# Models geogràfics, GIS i arqueologia

## El cas d'estudi del poblament prehistòric a la conca del riu Ripoll (Vallès, 5500-550 ane)

Maria Yubero Gómez
Xavier Rubio Campillo

SOCIETAT CATALANA D'ARQUEOLOGIA

Barcelona 2010

© de l'original: Maria Yubero Gómez i Xavier Rubio Campillo
© de l'edició: Societat Catalana d'Arqueologia
C/ València, 225, àtic 3a - 08007 Barcelona
Reservats tots els drets de reproducció.
Imprimeix: Service Point
Dipòsit legal: B.42335-2010
ISBN: 978-84-934796-7-1
Imprès a Espanya/Printed in Spain

# Sumari

*Agraïments* . . . . . 5

**1.** Introducció . . . . . 7
1.1. Hipòtesis de treball i objectius . . . . . 9
1.2. Estructura . . . . . 12

**2.** Models i Arqueologia . . . . . 15
2.1. Què és un model? . . . . . 15
2.2. Tipus de models . . . . . 18
2.2.1. Models verbals i analogies mecàniques . . . . . 18
2.2.2. Models finits . . . . . 18
2.2.3. Subconjunts difusos . . . . . 19
2.2.4. Models estadístics . . . . . 19
2.2.5. Equacions diferencials . . . . . 20
2.2.6. Models lògics . . . . . 20
2.3. La modelització com a metodologia . . . . . 21
2.4. L'aplicació de models en Ciències Socials i Humanitats . . . . . 24

**3.** Sistemes d'Informació Geogràfica . . . . . 29
3.1. Què és un GIS? . . . . . 29
3.2. Breu Història dels Sistemes d'Informació Geogràfica . . . . . 31
3.3. Estructura . . . . . 34
3.4. Elements de representació geogràfica . . . . . 35
3.5. Dades i atributs . . . . . 38
3.6. Les bases de dades espacials . . . . . 40
3.7. El GIS al servei del model . . . . . 42
3.8. Tipus de dades . . . . . 44
3.8.1. La millor opció: ràster o vector? . . . . . 47
3.8.2. El Model Digital d'Elevació del Terreny . . . . . 48

**4.** GIS i Arqueologia . . . . . 51
4.1. L'ús de models geogràfics en arqueologia . . . . . 51
4.2. Els GIS i la teoria arqueològica . . . . . 54

**5.** Anàlisi espacial . . . . . 63
5.1. Consultes . . . . . 64
5.2. Mesures . . . . . 66
5.3. Generació de noves dades . . . . . 67
5.4. Resums descriptius i geoestadística . . . . . 70
5.5. Dades generades a partir del DEM . . . . . 71
5.6. Rutes òptimes i accessibilitat . . . . . 73
5.7. Contrastació d'hipòtesis . . . . . 75

**6.** El poblament durant la prehistòria recent a la conca del riu Ripoll (Vallès Occidental) . . . . . 77
6.1. Antecedents . . . . . 78
6.2. Estudis de poblament prehistòric i modelització geogràfica . . . . . 83
6.3. Fonts de dades i recursos emprats . . . . . 89
6.3.1. Fonts de dades generals . . . . . 89
6.3.2. Fonts de dades arqueològiques . . . . . 91
6.3.3. Programari utilitzat . . . . . 94
6.4. Característiques geogràfiques, geològiques i paleocològiques de la conca del riu Ripoll . . . . . 98
6.4.1 El context geogràfic i geològic . . . . . 99
6.5. Disseny i model de la base de dades . . . . . 103
6.6. Jaciments estudiats . . . . . 110
6.7. Anàlisi espacial . . . . . 112
6.7.1. Aplicació del mètode Monte-Carlo . . . . . 112
6.7.2. Anàlisi per cronologies . . . . . 116
6.7.3. Línies de visió i accessibilitat . . . . . 121
6.8. Un estudi concret: el megalitisme . . . . . 126
6.8.1. Hàbitats, estructures d'emmagatzematge i contextos funeraris 131

