hem carregat aquest *dbf* en el SIG i l'hem georeferenciat en funció de les seves coordenades UTM, de tal manera que es pot observar el resultat dins d'una vista de l'ARCGIS (vegeu les fig. 13 i 14).

Els gràfics i estadístiques han servit, per exemple, per avaluar la quantitat de jaciments per qualitat dels sòls en època ibèrica, republicana, altimperial i baiximperial, o han estat útils a l'hora de fer els gràfics de poblament (vegeu el capítol sobre poblament) o, com es veurà en el capítol de visibilitats, per determinar quins jaciments tenen una prominència visual més gran.

En total, podem dir que per les necessitats a l'hora d'explotar amb SIG la informació guardada a la base de dades ha estat necessari dissenyar 37 consultes SQL en Microsoft Office. Així ha estat possible crear, per exemple, plànols d'elements arqueològics tot fent servir diverses combinacions: bòbiles i terrisseries; *torcular*, dipòsits, contrapesos i sales amb *dolia*; sitges; pous; mosaics; molins; forns de calç; forns, terrisseries, bòbiles i abocadors; forns metal·lúrgics i escòries; escultures, i, finalment, cisternes i dipòsits.

També s'han integrat en el SIG les dades procedents d'altres estudis que han requerit la creació d'una base de dades de suport. Aquest ha estat el cas del corpus epigràfic recollit per Diana Gorostidi (vegeu el volum tercer). En aquest cas ha estat necessària només la incorporació de les seves taules en la base de dades de la *Forma Orbis Romani* i la creació

de les consultes necessàries per combinar en una consulta les dades dels jaciments i les dades epigràfiques. Posteriorment aquesta informació ha estat integrada en el SIG.

7.1.3. La base cartogràfica

Aquest projecte ha compilat una base cartogràfica que ha permès fer una correcta georeferenciació dels jaciments estudiats, tant si van ser detectats en les campanyes de prospecció intensiva (vegeu el capítol corresponent d'Orengo, Abela, Prevosti i De Soto) com en les campanyes de prospeccions extensives o en la consulta i buidatge de les memòries dipositades en els Serveis Territorials de la Generalitat, o com a suport per a les dades finalment recollides en la base de dades. Aquesta base cartogràfica, formada per mapes topogràfics i ortofotomapes, ha estat elaborada a partir de les diverses solucions TIC aportades per l'Institut Cartogràfic de Catalunya, un exemple internacional en la gestió i en el servei al públic de dades cartogràfiques i els anomenats geoserveis.

Aquestes solucions TIC les podem classificar com segueix:

Servidor en línia *vissir2* de l'ICC. Aquest sistema permet la consulta, selecció i descàrrega de les sèries d'ortofotomapes i plànols topogràfics a escales 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000 i 1:50.000. Permet la descàrrega en formats *raster* (Mrsid) i vectorial (*dxf*, *dwg*, *dgn*), a més de permetre determinades operacions sobre la informació en línia (càlcul d'àrees, distàncies, etc.). Aquesta informació ha permès descarregar i configurar una base cartogràfica en format *raster* utilitzada en els treballs sobre el terreny i les tasques de correcció de les variacions provocades en la presa de dades amb GPS i en la definició del punt central de cada jaciment.

Serveis OGC. Aquests geoserveis permeten afegir capes d'informació cartogràfica a aplicacions client compatibles amb l'OGC.¹ És a dir, si es disposa de connexions a Internet es pot treballar amb els estàndards WMS² i/o WFS, i per tant és possible carregar

1. Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) és un consorci internacional de 401 companyies, agències governamentals i universitats que treballen per tal de consensuar els estàndards referents a la informació i els serveis geoespacionals. Aquests estàndards fan que els generadors i implementadors de la informació i dels programes que interactuen amb aquesta informació geoespacial siguin accessibles i ergonòmics. OpenGIS® és una marca registrada pertanyent a l'OGC. Els estàndards OpenGIS són desenvolupats consensuadament per la indústria que segueix els protocols d'OGC, de tal manera que totes les tecnologies de geoprocessament puguin interactuar amb integració automàtica (*plug and play*) (OGC 2010).

2. El servei Web Map Service (WMS), estàndard definit per l'OGC, és la producció de mapes de dades geogràfiques referenciades espacialment. Aquests WMS serveixen mapes amb informació geogràfica en format digital que pot ser visualitzada en l'ordinador d'un usuari. Són generats en format d'imatge (PNG, GIF o JPEG) i opcionalment en format vectorial (SVG) o en WebCGM (*web computer graphics metafile*). Per invocar una operació WMS, cal una instrucció URL (*uniform resource locator*), la qual estableix la connexió amb el servidor d'imatges. La URL ens indica quina informació es vol mostrar i, per exemple, quin serà el sistema de coordenades de treball demanat. Els formats d'imatge amb fons transparents (e. g., GIF o PNG) permeten produir una composició de mapes. Un darrer avantatge és que és possible fer servir dades provinents de diferents servidors institucionals. Per exemple: Institut Geogràfic Nacional (IGN) combinat amb l'ICC o l'Institut Cartogràfic Valencià (ICV). Aquestes URL poden ser invocades des d'opcions especials dels SIG a l'hora de carregar una capa. A més, existeixen actualment programes que permeten descarregar les imatges emmagatzemades als servidors WMS (per exemple GlobalMapper v.11).

capas corresponents a productes de l'ICC. Això significa, entre altres avantatges, un gran estalvi en memòria de disc per part dels usuaris d'aquesta informació.

En concret s'han fet servir les següents instruccions URL:

Mapes i ortofotos OGC:³

Mapes topogràfics de Catalunya 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:250.000

Mapa geològic de Catalunya 1:50.000, 1:250.000

Imatge de satèl·lit de Catalunya 1:250.000

Ortofoto i ortofoto infraroja 25 cm/píxel

Ortofoto i ortofoto infraroja 1:5.000, 1:25.000

Visor OrtoXpress 1.0. Aquest servidor permet la visualització dels darrers vols fotogramètrics realitzats per l'ICC a tres escales de vol: cobertura de tot el territori amb una mida de píxel de 45 centímetres, cobertura de les àrees metropolitanes amb una mida de píxel de 22 centímetres i cobertura dels nuclis urbans amb una mida de píxel de 7,5 centímetres. Els dos primers estan destinats a revisions anuals d'àrees del territori a escala 1:5.000, i el darrer, amb menor periodicitat, tracta escales 1:1.000.

Ofereix la possibilitat monoscòpica d'observar cada fotograma de vol ortorectificat mitjançant DEM (*digital elevation model* o model digital del terreny) o veure la informació en mode estereoscòpic mitjançant una vista anàglifa. Estem parlant d'unes resolucions per píxel d'entre 5 i 10 centímetres, clarament superiors als productes ortofoto 5.000 (ICC 2010). Com a dada a

tenir en compte, cal dir que s'ha incorporat a aquest visor el vol americà de 1956. També ofereix serveis OGC amb estàndard WMS. Els serveis WMS⁴ que ofereix l'ICC són:

Catalunya 25 cm 2009: RGB i IRG (fig. 1 i 2).

Catalunya 1956-1957 (fig. 3). Cal remarcar, segons indica el mateix ICC, que la qualitat del vol és inferior a causa dels desplaçaments d'entre 20 i 50 metres respecte a l'ortofoto de l'ICC (ICC 2010).

Catalunya 45 cm 2008: RGB i IRG.

Metropolitanes 22 cm 2008: RGB i parcialment IRG.

Urbanes 7,5 cm 2007-2008 (fig. 4).

Els models d'elevacions del terreny, en format *raster*, necessaris per realitzar determinats estudis de poblament, han estat adquirits a l'ICC. En concret, el DEM utilitzat ha estat el produït a l'any 2000 amb resolucions de 30 metres/píxel.

Dels servidors de l'ICC ha estat recuperada la informació vectorial corresponent als plànols 1:50.000 en format *dwg*. Aquestes dades han servit per construir les capes de corbes de nivell, xarxa hidrogràfica, límits administratius i de municipis, i línia de costa actual.

7.1.4. Metodologia

Per tal de fer els estudis de poblament de l'*ager Tarraconensis* han estat emprats una sèrie de mètodes



Figura 1. Detall del jaciment ibèric de Manos. Imatge: Fotos aèries 2009, Catalunya 25 cm: RGB (ICC).

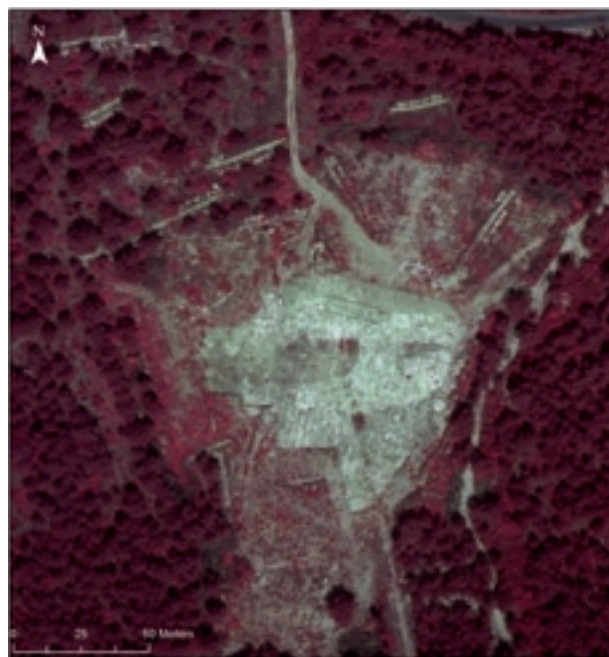


Figura 2. Detall del jaciment ibèric de Manos. Imatge: Fotos aèries 2009, Catalunya 25 cm: IRG (ICC).

3. <<http://shagrat.icc.es/lizardtech/iserv/ows?>>

4. <<http://www.ortoxpres.cat/server/sgdwms.dll/wms>>

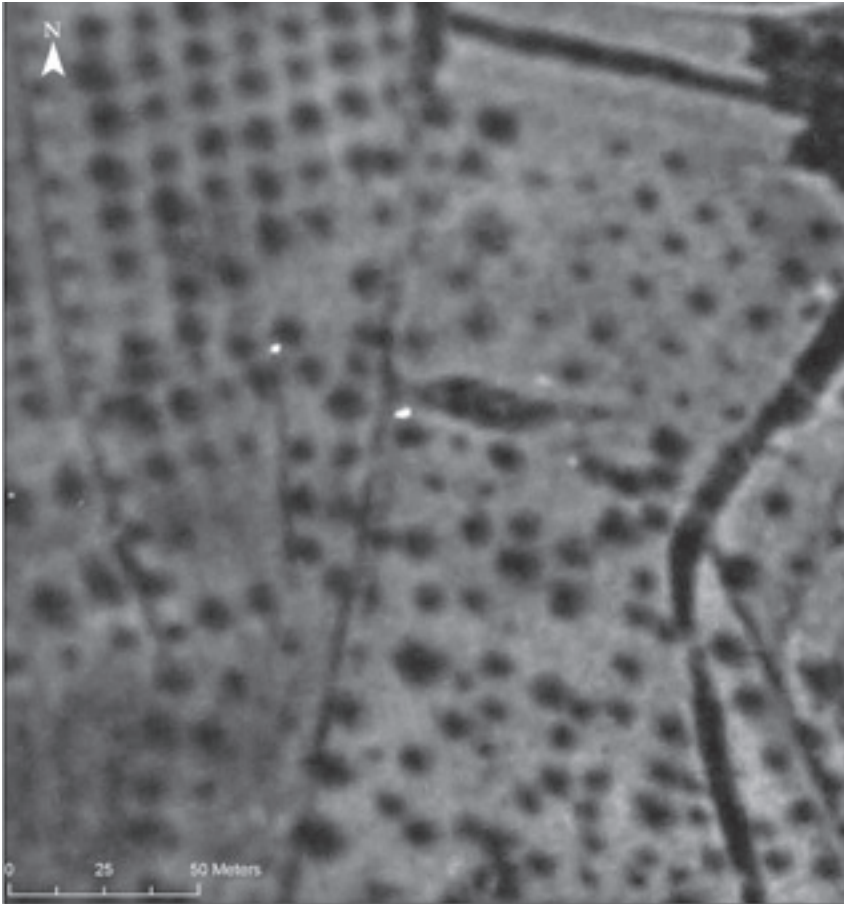


Figura 3: Detall de l'àrea del jaciment ibèric de Manous el 1956. Imatge: Foto aèria, vol americà 1956-57 (ICC).



Figura 4. Detall de les excavacions al jaciment de Manous. Imatge: Urbanes 7,5 cm. 2008-09 (ICC).

d'anàlisi que descrivim a continuació, a excepció del de visibilitat, al qual es dedica un capítol en aquest mateix volum.

No citem aquí ni la cartografia elaborada per èpoques ni els diversos estudis que han estat complementats mitjançant la superposició dels jaciments i la base cartogràfica. Cal citar, per exemple, l'aproximació a l'epigrafia de l'*ager Tarraconensis*, el poblament o els estudis de la geologia de l'àrea.