**7.** Conclusions . . . . . 137

**8.** Bibliografia . . . . . 143

*Annex I.* Taula de Materials . . . . . 151

*Annex II.* Cartografia de les cronologies estudiades . . . . . 153

*Annex III.* Codi desenvolupat . . . . . 158

*Annex IV.* Anàlisi segons cronologia . . . . . 161

# Agraïments

Aquest treball no hauria estat possible sense l'ajuda, d'una o altra manera, de moltes persones. En primer lloc, volem donar les gràcies a Javier López Cachero, que sempre hi ha estat per a qualsevol cosa o dubte que poguéssim necessitar. Sense el seu suport aquest treball no es podria haver dut a terme.

En segon lloc, també volem manifestar el nostre agraïment a tots aquells professors/es i investigadors/es del Departament de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia i del Departament de Didàctica de les Ciències Socials que ens han animat a començar la nostra recerca, com M. Àngels Petit, Xavier Mangado, David Garcia i Rubert, Jaume Buxeda, Mercè Bergadà, Mireia Pedro, Xavi Oms, Joan Santacana, F. Xavier Hernàndez, Maria Feliu, Carolina Martín, David Iñíguez, Laia Coma, Victòria Lòpez, Víctor Revilla, Marta Portillo, Daniel Gomà i Bernardo Rondelli, entre d'altres. De fet, voldríem donar les gràcies a tots els membres del SERP, ja que aquest treball s'inclou dins del projecte dirigit per J. M. Fullola HAR2008-00103 del Ministeri d'Educació i Ciència. També mereixen una especial atenció aquells arqueòlegs que ens han facilitat els seus treballs i les seves memòries amablement, com Noemí Terrats, Mónica Oliva, Raúl Balsera o Carles Velasco.

A l'últim, però no per això menys important, volem agrair a tots els companys i amics del departament, de planta, i de l'arqueologia en general el seu suport i els moments de *prehistèria* viscuts. Així doncs, i esperem no deixar-nos ningú, volem donar les gràcies a Cristina P. Barrachina, Marta Mateu, Laia Font, Mayca Rojo, Carme Muntaner,

Núria Rodríguez, Maria Pastor, Tomeu Vallori, Fernanda Insierra, Eduard Ble, Tània Martínez, Juanjo, Magalí Lladó, Manuel Sánchez-Elipe, M. Àngels Pujol i Andrea Villar. I no podríem acabar aquest text sense donar les gràcies també a les nostres respectives famílies pels seus ànims i el seu suport durant l'elaboració d'aquest treball.

# Introducció

L'ús de sistemes d'informació geogràfica ha tingut, des del final del segle passat, una forta expansió dins del món de la recerca arqueològica. És un fet natural, tenint en compte que la major part de la informació generada per una excavació porta implícita unes característiques espacials que tenen un potencial enorme per a la tasca interpretativa de l'arqueòleg. En aquest sentit, no tan sols són importants les coordenades geogràfiques en les quals s'han trobat els diversos materials, sinó també la relació espacial entre ells.

Malgrat tot, la integració d'un sistema d'aquestes característiques com a eina al servei de l'arqueòleg no és una feina trivial, degut al seu caràcter pluridisciplinari. Calen coneixements avançats d'informàtica i de geografia, a banda dels arqueològics, per a fer-lo servir de manera efectiva. A més a més, i trobant-nos dins d'un entorn científic, l'ús de qualsevol eina ha de venir avalat per una metodologia rigorosa i sistemàtica que ens permeti integrar aquesta feina en la resta de tasques. És en aquest punt on hi ha actualment més mancances quant a l'aplicació de sistemes d'informació geogràfica a l'arqueologia. L'atracció d'una eina informàtica tan potent desemboca sovint en un ús poc meditat del programari, sense que s'hagi plantejat abans com encaixa dins la teoria arqueològica.