7.1.4.1. Anàlisi de polígons de Thiessen (APT)

Aquest mètode, definit per David Clarke (1968, 1972) en els començaments de la nova arqueologia (1968) ha estat emprat ja des dels primers projectes d'arqueologia del territori per trobar límits entre comunitats. Els polígons Thiessen, també coneguts com a polígons Voronoi, estableixen àrees teòriques d'influència o serveis dins d'una distribució d'assentaments. És, per tant, estrictament locacional. No planteja jerarquies i la seva estimació es basa en la proximitat i densitat dels jaciments propers. L'APT

es calcula mitjançant la mediatriu que uneix cadascun dels assentaments amb els veïns. La forma amb la qual queda establerta la malla de polígons ens pot informar dels elements geogràfics i dels possibles recursos condicionants en el procés de poblament (García Sanjuán 2005, 212-214). En aquesta anàlisi no hi ha criteris de ponderació i determinades àrees de serveis queden sobrevalorades. Les crítiques, entre d'altres associades a la seva relació amb les interpretacions funcionalistes dels primers estudis de la nova arqueologia, han fet que aquesta tècnica cada vegada sigui menys emprada en l'anàlisi arqueològica, tot i que la ja indispensable coexistència amb els SIG fa que encara hagi perdurat en diferents estudis de poblament, almenys com a eina exploratòria de la morfologia del poblament (Savage 1990; Ruggles i Church 1996; Picazo 1998; Guitart i Ruestes 2003; Ardesia 2004; Carandini 2006). Nosaltres hem aplicat el mètode al període ibèric per tal d'establir territorialitats teòriques entre els diferents poblats de l'àrea de treball (fig. 5).



Figura 5. Detall dels polígons de Thiessen d'època ibèrica.

7.1.4.2. Àrea d'explotació de recursos (AER)

Introducció

És el mètode conegut a la bibliografia com a anàlisi de captació de recursos (ACR), anàlisi de captació econòmica o *site catchment analysis*. Estudia les relacions del grup amb el medi i va ser definit per l'arqueòleg britànic Erik Higgs dins el corrent de l'escola paleoeconòmica de Cambridge. Juntament amb el geòleg Vita Finzi, Higgs va estudiar els territoris de les comunitats paleolítiques i epipaleolítiques del mont Carmel, a Israel (Vita Finzi i Higgs 1970). L'objectiu d'un estudi AER és determinar quines són les pautes d'interacció entre l'espai natural i la comunitat humana analitzada. És un concepte d'obtenció, processament i intercanvi dels recursos que hi ha a l'abast immediat. Tres són els principis sobre els quals es fonamenta l'AER (García Sanjuán 2005, 203-209).

El cost energètic per realitzar activitats econòmiques augmenta amb la distància.

Les societats antigues, i en concret les prehistòriques, cercaven localitzacions per als seus assentaments amb reduïts costos de desplaçament impulsats per la necessitat de maximitzar les aportacions energètiques.

L'elecció dels recursos segueix un determinat ordre, segons les necessitats dels habitants d'un assentament.

Per tant, l'element fonamental és el llinar de distància a partir del qual s'estableix l'àrea de treball. Tradicionalment aquesta ha estat definida seguint dos criteris. El primer, corresponent a societats caçadores-recol·lectores, estableix distàncies de 10 quilòmetres. La segona opció s'aplica a les societats agrícoles, tot seguint cercles concèntrics d'1, 2 i 5 quilòmetres (Butzer 1989, 209). L'aportació principal del SIG a l'arqueologia ha estat la seva capacitat per extreure una gran varietat d'informació en la qual han estat aplicades operacions de tipus geomètric i estadístic. És a dir, una vegada ha estat definida l'àrea de captació, és possible, mitjançant àlgebra de mapes aplicada a diversos elements ambientals, quantificar i analitzar els recursos existents. A més, el llinar de distàncies pot ser ponderat amb criteris topogràfics fonamentats en l'anomenat *cost surface*, que descrivim en l'apartat següent.

L'AER és criticat principalment pels seus supòsits teòrics, segons els quals una societat prehistòrica i pre-capitalista adopta elements cognitius i de comportament pròpiament capitalistes, dins d'un debat en l'antropologia econòmica entre substantivistes i formalistes. Metodològicament la crítica (Butzer 1989, 209) es concentra en l'errònia utilització de dades ambientals, de potencialitat agrària i d'aprofitament del sòl contemporànies sense estudis paleoambientals.

Entre els treballs més recents on han estat aplicats elements de l'AER⁵ podem destacar l'elaborat per Ig-

nasi Grau (2004; 2006) aplicat a l'evolució dels patrons d'assentament des d'època ibèrica fins a la romanització a l'àrea central de la Contestània, és a dir, a les comarques centremeridionals valencianes. L'autor aplica als *oppida* de la Contestània, la Serreta i la Marina Alta una anàlisi *cost surface* per tal de demostrar dos dels factors que van definir la transformació del paisatge. Per un costat la disgregació del model espacial agregat al voltant de l'*oppidum*, i per l'altre l'orientació agrícola cap a pràctiques intensives.

Càlcul de cost surface

Les societats intercanvien coneixements, idees i mercaderies a través del moviment pel territori. La topografia té un paper important en la trajectòria d'aquest moviment i és un element que ens explica la disposició al llarg del paisatge tant dels assentaments com d'altres elements que es deriven de la seva acció, siguin els pendents, els rius o zones que pateixen els efectes de l'acumulació i la carència d'aigües, efectes d'un clima com el mediterrani. L'aparició dels sistemes d'informació geogràfica i la seva aplicació a l'arqueologia, en especial a la disciplina que tracta el paisatge, han permès la construcció de models que simulen les xarxes d'intercanvi entre societats.

En altres casos, una funció com el càlcul del cost de desplaçament (*least cost route*, en anglès), aportada com a funció primitiva en els SIG, permet la recreació sobre plànol de les rutes òptimes de comunicació entre assentaments humans.

Aquest cost es tradueix en la quantitat d'energia necessària per accedir o travessar un determinat punt del territori, en el camí que uneix dos assentaments.

Dues són les formes d'aproximació al problema. Per un costat, els anomenats algorismes isotròpics (Wheatley i Gillings 2002, 151), fonamentats en el fet que tot moviment implica un cost, sense que la direcció sigui significativa; per un altre costat, els anisotròpics, construïts tot tenint en compte que la direcció és essencial per complicar o optimitzar els accessos a l'element més proper en el moviment. Així, en el primer cas, les variables més comunes són la frondositat de la vegetació o el tipus de sòl, i s'assigna un cost quantitatiu al trànsit per tals unitats topogràfiques. En el segon, factors com el pendent i la hidrografia (Fiz 2008; Fiz i Orengo 2008) són els que determinen, faciliten i perjudiquen el moviment. Tradicionalment han estat el tipus de terreny i la topografia les variables més emprades en el càlcul de costos.

La raó radica principalment en el fet que d'altres estan més afectats per les transformacions del paisatge (Bell *et al.* 2002, 174-175): un bosc, un tipus de cultiu o el curs d'un riu està més afectat pel canvi temporal natural o antròpic. Factors com l'erosió, les línies de

5. Entre altres treballs, destaquem Gazneyet *et al.* 1996; Verhaegen *et al.* 1999; Parcero 2000; Uriarte 2003, i Pecere 2007.

costa o la transformació deltaica fan que qualsevol estudi d'aquestes característiques estigui subjecte a anàlisis prèvies que calibrin aquestes transformacions.

Ara bé, el pendent no és una variable perenne. L'acció antròpica sobre el terreny ha provocat canvis i alteracions en l'orografia d'un paisatge antic. Només cal tenir en compte les grans obres d'infraestructura del darrer segle (carreteres, autopistes, tren d'alta velocitat) per tenir present també que cal corregir aquests factors.

En els algorismes anisotròpics, l'estudi del pendent ha generat interessants models que expliquen i calculen l'anomenada fricció efectiva.

Entenem la fricció d'un element topogràfic com el desgast que aquest exerceix sobre un objecte en moviment (De Silva i Pizziolo 2001, 279). Per aquesta raó el pendent és un dels factors principals en el càlcul de l'anomenada fricció efectiva i per tant la variable utilitzada en diversos models que representen el cost energètic producte del moviment. Així, un pendent del 60 per cent produiria un cost energètic cent vegades més gran que un pendent en planura, i sis-cents vegades més gran si aquest arribés fins al 80 per cent. Per tant, podem dir que el cost té un increment no lineal respecte al pendent (Bell *et al.* 2002, 175).

Ericson i Goldstein (1980) estimaven que l'esforç de comunicació entre dues comunitats és bidireccional, i que per tant el recorregut és la suma de la distància i del diferencial en altura entre ascens i descens, tots dos ponderats.

Aquesta proposta quedava expressada en la fórmula següent (Wheatley i Gillings 2002, 151):

$$\text{Esforç} = \text{distància} + 3,168 * D_{\text{pujada}} + 1,2 * D_{\text{descens}}$$

De Silva i Pizziolo (2001, 281-282) adaptaren aquesta fórmula per tal de crear un model en el qual la fricció efectiva en un recorregut d'anada i tornada es pogués estimar així:

$$\text{Factor de fricció} = 1 + \frac{\text{Fricció d'ascens} + \text{fricció de descens}}{2}$$

On:

$$\begin{aligned} \text{Fricció d'ascens} &= 3,168 * \text{pendent}^6 \\ \text{Fricció de descens} &= 1,2 * \text{pendent} \end{aligned}$$

Pandolf (Pandolf *et al.* 1977) va definir una altra manera de representar el desgast fisiològic produït en el moviment amb una expressió en la qual es feien servir variables com ara el pes del vehicle tractor, el pes a

transportar (W i L), la velocitat del moviment (V), el pendent (G) i un factor dependent del terreny (N):

$$M = 1,5W + 2,0 (W+L) (L/W)^2 + N (W+L) (1,5V^2 + 0,35V * \text{abs} (G+6))$$

El factor N seria el cost de travessar una unitat de terreny considerant elements topogràfics com maresmes, carreteres o rius amb diferents aportacions hídriques.

Van Leusen aplicà aquest estudi amb el propòsit de simular com era la xarxa de comunicacions en el territori de Wroxeter (Anglaterra) durant l'edat del ferro i el període romà (Van Leusen 2000). Així, va adaptar la fórmula de Pandolf tenint en compte tres assumpcions:

La direcció del moviment, en ascens o descens, no requeria un tractament especial.

El factor N es calculava en funció del cabal dels rius.

Va determinar que el mitjà de transport (és a dir, la persona) tenia un pes mitjà de 70 kg (W), suportava una càrrega màxima de 4 kg (L) i transitava a una velocitat de 4,8 km/h.

D'aquesta manera, la fórmula de Pandolf es convertia en una altra, dependent del factor N i del pendent.

$$M = 105,483 + 2,557,44N + 124,32NG$$

Altres models, com el de Hikers, es fonamenten sobretot en el pendent, consistent a determinar quina velocitat hem d'aplicar per travessar cada unitat de pendent. Així, trobem tot un seguit de fórmules que calculen el *cost surface*:⁷

$$\begin{aligned} V &= 6e^{-3,5p + 0,05} \text{ (Gorenflo i Gale, 1990)} \\ S &= p / 10 \text{ (Parcero, 2002)} \end{aligned}$$

Finalment, i per tal de trobar les rutes de comunicació òptimes entre els assentaments, s'aplicava l'algorisme *least cost path route*.⁸

Nosaltres hem fet servir el model de Gorenflo i Gale per determinar els *rasters* de costos de desplaçament, és a dir, els *cost surface*, aplicats a l'època ibèrica, que han estat superposats a les capes generades a partir del càlcul del *cost distance* que veurem a continuació (fig. 6).

Càlcul de cost distance

Havíem vist com els polígons de Thiessen resultaven una forma simple o lineal de representar els límits teòrics entre comunitats. Una altra via emprada és a

6. Expressat en tant per cent.

7. P = pendent, S = esforç.

8. Per veure aplicacions de *least cost path route* recomanem De Silva i Pizziolo 2001; Bell *et al.* 2002; Batten 2007; Fiz 2008; Fiz i Orengo 2008; Zakšek *et al.* 2008. Per a un estat de la qüestió recomanem Herzog 2010.



Figura 6. Detall d'AER (àrea en gris) i cost distance en època ibèrica.

través de l'ús de l'anomenat *cost distance* o l'avaluació del *cost-weighted*. Així podem ponderar els límits entre comunitats a través dels elements topogràfics, la condició del terreny o la vegetació. Nosaltres hem aplicat els resultats dels càlculs del *cost surface* per crear models de límits entre comunitats.

El càlcul del *cost distance* ha estat emprat en diversos projectes com a element d'estudi del territori. Així, destaquem els treballs de Keay i Earl (2007, fig. 10) al centre i l'oest de la *Baetica*, aplicats a les ciutats amb cronologies entre època ibèrica i els inicis de la romanització; l'elaborat per reconstruir el sistema dels territoris parroquials des de l'edat mitjana a la Turena, França (Chareille, Rodier i Zadora-Rio 2005; Zadora-Rio 2008) o l'estudi de Hare (2004) per tal de determinar els límits administratius i organitzatius mitjançant mesures *cost distance* al vall de Yauatepec (Mèxic).

Altres autors (Whitley 2010) han proposat afegir factors cognitius a la ponderació establerta mitjançant atractors topogràfics dels límits entre comunitats. Així,

l'espai visualitzat des d'un *oppidum* podria determinar els límits coneguts d'una comunitat amb, per exemple, la conjunció d'altres àrees visuals d'altres *oppida*. És a dir, un límit és una possible combinació dels factors «fins on m'allarga la vista» i «fins on puc arribar físicament». De la combinació del *cost distance* amb la visibilitat se'n pot derivar un plànol *raster* on es representi la influència cultural des de la proximitat i la visibilitat. Whitley indica que la influència d'un determinat monument megalític podria augmentar en àrees on aquest és visible respecte d'altres en què no ho és.

7.1.4.3. Anàlisi del veí més proper

Aquesta fórmula (en anglès, *neighbourhood analysis*), inicialment aplicada per Clark i Evans (1954) al camp de l'ecologia, va ser primer adoptada pels geògrafs i posteriorment per l'arqueologia i va tenir la seva implantació entre els anys vuitanta i noranta. La seva popularitat prové del fet que és fàcil de calcular i que proporciona un índex fàcilment interpretable (Conolly i Lake 2006, 164-165).

És una anàlisi que ofereix una mesura del grau d'agrupament o dispersió d'una distribució de punts. Per aquesta raó ha estat aplicada a l'estudi de la densitat de poblament. Entenem (Garcia Sanjuán 2005, 217-218) que és la mitjana de les distàncies observades entre els assentaments (d_o) i la distància obtinguda d'un quocient (d_a) entre el nombre total de punts (n) i la regió estudiada (A):

$$R = d_o / d_a$$

$$d_a = 1 / 2 \sqrt{(n/A)}$$

Si les dues densitats són iguals, ens trobem davant d'un cas de distribució aleatòria, perquè la distribució observada coincideix amb la que podríem preveure si la distribució fos aleatòria. Si el coeficient obtingut és

més gran que 1, llavors som davant d'una distribució de poblament dispersa, i si és inferior a 1, llavors el poblament està concentrat. El problema principal deriva del fet que el coeficient és dependent de l'àrea estudiada, i per tant cal estudiar amb cura l'extensió de la regió de treball.⁹

Hem aplicat els càlculs del veí més proper als períodes ibèric, republicà, altimperial i baiximperial (fig. 7).

7.1.4.4. Anàlisi de densitats

Aquesta és una aproximació que permet descriure i visualitzar la freqüència de canvi de les observacions en una àrea concreta. És a dir, podem arribar a determinar quina és la densitat d'assentaments i d'aquesta manera visualitzar la intensitat d'un determinat fet, com per



Figura 7. Detall d'anàlisi del veí més proper en època ibèrica.

9. Per a més informació sobre aplicacions del *neighbourhood analysis* vegeu Perles 1999 i Ladefoged i Pearson 2000.

exemple el poblament per quilòmetre quadrat en un territori determinat durant el segle II aC.

La mesura més simple (Wheatley i Gillings 2002, 185-186) és calcular aquesta densitat a partir d'una àrea circular de radi r entorn de cadascun dels objectes estudiats. Així, cada píxel del *raster* resultant serà la suma del valor de densitat corresponent a cadascun dels objectes originals. Amb radis més grans les superfícies esdevindran més generalitzades.

Com a mesures proporcionades pels SIG tenim la *kernel density estimation* introduïda en l'arqueologia el 1995 (per exemple Baxter, Beardah i Wright 1995; més aplicacions a Hare 2004, Bocquet-Appel *et al.* 2005, McMahon 2006, i Herzog i Yépez 2010). Aquesta és una tècnica no paramètrica en la qual s'aplica una funció de densitat probabilística a cadascun dels objectes d'estudi, però dins d'un radi d'acció determinat. La superfície resultant és de dades contínues i el valor més gran correspon al nombre de localitzacions dins del radi escollit. A partir d'aquí els valors disminueixen amb la distància fins a ser zero quan s'arriba al radi de cerca definit com a paràmetre. Si dins del radi d'una de les localitzacions hi ha dos elements més, el valor inicial aplicat és 3, i a partir d'aquí els valors de cada cel·la van disminuint fins a zero. Si cadascun dels elements estudiats disposa d'una informació quantificable (nombre de fragments, nombre d'habitants, etc.), és possible construir plànols d'isolínies.

Aquest mètode, segons altres autors (Baxter *et al.* 1997, 350), és comparable a l'anàlisi del veí més proper i és una aproximació informal a l'anàlisi d'agrupaments o *cluster analysis*, que veurem a l'apartat següent.

En el cas de l'estudi de l'ager *Tarraconensis*, podem veure la seqüència de poblament des d'època ibèrica fins a la tardoantiguitat. Des d'un punt de vista de jaciment i no de tipus de jaciment (i per tant d'hàbitats i de població), passem d'una distribució de punts dispersa en el territori en el període iber (fig. 8) a una concentració de jaciments en determinades àrees ja des del segle II aC (fig. 9). Aquestes concentracions no són estrictament coincidents amb els transsectes de prospecció tant del projecte actual com del projecte desenvolupat als anys noranta per l'equip de Carreté, Keay i Millett, i per tant no estan distorsionades per aquestes.¹⁰ La tendència en època ibèrica era ocupar el màxim d'espai, de tal manera que les màximes densitats de jaciments en les àrees ocupades poden donar un resultat entorn d'un jaciment per quilòmetre quadrat. Aquest fet, relatiu a la localització i no a la població i els hàbitats, ja quedava confirmat en els estudis del veí més proper aplicats a aquests períodes.

Aquesta situació és alterada al segle II aC. Els inicis de la romanització provoquen un canvi que es materia-

litza en tres ubicacions que hem escollit com a exemple dins de l'àrea del projecte: els voltants de Puig de Santa Anna, el cap de Salou i un àrea de 34 quilòmetres quadrats situada a uns cinc quilòmetres al nord-est de Tarragona.

La primera (fig. 10) neix en època ibèrica entorn del poblat ibèric de Puig de Santa Anna i, tot i la importància visual d'aquest assentament (vegeu l'apartat 6.5), és en el segle II aC quan es produeix un increment en el nombre de jaciments i en l'ocupació d'aquesta zona, que té el seu punt màxim en època augustiana. La seva decadència es produeix ja en el segle III dC. La interpretació que donem a la forta ocupació de poblament dispers en la zona immediata a Puig de Santa Anna és que aquesta dispersió és el resultat del desplaçament de la població que ocupava aquest poblat, un cop quedà abandonat. L'increment en època augustiana, en un espai que va més enllà de l'immediat al poblat, per exemple, podria estar caracteritzat per l'aparició dels centres terrissaires de la Buada, Mas de Gomandí i Mas d'en Corts, i per la dispersió de ceràmiques de Mas de Barrenys II, Mas d'en Toda i Mas de l'Ambrós.

La segona (fig. 11) té també el seu origen en el poblat ibèric de Punta de la Cella, l'establiment rural de Rescat de Baix i les dispersions ceràmiques de Tossal de la Ganyada i de l'Àrea d'Expectativa Arqueològica 327. El conjunt és el d'un poblament amb una dispersió equilibrada en el territori que no té continuïtat. La romanització al segle II aC produeix un increment en el nombre de jaciments situats molt a prop del poblat de Punta de la Cella, en funcionament en aquest segle. Aquesta àrea, no centuriada segons els estudis d'arqueomorfologia de J. M. Palet (Palet 2007), troba el seu màxim moment en el segle I aC, i ja en època augustiana coneix un inici de despoblament que es materialitza en el segle II dC. Aquest context pot fer pensar en un canvi en el sistema d'explotació que va provocar aquest abandonament.

La tercera zona observada (fig. 12) és ocupada en el segle II aC, tot coincidint amb una de les centuriacions (Tarraco I) detectades per l'arqueomorfologia (Palet 2007). Aquesta àrea rep forts increments de poblament al segle I aC, en època augustiana i en època flàvia, i experimenta una estabilització al segle II dC. Aquests increments poblacionals podrien ser provocats per l'arribada de nous colons potser a l'època cesariana, arran de la concessió de l'estatut de colònia a *Tarraco*, o en època augustiana. Però també, i atesos els increments produïts al llarg del segle I dC, podríem pensar que el poblament situat a l'àrea del cap de Salou és traslladat i reubicat en aquesta tercera zona. Recordem la proximitat de *Tarraco*, situada entre 3 i 7 quilòmetres enllà d'aquesta àrea.

10. El nombre de jaciments trobats en aquests transsectes és del 15 % sobre el total, mentre que el territori prospectat equival a l'11 %. Per tant, tenim una sobrevaloració del 4 %, a efectes pràctics no gaire significativa.

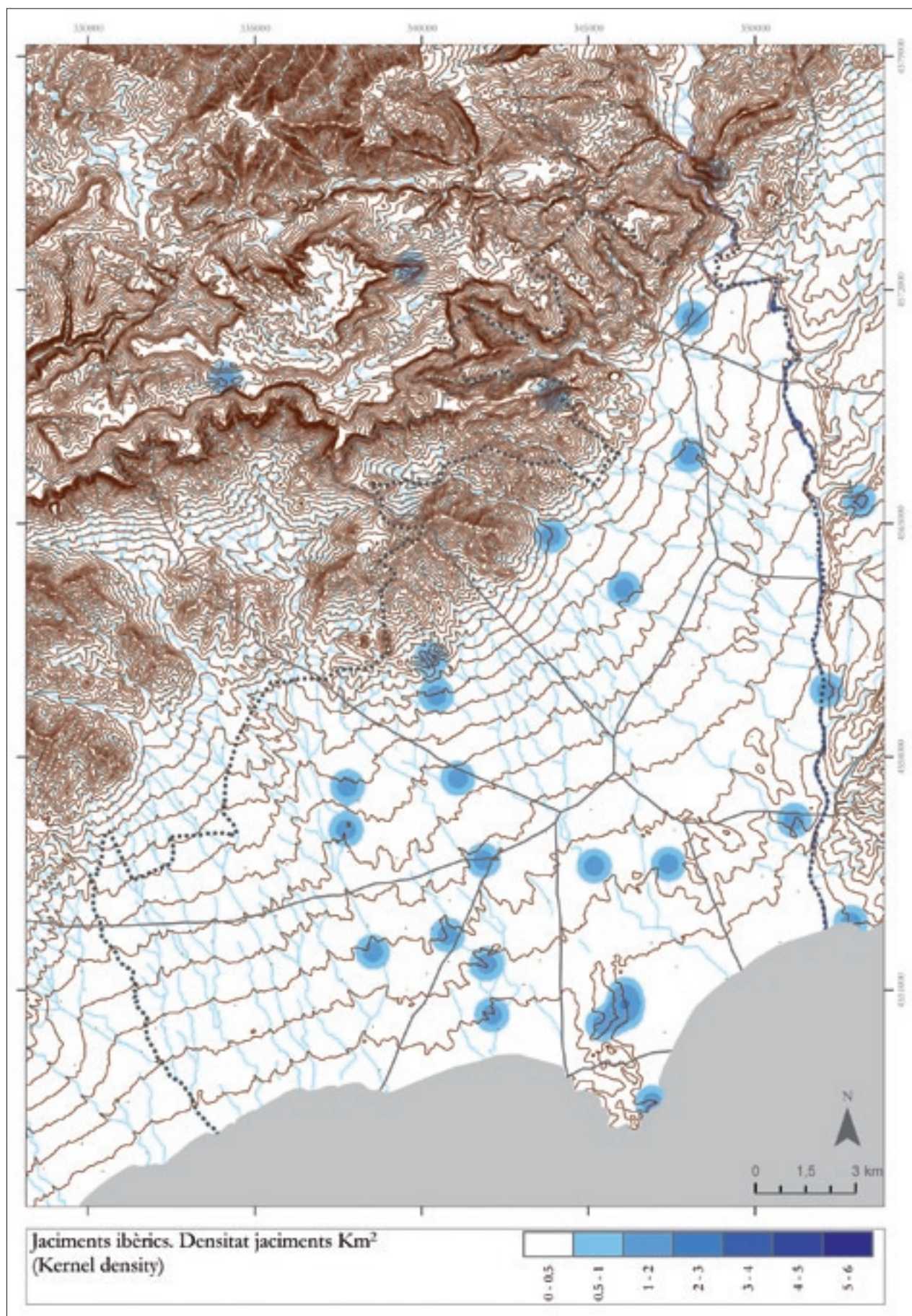


Figura 8. Densitat de jaciments d'època ibèrica.

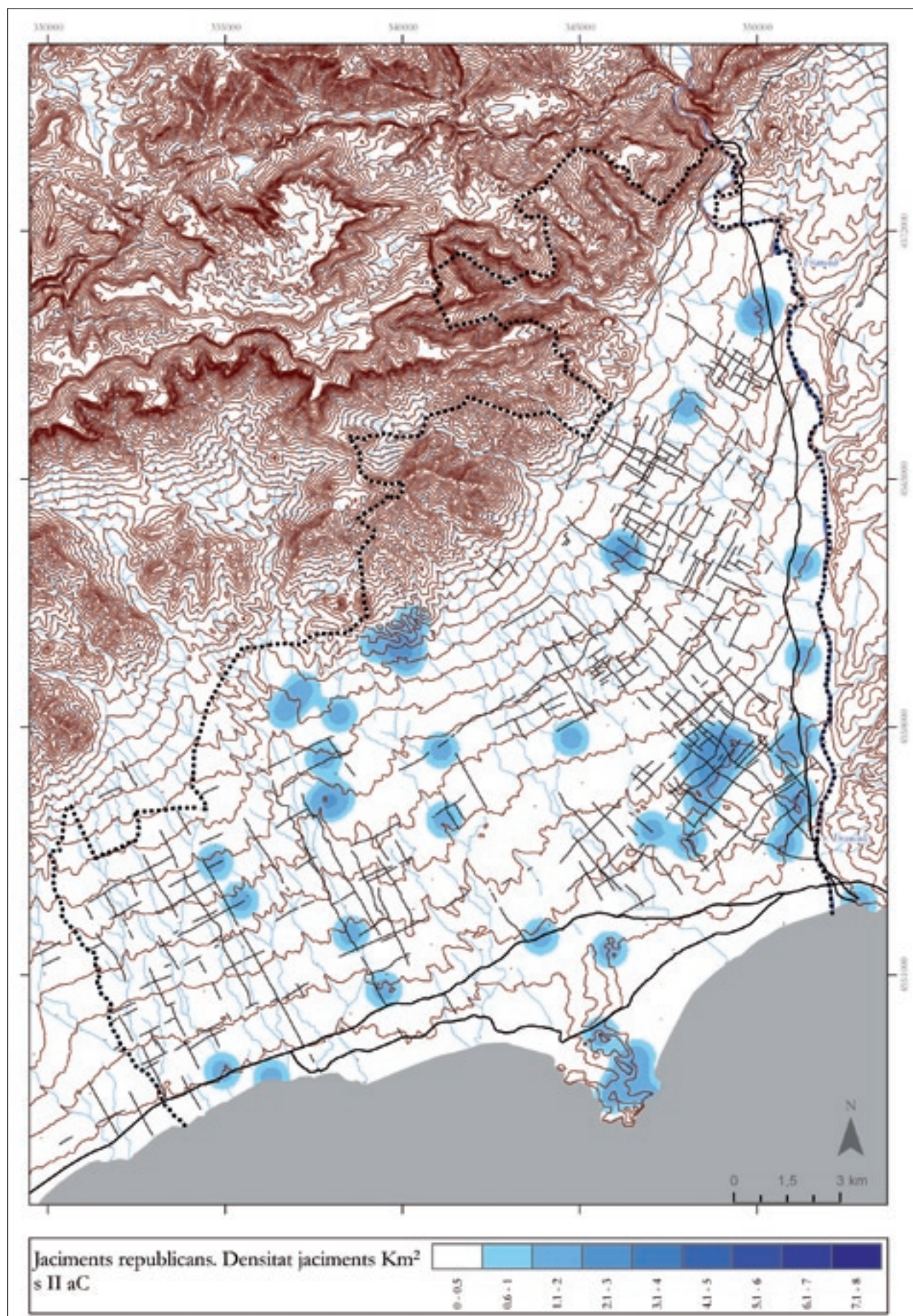


Figura 9. Densitat de jaciments, segle II aC.