La intenció de la nostra recerca, doncs, és doble. Per una banda, mostrar una possible via per a integrar l'ús de sistemes d'informació geogràfica en l'arqueologia, a partir de la definició de models geogràfics que permetin a l'investigador combinar tota la informació rellevant per a un projecte de recerca concret.

Per l'altra, pretenem mostrar l'aplicació d'aquesta metodologia a partir d'un cas d'estudi particularment interessant. Així, el propòsit del cas és estudiar els diversos patrons de poblament que trobem a l'àrea compresa per les conques del riu Ripoll i la riera de Caldes. Creiem que es tracta d'una tasca molt necessària, ja que tot i que aquesta zona ha estat objecte d'estudi de molts investigadors, mai no s'ha fet un treball de conjunt que faci servir totes les dades conegudes en els últims vint anys. Això és degut, en part, al fet que en aquestes dues dècades s'han dut a terme importants reformes urbanístiques a la zona, que han provocat grans remocions de terra i hi han deixat a la vista material arqueològic. Aquests processos de construcció massiva i antropització del paisatge, han provocat, doncs, que s'excavessin nombrosos jaciments i es generés una gran quantitat de dades de caràcter arqueològic. No en tots els casos aquesta informació ha estat publicada i ha quedat només la memòria de la intervenció arqueològica per a la seva consulta; bona part dels jaciments ha estat destruïda després d'excavar-los. Tot això ha anat en detriment de la recerca, ja que no és fàcil accedir a aquestes informacions; a més a més, aquests jaciments no es conserven i no se'n poden contrastar les dades.

D'altra banda, una altra problemàtica que s'ha de tenir present és que tant l'orografia del territori com l'entorn paleoambiental on s'ubica el riu Ripoll i els seus afluents ha variat molt en els darrers 7.000 anys. També cal remarcar que en la darrera meitat del segle XX aquesta zona ha estat fortament urbanitzada i antropitzada, fet que esbiaixa la qualitat del registre arqueològic de què disposem. Per tant, en el moment de proposar un model adient per a estudiar els jaciments, cal tenir en compte que les dades referents als paleoambients dels assentaments i al model d'elevació del terreny que actualment utilitzem no escau exactament al paisatge prehistòric. En part, aquesta mancança de dades paleoambientals està molt relacionada amb les intervencions preventives, ja que només en una part és realitzen analítiques concretes d'antracologia, fauna, carpologia, palinologia, fitòlits… I, donat el cas que n'hi hagi, cal tenir en compte que només responen a l'assentament o l'estructura en concret i a unes pràctiques i cronologies molt específiques. Per tant, en cap cas no són representatives de la totalitat del paisatge antic. Per aquest motiu hem optat per no fer servir aquestes dades en un primer moment, tot i que al

llarg del treball es plantegen aproximacions per a integrar-les en futures vies de recerca.

Tot i aquestes qüestions, la zona d'estudi que proposem és un cas idoni per a proposar un model de poblament durant la prehistòria recent. Per una banda, disposem d'un conjunt de dades molt representatives de contextos neolítics (cardial, epicardial, antic evolucionat, mitjà i final), calcolítics, bronze (antic i final) i primer ferro. D'altra banda, la conca del riu Ripoll és una zona d'estudi on hi ha una orografia molt variada amb una plana al·luvial important, el massís del Montseny al nord i la Serralada Litoral al sud-sud-est. Aquests contrastos permeten plantejar un model de poblament més ric i complex des del punt de vista arqueològic que no pas l'estudi d'una zona geogràficament homogènia. L'altre punt important a tenir en compte és el paper que hi té la conca del riu Besòs i, en conseqüència, l'espai entre el riu Ripoll i la riera de Caldes. És un dels trams de la via tradicional de comunicacions terrestres més important entre el nord i el sud de l'actual territori català, però també ben útil per a desplaçar-se des de la costa a l'interior del país. De la mateixa manera, és lògic pensar que els recursos lítics i metal·lúrgics de la zona, entre d'altres, hi van tenir un paper important, ja que segurament serien aprofitats per les comunitats prehistòriques.