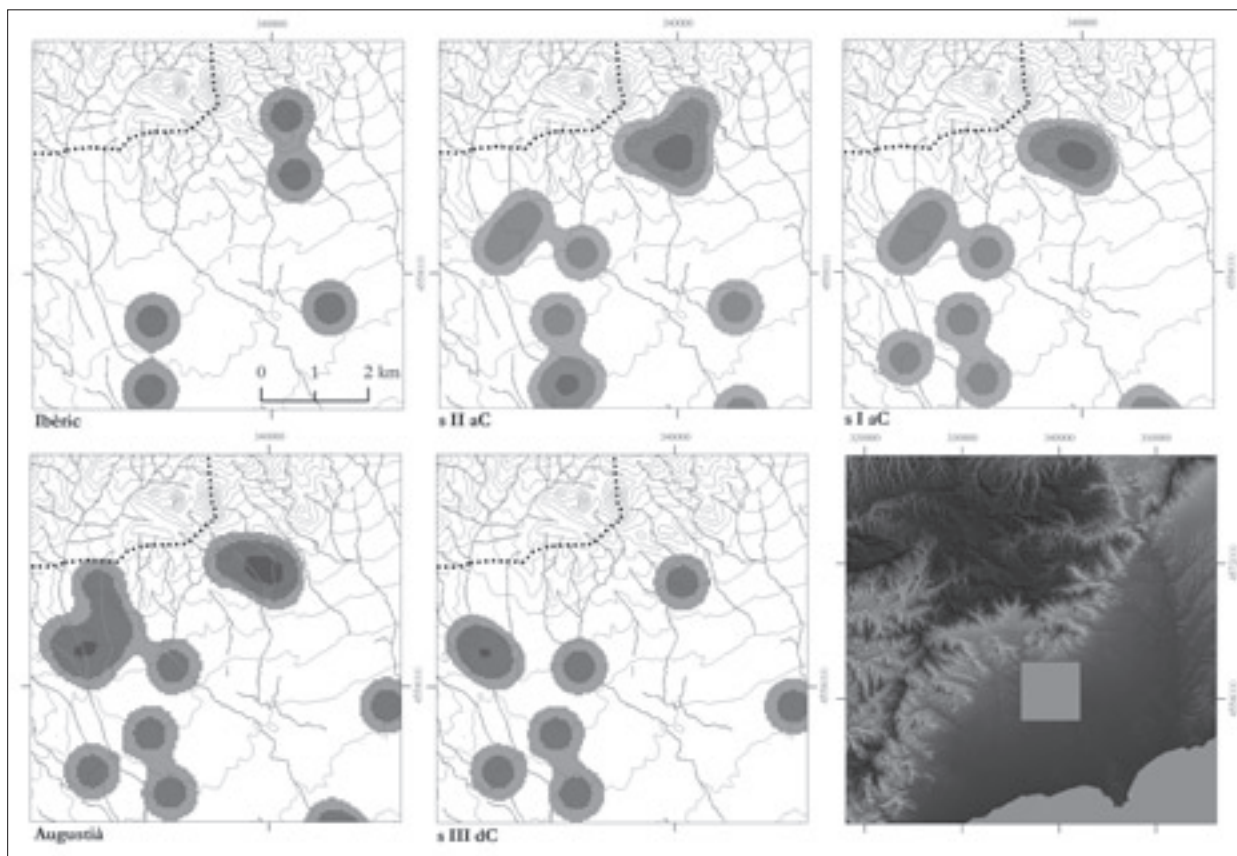


Figura 10. Estudi particular de l'evolució del poblament entorn de Puig de Santa Anna.

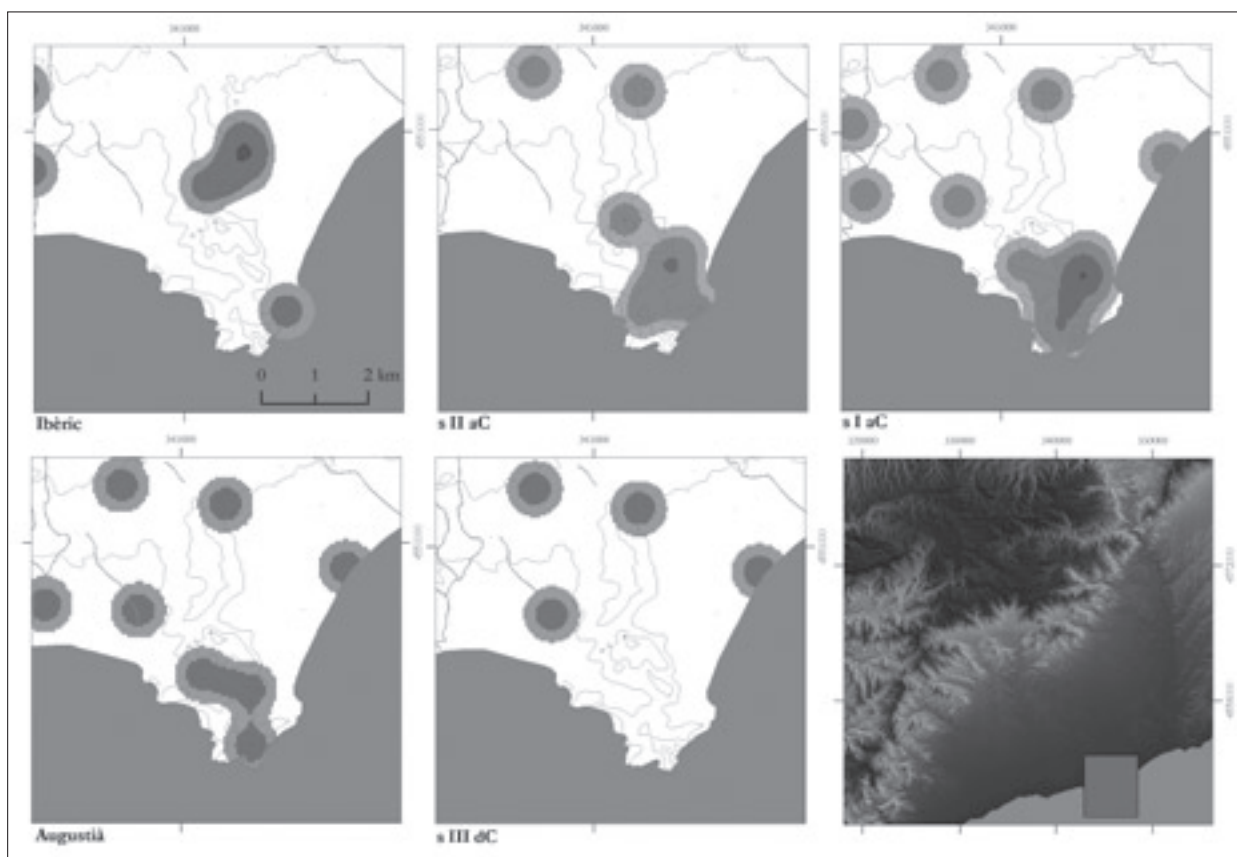


Figura 11. Estudi particular de l'evolució del poblament al voltant de Punta de la Cella.

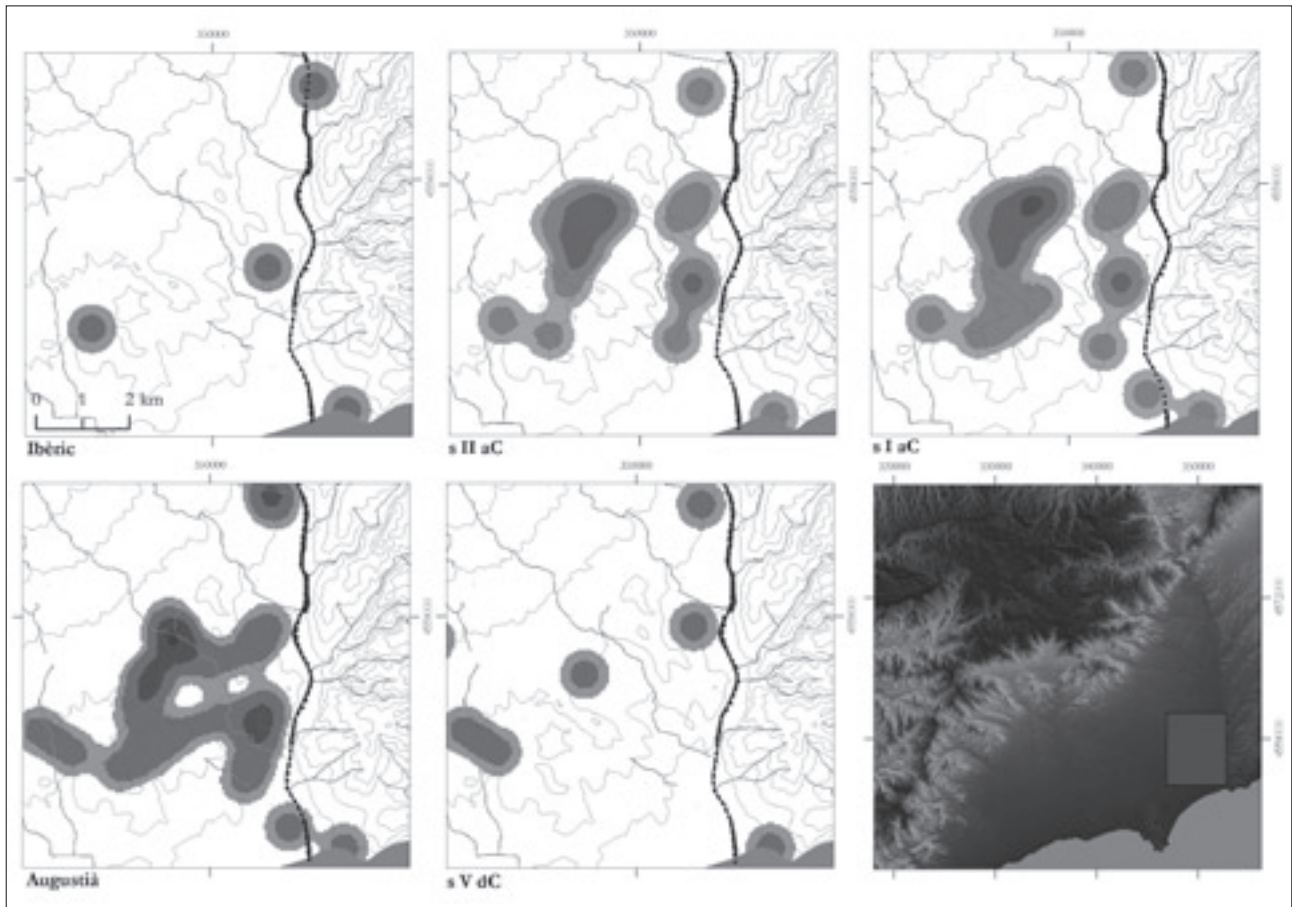


Figura 12. Estudi particular de l'evolució del poblament en l'àrea propera a Tarraco/Kesse.

7.1.4.5. Anàlisi d'agrupaments (cluster analysis)

Ja sabem que els plànols de punts són una forma de representar la localització de dades arqueològiques, ja siguin troballes ceràmiques, derelictes o assentaments. Entenem per agrupament aquells membres d'un grup que tenen una o diverses característiques que els fan més semblants entre ells que no pas a d'altres que tenen elements amb els quals no coincideixen.

L'anàlisi dels patrons de distribució de punts és una eina important per descriure, interpretar i explicar els fenòmens relacionats amb el poblament. L'agrupació de jaciments en una mateixa àrea pot ser resultat de diversos factors econòmics o administratius. Per tal de determinar quins i quants són aquests agrupaments hi ha diverses tècniques d'aproximació (per a una millor descripció dels mètodes vegeu Connolly i Lake 2006, 162-173; Shennan 2004, 216-264; Fletcher i Lock 2005, 140-144).

La més coneguda per la seva aplicació a l'arqueologia ha estat l'anomenada *hierarchical cluster analysis*, consistent a tenir en compte tots els ítems des d'un començament i llavors anar creant agrupacions entre els més semblants. Posteriorment es fa un procés d'agrupacions de grups similars. Tradicionalment aquestes agrupacions han estat anomenades dendrogrames.

Un mètode diferent, classificat dins de l'anomenada *partitioning clustering technique*, és el *k-means clustering analysis*. Quan el dendrograma tracta de reflectir més de 100 ítems, la interpretació del diagrama resulta complexa. El mètode, a partir del conjunt d'ítems i tot indicant el nombre d'agrupaments desitjat, agrupa ítems similars. Inicialment es creen uns centres de cada agrupament aleatoris i es calculen les similituds (distàncies) respecte a aquests centres. Una vegada assignats els agrupaments, es tornen a recalculer els centres de cada agrupament i, si un ítem està més proper a un centre d'un altre agrupament, és reassignat. Aquest procés iteratiu es repeteix fins que la diferència entre l'arrel quadrada de les distàncies d'una iteració i la immediatament següent és propera a zero.

Una variant del *k-means* es l'anàlisi d'agrupaments en dues fases (*two-step cluster analysis*), dissenyat per donar una ràpida distribució en agrupaments. El seu gran avantatge és que no cal indicar el nombre de grups inicial. L'algorisme cerca el nombre d'agrupaments òptim.

Nosaltres hem aplicat el *two-step cluster analysis* per establir una primera aproximació d'agrupaments de jaciments.

Aplicat als jaciments d'època ibèrica, el *two-step cluster analysis* proporciona tres grups i un grup d'*outliers*, com es veu a continuació (fig. 13):

Grup 1 (13.1): el Degotall, Camí de l'Horta, Plaça de Sant Andreu, Mas de Fau, el Vilar, els Garràfols, el Puigcabrer, Camí del Molí.

Grup 2 (13.2): Cova de la Moneda, Punta Corone-
ta, Cova C, Cova de l'Alzina, la Mussara.

Grup 3 (13.3): les Barqueres, Puig de Santa Anna, Barranc de l'Escorial, Enagás Posició 12, Plaça d'Isabel Besora, Mas de Don Felip, Molins Nous, la Timba del Castellot, Punta de la Cella, poblat de Barenys, Sitja de Riu Clar, Àrea d'Expectativa Arqueològica 327, Tossal de la Ganyada, Camí de les Comes, Barranc d'Aigües Verdes, Rescat de Baix, Nord del Cementiri de la Canonja.

Grup 4 (*outliers*, 13.4): Manous, Tarraco i el Codony. Representen un grup que respon a unes característiques d'ubicació diferents. Són tres jaciments situats al sud-oest i a l'altre costat del riu Francolí.

El mètode *two-step cluster analysis* identifica principalment dos grups (1 i 2) que responen a contextos geogràfics i naturals diferents però que de moment no queden resolts. En el proper apartat es fa un encreuament d'aquesta informació amb l'anàlisi de conques hidrogràfiques, en el qual podem trobar una explicació a aquesta distribució.

El resultat per a l'època imperial resulta aclaridor quant al poblament de l'*ager* (fig. 14). El *two-step cluster analysis* extreu fins a quatre grups, coincidents tres d'ells amb la restitució arquemorfològica de Tarraco I, II i III (vegeu Palet i Orenge en el volum 1 d'aquesta mateixa publicació). Recordem com el grup coincident amb l'àrea del cap de Salou (14.4) és el que ocupa l'àrea del cap de Salou i que devia patir un despoblament al llarg del segle I dC, en benefici molt probablement dels grups propers a Tarraco i a Puig de Santa Anna.

Aquests càlculs han estat fets amb el programa estadístic SPSS v.15.

7.1.4.6. Definició de conques hidrogràfiques

L'arqueologia també inclou informació referent a l'ús hidrològic del territori. Per exemple, és possible calcular les xarxes de drenatge d'una conca hidrogràfica i per tant determinar la relació entre aquestes i els jaciments de la rodalia immediata.

Una conca hidrogràfica capta la precipitació, la infiltra, l'emmagatzema i determina de quina manera aquesta aigua és alliberada del sistema. Una conca hidrogràfica és una regió de la superfície terrestre les aigües de la qual flueixen cap a un mateix punt comú o punt de tancament de la conca (anomenat *pour point*).

Alguns projectes de recerca, prenent com a base el model de conques hidrogràfiques, han plantejat la

possibilitat d'un funcionament com a espais de relació social i econòmica dins la idea territorial d'una àrea de captació de recursos, un *cost distance* o la delimitació d'un territori.

Aquesta línia d'estudi ja va ser emprada en el tractament de la tècnica del *cost distance* en el treball de reconstrucció del sistema dels territoris parroquials des de l'edat mitjana a la Turena, França (Chareille, Rodier i Zadora-Rio 2005; Zadora-Rio 2008). Una altra dada que es va fer servir fou el rol de la hidrografia en la delimitació i en la definició dels territoris comunals. Van aportar una dada fonamental: el 20 per cent dels límits comunals coincidien, en el territori de la Turena, amb algun element de la xarxa hidrogràfica.

Un altre treball interessant és el desenvolupat per Löwenborg (2007) sobre els *häräd* o *hundare* de Suècia, d'una existència iniciada com a mínim en el període víking, al 1000 dC. Aquestes unitats territorials, conegudes per documents de les darreries dels segles XIII i XIV, es dividien al seu torn en *skiplag* (la unitat que proporcionava un vaixell) i semblaven orientades a la defensa marítima. Els *hundare* formaven districtes judicials. En el seu estudi inicialment semblava que els jaciments estaven molt relacionats amb la xarxa hidrogràfica. Per aquesta raó l'autor va reconstruir el sistema d'àrees de captació d'aigües i també el d'àrees de drenatge (o *watershed*). Aquest finalment va trobar coincidències en bona part dels límits entre els diferents *hundares* documentats històricament i les conques naturals. L'autor suggeria que l'origen d'aquests *hundares* caldria trobar-lo al voltant de les regions naturals definides per la hidrografia.

Una altra font de coneixement sobre com les conques hidrogràfiques funcionaven en èpoques de què disposem de documentació històrica són els anomenats *ahupua* de les illes hawaianes (Earle 1978). Jeràrquicament les *ahupua* eren unitats administratives comunals inferiors dins d'una regió, anomenada *moku*, que podien englobar el control d'una illa sencera. Aquestes *ahupua* formaven regions naturals. A Hawaii, on el territori està dominat per rius i valls, els límits d'una *ahupua* estan determinats per la topografia, i cada un d'ells representa una vall o una conca de captació d'aigua. Cada *ahupua* era al seu torn dividida en *'ili*, en realitat terrenys propietat d'una família.

La definició de conques hidrogràfiques ha estat possible tot partint del DEM a 30 metres/píxel proporcionat per l'ICC. Aquest DEM ha estat corregit mitjançant la funció Fill d'ARCGIS, la qual permet extreure o omplir aquelles irregularitats del DEM per culpa de les quals, per exemple, perdriem la continuïtat d'un flux d'aigua. A continuació s'han aplicat funcions de càlcul d'acumulació de cabal (*flow accumulation*) i de direcció del cabal (*flow direction*). La

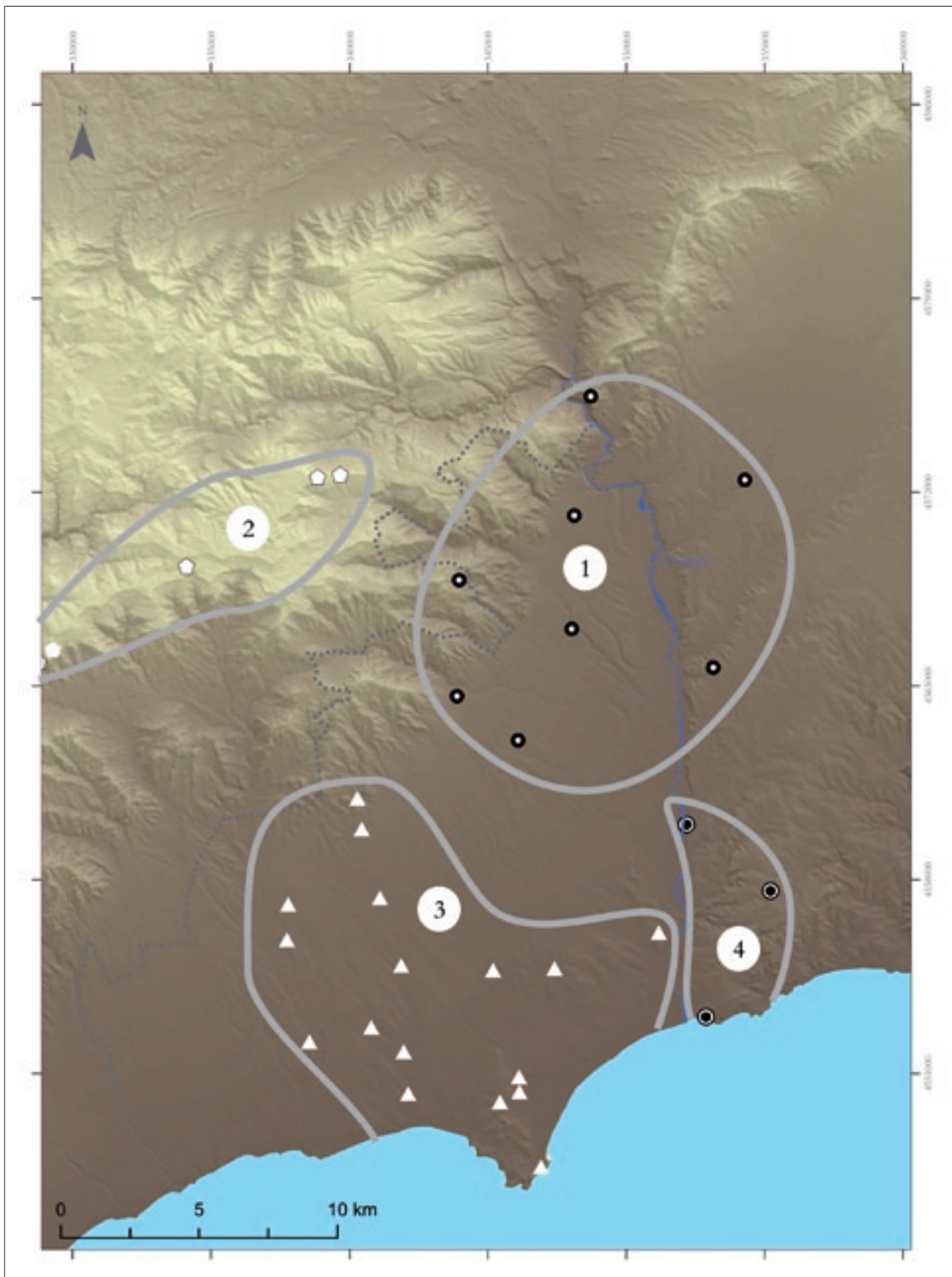


Figura 13. *Two-step cluster analysis*. Època ibèrica.

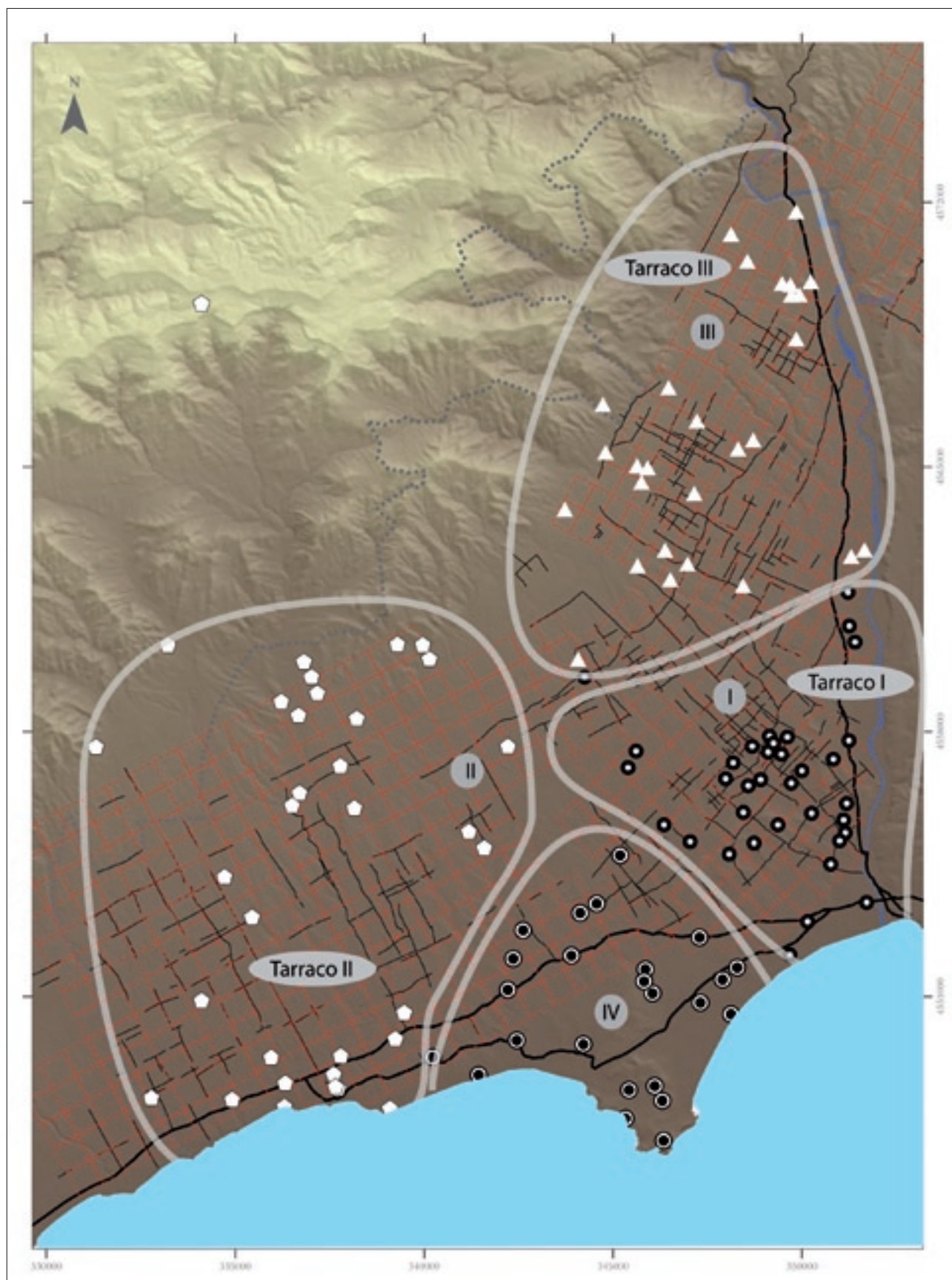


Figura 14. *Two-step cluster analysis*. Època altimperial.

primera calcula, per a cadascuna de les cel·les, la quantitat d'aigua que flueix dins de cada cel·la provinent de totes les cel·les que drenen cap a ella. D'aquesta manera podem conèixer la quantitat d'aigua que pot fluir des de l'inici d'un corrent d'aigua fins a la seva desembocadura al mar. La segona determina la direcció de moviment de l'aigua d'una cel·la respecte a les del seu voltant. Així, podem conèixer el recorregut que farà un corrent d'aigua des del seu naixement fins a la desembocadura.