Per tot plegat creiem que la nostra zona triada és un lloc idoni on realitzar una aproximació al poblament durant la prehistòria recent.

## 1.1. Hipòtesis de treball i objectius

Per dur a terme la recerca a la nostra zona d'estudi, l'espai entre el riu Ripoll i la riera de Caldes, hem partit d'una sèrie d'hipòtesis de treball preestablertes pels investigadors que han estudiat la prehistòria recent a la zona del Vallès. D'altra banda, també hem plantejat altres qüestions que considerem importants com ara l'accessibilitat als recursos, la proximitat a les xarxes hidrogràfiques i els possibles emplaçaments estratègics, entre d'altres.

D'aquesta manera, i a grans trets, les nostres hipòtesis de treball són les següents:

— Els models geogràfics són una aproximació metodològica adient per a estudis arqueològics a escala meso i macro.
— Hi ha diversos patrons de poblament al llarg de la prehistòria recent. Plantegem que, tot i que hi ha una reiterada reocupació dels assentaments en alguns moments determinats, possiblement es puguin detectar certs patrons d'ocupació del territori depenent de la cronologia.
— En relació amb el punt anterior, creiem que un factor important en l'ocupació del territori és l'accessibilitat a determinats recursos i el marc cultural d'aquestes societats, que en darrer terme és el que marca l'antropització del paisatge. Així doncs, seria interessant realitzar una aproximació a la interacció d'aquestes comunitats amb el medi ambient.
— Es planteja l'accés als recursos hídrics com a element vital per a l'establiment de les comunitats. L'aigua és un dels motius més importants per a situar assentaments, per bé que no n'és l'únic.

En relació amb els models de poblament, cal detallar millor quines són les teories que s'han anat proposant al llarg de les últimes dècades. Les hipòtesis que plantegen alguns investigadors (Martín, 1992) manifesten que el control del territori i dels recursos potencials podria articular-se entorn de petites cèl·lules integrades per assentaments nuclears, ubicats en grans coves o a l'aire lliure, i hàbitats relativament fixos i de caire més temporal. Altres propostes (Ribé, 1999: 307-314) suggereixen que hi ha patrons d'ocupació diferenciats segons les activitats de subsistència i les econòmiques que ocupen un determinat espai. El tipus d'assentament (cova o hàbitat a l'aire lliure), igual que la morfologia de les estructures documentades, podria relacionar-se amb pràctiques de caire ramader o bé amb un desenvolupament de l'agricultura. Aquestes propostes s'han fet per al poblament neolític i calcolític del Vallès, tot i que segurament alguns trets podrien fer-se extensibles a d'altres cronologies.

Pel que fa a l'edat del bronze i al primer ferro, altres treballs (Carlús & Terrats, 2003) proposen que l'ocupació territorial estaria constituïda per petits assentaments, simultanis o successius, destinats a cobrir les necessitats subsistencials dels grups. La major part d'estructures documentades en aquests llogarets està relacionada amb les activitats de

manteniment i amb la conservació dels productes agrícoles, a llarg (sitges) o a curt termini (cubetes). A més d'aquestes estructures, n'hi ha d'altres com «grans retalls» excavats al subsòl que podrien correspondre a llocs d'hàbitat, ja que podrien haver estat algun tipus de cabanes cobertes. En el cas del bronze inicial, aquestes construccions comparteixen espai amb estructures d'enterrament.