Posteriorment s'ha aplicat l'àlgebra de mapes amb la finalitat de saber quines xarxes hidrogràfiques estan connectades i per tant formen conjunts independents. També s'ha calculat quins són els punts de tancament (*pour points*) d'una conca, és a dir, on es produeix l'arribada de l'aigua i per on ha de sortir de la conca. Aquestes dues informacions permeten fer el tancament de la conca hidrogràfica.

Podem veure el càlcul aplicat al període ibèric a la figura 15. Primerament podem observar una diferenciació natural entre les rieres del Baix Camp i la conca del Francolí, així anomenades pel Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.

De la primera podem destacar cinc conques formades per rieres, barrancs i torrents. Podem dir que els jaciments ibèrics semblen acomodar-se a aquest context hidrogràfic.

És el cas de la Timba del Castellot, Molins Nous i Mas de Don Felip, els quals semblen adaptar-se a la configuració de la conca definida per la riera de Riudoms. En canvi, el poblat de Puig de Santa Anna sembla estar a cavall entre dues conques (15.4 i 15.5), on la resta dels jaciments, dins de les dues àrees, s'organitzen entorn de rieres, torrents i barrancs. A més, una proposta semblant permetria la comunicació entre la costa i el poblat ibèric esmentat.

És evident que un factor important del poblament en aquest període va ser la cerca d'ubicacions properes a un subministrament hídric, però a la vista d'aquest estudi podríem dir que la seva distribució en el territori podria haver estat adaptada a la configuració de les conques hidrogràfiques.

Aquest sistema sembla no tenir solució de continuïtat al segle II aC (fig. 16), amb els inicis de la romanització. Veiem que l'organització entorn del sistema natural de les conques de les rieres del Baix Camp es manté. És el cas de la corresponent als poblats de Puig de Santa Anna, la Timba del Castellot, Mas de Don Felip i Punta de la Cella. Sembla, en un començament, que els nouvinguts van respectar aquestes configuracions del poblament i es van instal·lar de forma organitzada en una de les conques que gairebé no havia tingut ocupació durant el moment ibèric, la configurada pel barranc de la Selva (fig. 16.2), situada també a una distància entre els 2 i els 7 quilòmetres de Tarragona. Aquesta àrea devia estar relacionada amb la traça cen-

turiada de Tarraco I. La vil·la de Mas d'en Gras, que ja sembla tenir una ocupació al segle II aC, es devia situar en una conca no ocupada prèviament per cap jaciment ibèric.

Podem dir, vistes aquestes dades, que l'arribada dels romans al llarg del segle II aC no provocaria uns canvis traumàtics per a la població indígena, ja que no sembla modificar-se la configuració natural dels poblats, i fins i tot els que arriben s'adapten situant-se en un entorn no ocupat o mínimament ocupat prèviament, tot formant una estructura social que els identificava i definia en un entorn natural on es podien formar amb facilitat les xarxes de cohesió (vegeu l'apartat 6.5, sobre la visibilitat). El segle I aC no sembla alterar aquesta dinàmica (fig. 17).

Quant a la conca definida pel Francolí (fig. 18), no es produeixen tampoc grans variacions i els jaciments semblen ubicar-se propers a un aprovisionament hídric. En època ibèrica jaciments com Plaça de Sant Andreu i Camí de l'Horta, a la Selva del Camp (18.1), i més al nord Mas de Fau i el Degotall (18.3), devien funcionar al voltant dels seus barrancs i torrents corresponents.

Aquesta tònica es manté durant l'època republicana i en el segle I dC, de tal manera que podem definir quatre eixos hídrics en l'àrea central de l'ager *Tarraconensis* al voltant dels quals se situen els jaciments: el torrent de Cassans, la riera de la Selva, el riu Glorieta i el barranc de la Font Major. Tots quatre són dependents del Francolí i formen part de la seva conca. Aquesta configuració sembla tenir molta més força a l'hora de triar un lloc per a l'assentament que la implantació de la xarxa centuriada corresponent a Tarraco III (vegeu Palet i Orengo en el volum 1 d'aquesta obra). Es podria esperar que, a partir d'una xarxa centuriada, la distribució dels establiments rurals i les vil·les fos més uniforme, però la realitat és que el condicionant hídric va tenir molta més força. Una observació de la mateixa àrea durant tota l'època altimperial (fig. 19) confirma aquesta organització al voltant de les estructures hídriques en forma de quatre eixos principals.

Finalment, hem creuat les dades de l'estudi d'agrupaments en època ibèrica (vist a l'anterior apartat) amb els resultats de l'anàlisi de conques hidrogràfiques (fig. 20). Amb aquestes dades trobem que els dos grups diferents, resultat dels càlculs del *two-step cluster analysis*, responen en realitat a entorns naturals diferents. El grup 20.1 respon al conjunt de jaciments situats en la conca del Francolí, mentre que el 20.3 està format per aquells que són dins del mateix conjunt de conques hidrogràfiques de les rieres del Baix Camp. Sembla interessant el fet que a més hi ha un espai buit format per les conques del barranc de la Selva i el torrent de la Boella, un espai que com hem dit ocuparan els nouvinguts en el segle II aC.



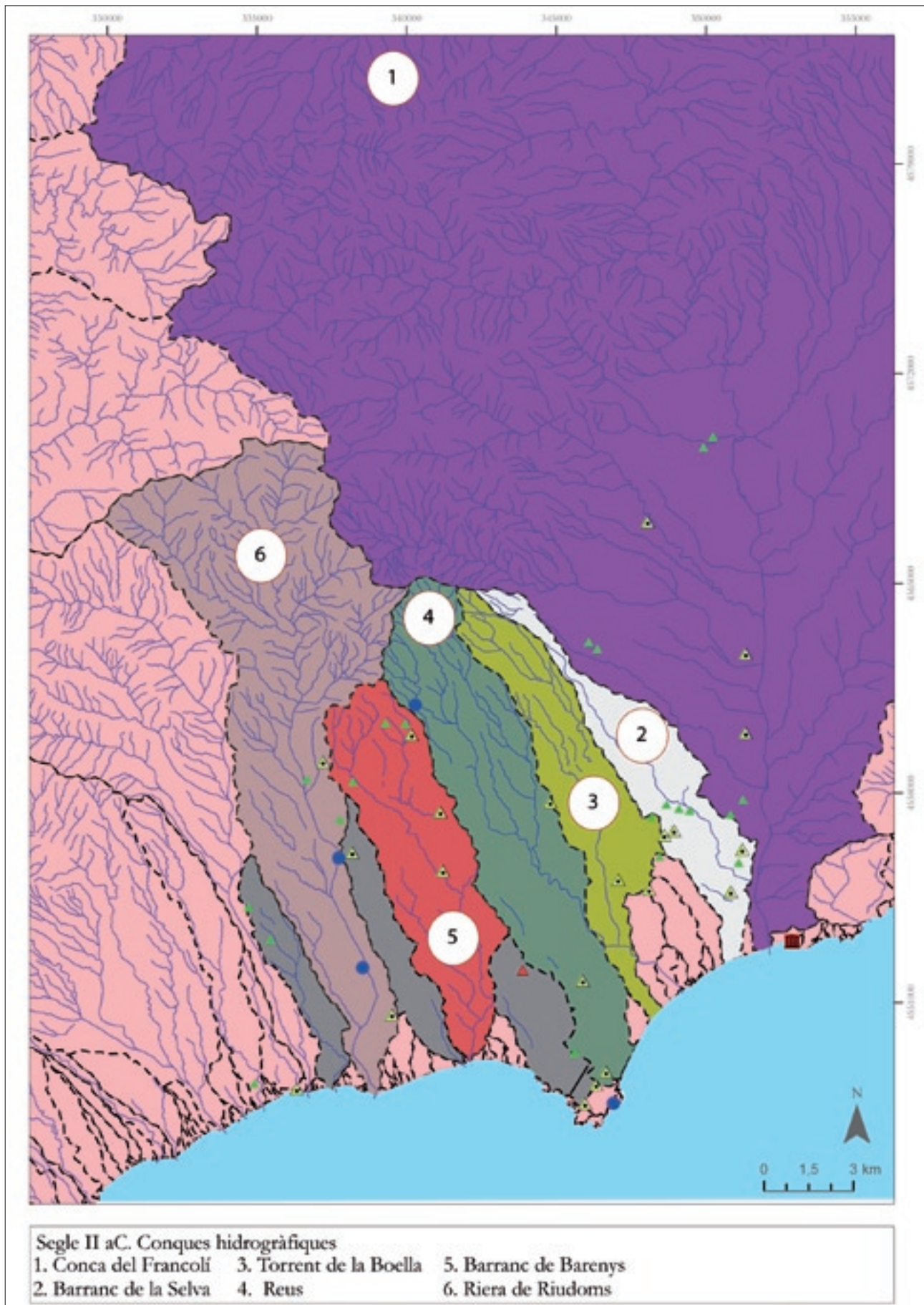


Figura 16. Anàlisi de conques hidrogràfiques. Segle II a.C.

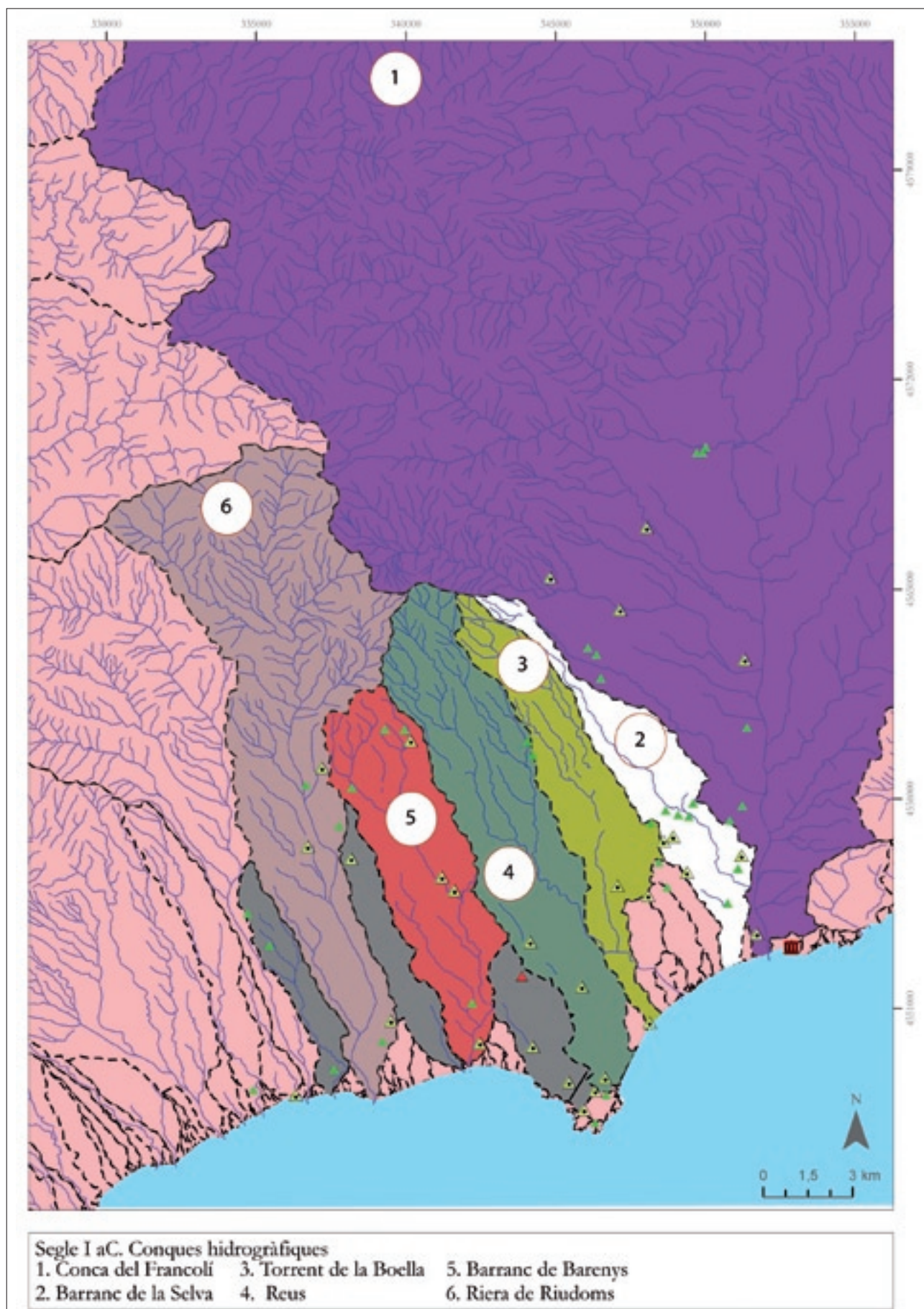


Figura 17. Anàlisi de conques hidrogràfiques. Segle I aC.

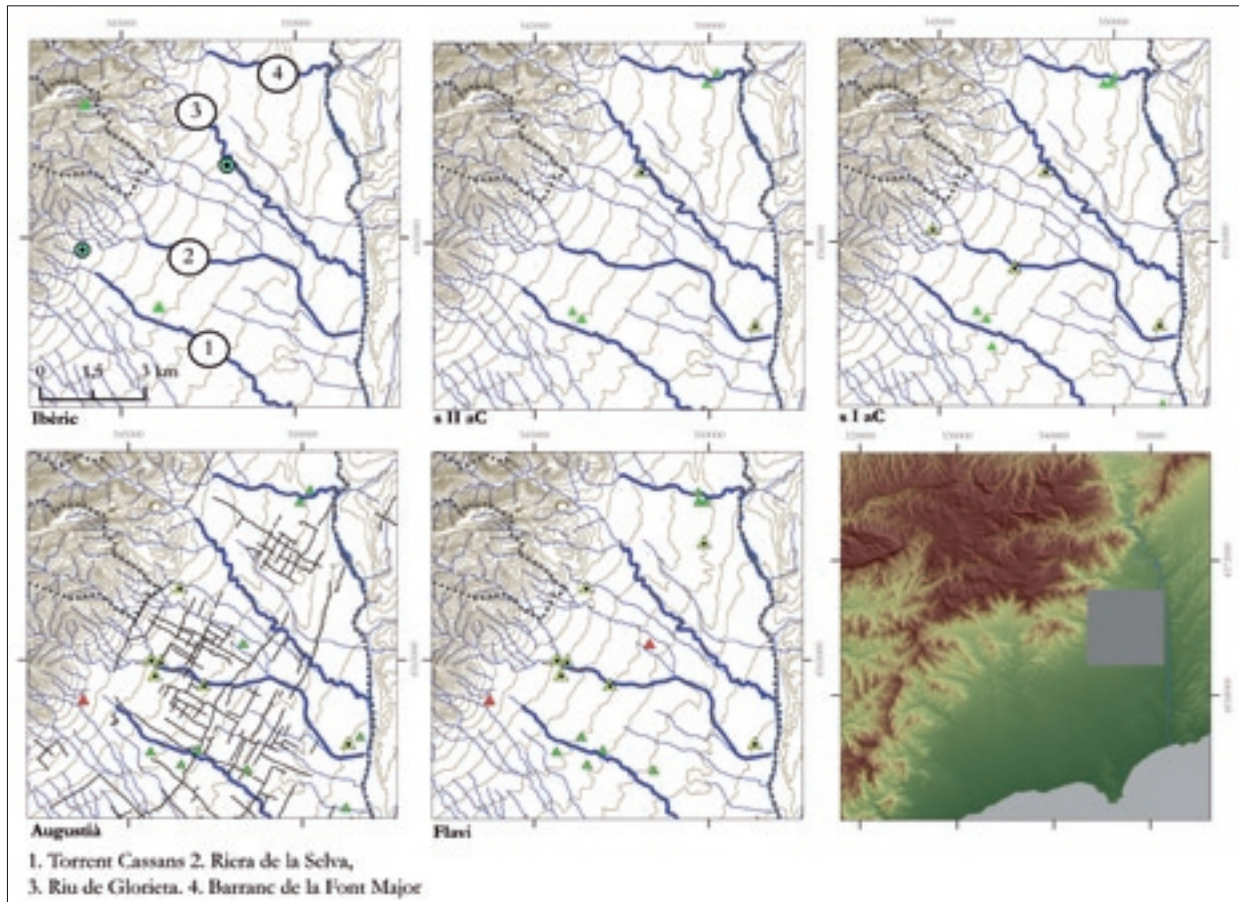


Figura 18. Els quatre eixos hídrics de la conca del Francolí. Evolució del poblament.

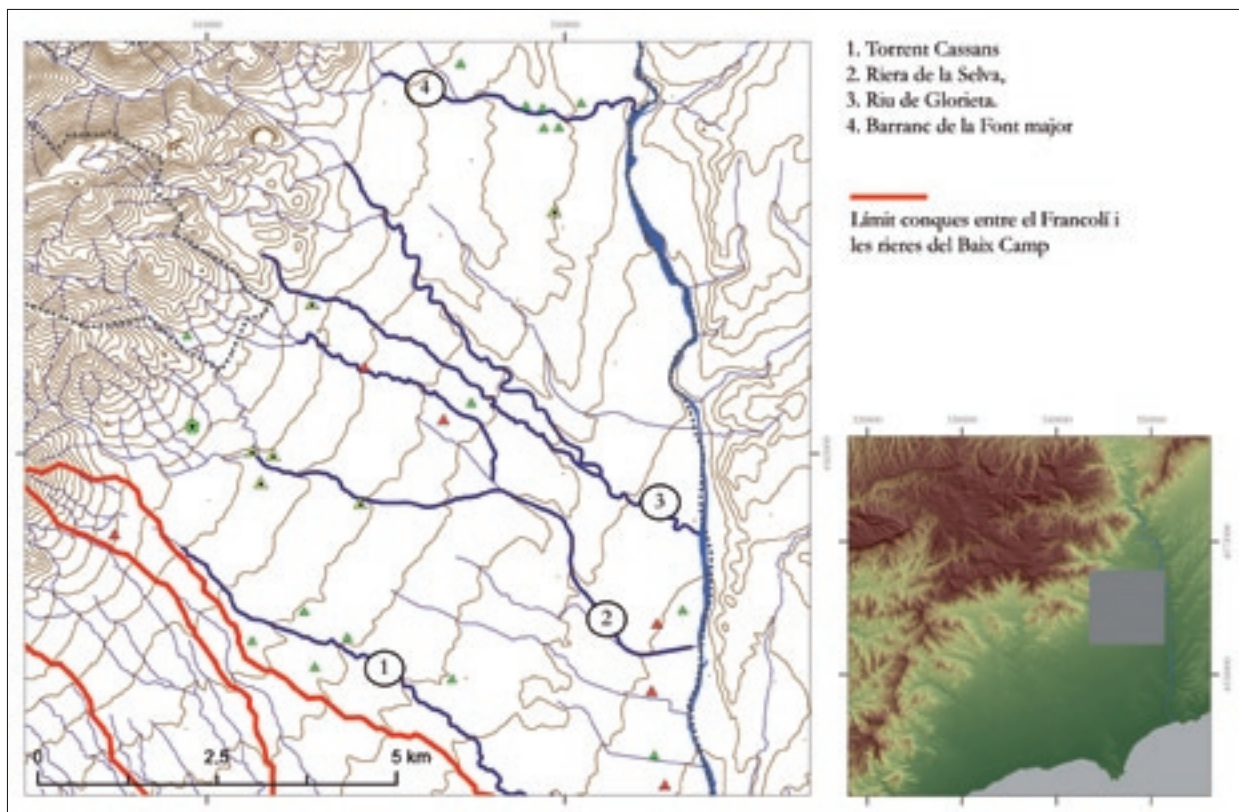


Figura 19. Els quatre eixos hídrics de la conca del Francolí. Època altimperial.

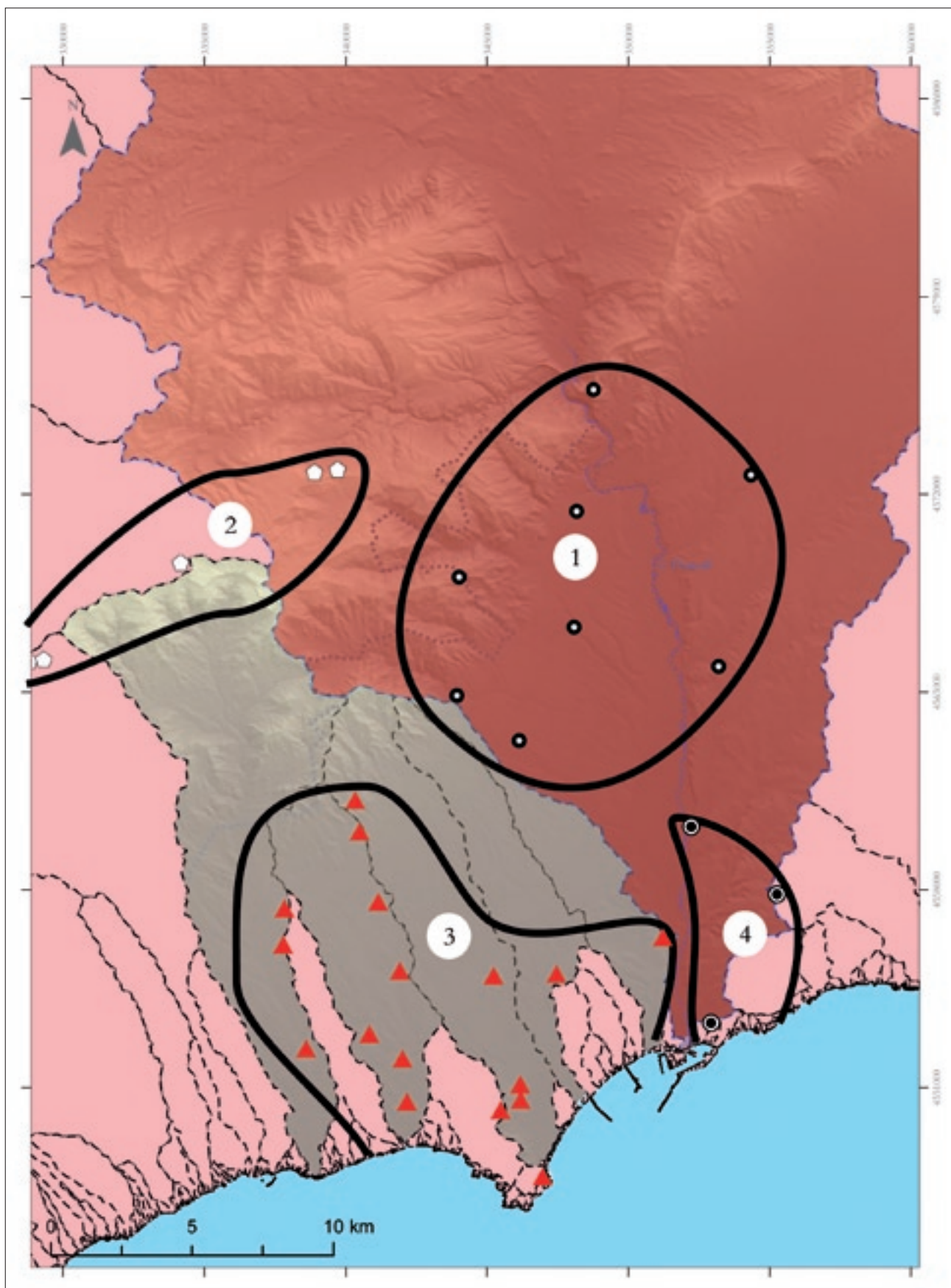


Figura 20. Jaciments ibèriques, *two-step cluster analysis* i conques hidrogràfiques.

Bibliografia

- ALLEN, K. M. S.; GREEN, S.; ZUBROW, E. B. W. (ed.) 1990: *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, Londres.
- ARDESIA, V. 2004: «The geographic information system of Pescara Valley and the Settlement Patterns in the II Millennium BC», a: NICOLUCCI, F.; HERMON, F. *Beyond the artifact. Digital interpretation of the past (Prato 13-17 April 2004). Proceedings of CAA 2004*, Budapest, 156-161.
- BATEN, D. C. 2007: «Least Cost Pathways, Exchange Routes, and Settlement Patterns in Late Prehistoric East-Central New Mexico», a: CLARK, J.; HAGEMMEISTER, E. (ed.) *Digital Discovery. Exploring new frontiers in human heritage. Proceedings of the 34th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. CAA, Fargo, United States (April 2006)*, Budapest, 167-174.
- BAXTER, M. J.; BEARDAH, C. C.; WRIGHT, R. V. S. 1995: «Some archaeological applications of kernel density estimates», *Journal of Archaeological Science* 24, 347-354.
- BELL, T.; WILSON, A.; WICKHAM, A. 2002: «Tracking the Samnites: Landscape and communications routes in the Sangro Valley (Italy)», *American Journal of Archaeology* 106, 170-186.
- BOCQUET-APPEL, J. P. et al. 2005: «Estimates of Upper Palaeolithic meta-population size in Europe from archaeological data», *Journal of Archaeological Science* 32-11, 1656-1668.
- CARANDINI, A. 2006: *Roma e Romolo. Dai rioni dei Quiriti alla città dei Romani (775/750-700/675)*, Torí, 506.
- CARRETÉ, J. M.; KEAY, S. J.; MILLETT, M. 1995: *A Roman Provincial Capital and its Hinterland. The Survey of the Territory of Tarragona, Spain, 1985-1990*, *Journal of Roman Archaeology*, Supplementary series 15.
- CLARKE, D. 1968: *Analytical Archaeology*, Londres.
- 1972: *Models in Archaeology*, Londres.
- CONOLLY, J.; LAKE, M. 2006: *Geographical information Systems in Archaeology*, Cambridge.
- CHAPA, T. et al. 1998: «Un programa de prospecciones arqueológicas para el valle del Guadiana Menor (Jaén)», *Arqueología Espacial* 24-25, 123-144.
- CHAREILLE, P.; RODIER, X.; ZADORA-RIO, E. 2005: «La construction des territoires paroissiaux en Touraine: modélisation à l'aide d'un SIG», a: BERGER, J. F. et al. *Temps et espaces de l'homme en société, analyses et modèles spatiaux en archéologie. XXV Rencontre internationale d'archéologie et d'histoire d'Antibes*, Antibol, 175-198.
- DE SILVA, M.; PIZZIOLO, G. 2001: «Setting up a Human Calibrated anisotropic cost surface for archaeological landscape investigation», a: STANČIĆ, Z.; VELJANOVSKI, T. (ed.) *Computing archaeology for understanding the past. Proceedings of the 28th conference (Ljubljana, April 2000)*, BAR 931, Oxford, 279-286.
- EARLE, T. 1978: «The economical and social organization of a complex chiefdom: The Halelea district, kauai, Hawaii», *Anthropological Papers* 63, Ann Arbor, University of Michigan.
- ERICSON, J.; GOLDSTEIN, R. 1980: «Work space: a new approach to the analysis of energy expenditure within site catchments», a: FINDLOW F. J.; ERICSON J. E. (ed.) *Catchment Analysis: essays on Prehistoric Resource Space*, Anthropology UCLA, 1980, 21-30.
- FIZ, I. 2008: «Simulando una vía de comunicación: el tramo de la vía romana entre el Coll de Panissars y Girona», *Revista d'Arqueologia de Ponent* 18, 203-215.
- FIZ, I.; ORENGO, H. A. 2008: «Simulating communication routes in Mediterranean alluvial plains», a: POSLUSCHNY, A.; LAMBERS, K.; HERZOG, I. (ed.) *Layers of perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. CAA, Berlin, Germany (April 2-6, 2007)*, Bonn, 316-320.
- FLETCHER, M.; LOCK, G. 2005: *Digging numbers. Elementary statistics for archaeologists*, Oxford.
- GARCIA SANJUÁN, L. 2005: *Introducción al reconocimiento y análisis arqueológico del territorio*, Barcelona.
- GAZNEY et al. 1996: «Spatial analyses on the island of Braç», *Archeologia e Calcolatori* 7*, 27-41.
- GRAU, I. 2004: «La construcción del paisaje ibérico: Aproximación SIG al territorio protohistórico de la Marina Alta», *Saguntum* 36, 61-75.
- 2006: «Transformaciones culturales y modelos espaciales. Aproximación SIG a los paisajes de la Romanización», a: GRAU MIRA, I. (ed.) *La aplicación de los SIG en Arqueología del Paisaje*, Universitat d'Alacant, Alacant, 211-226.
- GILLINGS, M.; SBONIAS, K. 1999: «Regional Survey and GIS: The Boeotia Project», a: GILLINGS, M.; MATTINGLY, D.; VAN DALEN, J. (ed.) *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology*, Oxbow, Oxford, 35-54.
- GORENFLO, L. J.; GALE, N. 1990: «Mapping regional settlement in information space», *Journal of Anthropology and Archaeology* 9, 240-274.
- GUITART, J.; PALET, J. M.; PREVOSTI, M. 2003: «La Cossetània oriental de l'època ibèrica a l'antiguitat tardana: ocupació i estructuració del territori», a: GUITART, J.; PALET, J. M.; PREVOSTI, M. (ed.): *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània oriental. Actes del Simposi Internacional d'Arqueologia del*

- Baix Penedès. *El Vendrell, 8-10 novembre 2001*, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Barcelona, 129-157.
- GUIART, J.; RUESTES, C. 2003: «Estudi del paisatge antic de la Cossetània Oriental. Una aplicació arqueològica del GIS Arcview», a: GUITART, J.; PALET, J. M.; PREVOSTI, M. (ed.) *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània Oriental. Actes del Simposi Internacional d'Arqueologia del Baix Penedès. El Vendrell, 8-10 novembre 2001*, Barcelona, 165-172.
- HARE, T. S. 2004: «Using measures of cost distance in the estimation of polity boundaries in the Postclassic Yauatepec valley, Mexico», *Journal of Archaeological Science* 31-6, 799-814.
- HARRIS, T. M. 1985: «GIS design for archaeological site information retrieval and predictive modeling», *Professional archaeology in Sussex: the next five years. Proceedings of a one day conference by Association of Field Archaeology*.
- HERZOG, I. 2010: «Theory and practice of cost functions», a: MELERO, F. J.; CANO, P.; REVELLES, J. (ed.) *Fusion of cultures, Abstracts of the XXXVIII annual conference on computer applications and quantitative methods in archaeology. CAA 2010 (Granada April 6-9, 2010)*, 431-434.
- HERZOG, I.; YÉPEZ, A. 2010: «Least Cost Kernel Density Estimation and Interpolation-Based Density Analysis applied to survey data», a: MELERO, F. J.; CANO, P.; REVELLES, J. (ed.) *Fusion of cultures, Abstracts of the XXXVIII annual conference on computer applications and quantitative methods in archaeology. CAA 2010 (Granada April 6-9, 2010)*, 447-450.
- JOHNSON, I.; WILSON, A. 2003: «Making the Most of Maps: Field Survey on the Island of Kythera», *Journal of GIS in Archaeology* 1, 79-89.
- KEAY, S.; EARL, G. 2007: «Structuring of the Provincial Landscape: The towns in central and western Baetica in their geographical context», a: CRUZ, G.; LE ROUX, P.; MORET, P. *La invención de una geografía de la Península Ibérica II. La época Imperial*, Màlaga-Madrid, 305-358.
- KVAMME, K. L. 1983: «Computer processing techniques for regional modelling of archaeological site locations», *Advances in Computer Archaeology* 1, 26-52.
- LADEFOGED, T.; PEARSON, R. 2000: «Fortified castles on Okynawa island during the Gusuku period. A.D. 1200-1600», *Antiquity* 74, 404-412.
- LÖWENBORG, D. 2007: «Watersheds as Method for reconstructing regions and territories in GIS», a: CLARK, J.; HAGEMEISTER, E. (ed.) *Digital Discovery. Exploring new frontiers in human heritage. Proceedings of the 34th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. CAA, Fargo, United States (April 2006)*, Budapest, 143-149.
- LOCK, G. (ed.) 2000: *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, NATO Science Series A: Life Sciences, IOS Press, Amsterdam.
- LOCK, G.; BELL, T.; LLOYD, J. 1999: «Towards a Methodology for Modelling Surface Survey Data: The Sangro Valley Project», a: GILLINGS, M.; MATTINGLY, D.; VAN DALEN, J. (ed.) *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology*, Oxbow, Oxford, 55-63.
- LOCK, G.; STANČIĆ, Z. (ed.) 1995: *The Impact of Geographic Information Systems on Archaeology: a European Perspective*, Nova York.
- PALET, J. M. 2003: «L'organització del paisatge agrari al Penedès i les centuriacions del territori de Tàrraco: estudi arqueomorfològic», a: GUITART, J.; PALET, J. M.; PREVOSTI, M. (ed.) *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània oriental, Actes del Simposi Internacional d'Arqueologia del Baix Penedès*, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Barcelona, 211-229.
- PERLÈS, C. 1999: «The distribution of "magoules" in Eastern Thessaly», a: HALSTEAD, P. (ed.) *Neolithic society in Greece*, Sheffield Studies in Aegean Archaeology, 42-56.
- PICAZO, J. 1998: «Estadística multivariante y análisis territoriales», *Citerior*, 29-75.
- RUIZ, G. 2004: «La prospección arqueológica de superficie en los inicios del siglo XXI», *Arqueología Espacial* 24-25, 17-31.
- RUGGLES, C. L. N.; CHURCH, R. L. 1996: «Spatial allocation in archaeology: an opportunity for re-evaluation an opportunity for reevaluation», a: MASCHNER, H. D. G. *New methods, old problems: Geographic Information Systems in modern research*, Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois University, Carbondale, 147-173.
- SAVAGE, S. H. 1990: «Modeling the Late Archaic social Landscape», a: ALLEN, K. M. S.; GREEN, S.; ZUBROW, E. B. W. (ed.) *Interpreting the space: GIS and Archaeology*, Londres, 330-335.
- SHENNAN, S. 2004: *Quantifying Archaeology*, Edimburg.
- ICC2010: «OrtoXpres. Explotació dels vols fotogramètrics. Documentació d'usuari», ICC, <<http://www.ortoxpres.cat/client/icc/DocumentacioUsuari.htm>> [Consulta: 15/05/2010].
- OGC 2010: «About OGC», Open Geospatial Consortium, <<http://www.ogc.org/>> [Actualitzat el 2010-05-15 06:17:05 EDT].
- PANDOLF, K. B.; GIVONI, P.; GOLDMAN, R. F. 1977: «Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly», *Journal of Applied Physiology* 43, 577-581.

- PARCERO, C. 2000: «Tres para dos. Las formas del poblamiento en la Edad del Hierro del Noroeste ibérico», *Trabajos de Prehistoria* 57(I), 15-95.
- 2002: *La construcción del paisaje social en la Edad del Hierro del noroeste ibérico*, Monografías Ortegalia 1, Santiago de Compostela.
- TORRES, C.; GUTIÉRREZ, L. M.; WIÑA, L.; LOZANO, G. 2004: «Investigación del poblamiento ibérico en la Campiña de Jaén. Empleo del GPS en la prospección arqueológica», *Arqueología Espacial* 24-25, 105-121.
- URIARTE, A. 2003: «Arqueología del paisaje y sistemas de información geográfica: Una aplicación en el estudio de las sociedades protohistóricas de la cuenca del Guadiana Menor (Andalucía oriental)», a: ESPARZA, A. (coord.) *Preactas del Encuentro de Jóvenes Investigadores. Bronce Final y Edad del Hierro en la Península Ibérica, Salamanca, 2003*, 519-537.
- VAN LEUSEN, M. 2000: «Pattern to process: Methodological investigations into the formation and interpretation of spatial patterns in archaeological landscapes», Universitat de Leiden, tesi doctoral.
- VERHAEGEN, P. et al. 1999: «Modelling prehistoric land use distribution in the Río Aguas Valley (SE Spain)», a: DINGWALL et al. (ed.) *Archaeology in the Age of the Internet CAA97. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, BAR International series 750, Oxford, 82.
- WANSLEEBEN, M. 1988: «Applications of geographical information Systems in archaeological research», a: RATHITZ, S. P. Q. (ed.) *Computer and quantitative methods in archaeology*, BAR International series, Oxford, 435-451.
- WHITLEY, T. G. 2010: «On the Frontier: Looking at Boundaries, Territoriality, and Social Distance with GIS», a: NICCOLUCCI, F.; HERMON, S. (ed.), *Beyond the artifact. Digital interpretation of the past, CAA 2004, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 32th Conference 2004 Meeting Prato, Italy*, 146-151.
- ZADORA-RIO, E. (dir.) 2008: *Des paroisses de Touraine aux communes d'Indre-et-Loire. La formation des terroirs*, FERACF, Tours.
- ZAKŠEK, K. et al. 2008: «Path modelling and settlement patterns», a: POSLUSCHNY, A.; AMBERS, K.; HERZOG, I. (ed.) *Layers of perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. CAA, Berlin, Germany (April 2-6, 2007)*, Bonn, 309-315.

7.2. La visibilitat com a estudi del poblament de l'ager Tarraconensis

Ignacio Fiz

7.2.1. La visibilitat: un patró sensorial quantificable

Podem recordar els llocs visitats al llarg de la nostra vida per una olor, la qualitat del so, la llum d'aquell dia, la tonalitat dels colors o el fred de la matinada. Però és ben cert que, de tots els estímuls sensorials, potser són les imatges gravades a la nostra retina les més impactants. La visibilitat, en alguns casos, és la clau que proporciona la resposta al perquè que un jaciment ocupi una determinada localització i no d'altres. Podem considerar, a més, les característiques visuals d'un jaciment per la seva posició en el marc del paisatge que l'envolta, en el qual té relació visual amb altres jaciments contemporanis o anteriors, o amb els components naturals en què s'integra (Wheatley i Gillings 2002a, 202).

Per definir el concepte de visibilitat Mar Zamora (Zamora 2006, 2) analitza l'accepció que fa la Real Academia de la Lengua Española d'aquest terme. El concepte es resumeix en una qualitat i en una distància per la qual es veu i/o es reconeix un determinat objecte. L'autora continua a partir d'aquí i ens diu que la visibilitat és el resultat de la relació establerta amb el medi ambient. Però no és un simple exercici de tenir un espai a l'abast en aquest sentit, sinó que és un element més dintre del possible procés racional de reconèixer i emetre emocions respecte a l'objecte o objectes identificats.

La visibilitat no es pot estudiar com un objecte material. No és una ceràmica, no és una escultura, no és un capitell ni és un túmul funerari. En canvi, és un fet la seva connexió amb el context cultural i els actors de la societat estudiada. En un paisatge, la ubicació d'un túmul funerari antic ens faria formular diverses preguntes: la seva situació és casual?, en el context en el qual es localitzava era visible?, produïa algun efecte emocional concret?, quines emocions podia despertar?

La visibilitat també ha estat utilitzada pels diferents corrents teòrics. Així l'arqueologia espacial es va preocupar per estudiar les relacions visuals provocades per la situació dels elements del paisatge (naturals o antròpics) que construïen els espais propis d'una societat. Així, les característiques d'aquestes relacions van ser estudiades en l'àmbit de l'estudi de l'economia i subsistència humana (Zamora 2006, 4).

Contràriament, el corrent postprocessualista, tot prenent els mètodes de l'arqueologia espacial, va incorporar aspectes simbòlics i cognitius. La tendència