Així doncs, podem agrupar els objectius de la recerca que ens plantegem, tenint en compte les hipòtesis anteriors, en dos grans conjunts: per una banda, l'aproximació al model de poblament prehistòric; per l'altra, i no menys important, el desenvolupament d'una metodologia flexible, integradora i eficaç que ens permeti treure el màxim rendiment de les dades de què disposem.

Igual que hem fet amb les hipòtesis, a continuació exposem els objectius de la nostra recerca de manera més detallada:

— Plantejar un model geogràfic útil per a realitzar una aproximació al poblament durant la prehistòria recent. Aquest és l'objectiu més ambiciós que plantegem, però només amb una anàlisi acurada de les dades que tenim podrem arribar a establir algun tipus de model poblacional. Tenint en compte que partim d'un registre esbiaixat, hem d'elaborar un model amb les informacions disponibles, de manera que puguem fer una aproximació al més fiable possible.

— Fins ara, les anàlisis de poblament al nostre territori d'estudi havien estat molt simples. Només s'havien fet recomptes de jaciments i la seva visualització en un mapa. Nosaltres plantegem que, més enllà d'aquest fet, l'aplicació de certs algoritmes i la creació d'un model geogràfic definit per a les nostres necessitats ens poden permetre aproximar-nos a l'accessibilitat dels assentaments, la visibilitat acumulada que presenten i la seva comunicació amb les comunitats properes. Partint d'aquestes anàlisis, volem fer una recerca més acurada de les estructures de poblament a la prehistòria recent i analitzar més a fons les afirmacions de facto que es reiteren en publicacions i que no s'han comprovat ni estudiat amb anàlisi espacial.

— Aplicar les tècniques de l'arqueologia del paisatge a determinats punts de la nostra zona d'estudi per a poder detectar nous jaciments o confirmar la desaparició d'altres. Com a línies futures, considerem que

serà molt important georeferenciar correctament assentaments localitzats fa molt de temps i, fins i tot, plantejar la realització d'una reconstrucció del paisatge antic.

— Adaptar la metodologia a les peculiaritats de les dades i del cas d'estudi. És a dir, tenint en compte el nostre registre, volem desenvolupar una metodologia que ens permeti aproximar-nos als patrons de poblament prehistòrics sense caure en apriorismes. Hi ha estudis[1] potents pel que fa a contextos de prehistòria recent, que podran servir-nos d'exemple, tot i que no s'acabin d'adir al nostre registre.

— Un darrer objectiu serà validar la potència integradora i analítica dels sistemes d'informació geogràfica en contextos arqueològics com el nostre, compost per zones on és molt complicat accedir als jaciments arqueològics a estudiar, perquè ja no existeixen, però on n'hi ha dades. En aquest sentit, creiem que la utilització d'eines com els GIS pot ser una bona opció per a la recerca, la catalogació i la difusió d'aquest patrimoni.

### 1.2. Estructura

Tot seguit farem un petit recorregut pels capítols que integren aquest treball i el seu contingut; els descriurem breument i incidirem en els seus elements principals.

El capítol següent, anomenat «Models i arqueologia», planteja la utilitat del concepte de modelització dins les ciències socials i humanitats, i en concret dins l'arqueologia.

Els tres capítols posteriors plantegen la creació de models geogràfics a través de l'ús de sistemes d'informació geogràfica. Aquests han estat una eina fonamental per a desenvolupar aquest treball; per aquest motiu hem dedicat aquests apartats a fer una síntesi dels seus orígens, el seu desenvolupament, els seus components, quines són les seves aplicacions i els seus usos, i el seu paper dins la teoria arqueològica. Creiem que els capítols són necessaris per a comprendre la dimensió d'aquesta aplicació, entendre els resultats de la nostra recerca i integrar aquesta eina dins d'un

1. Ens referim a treballs com els de Leonardo García Sanjuán, David Wheatley, Patricia Murrieta i Joaquín Márquez (2009) sobre anàlisi espacial i GIS en contextos de la prehistòria recent al sud de la península Ibèrica.

context teòric i metodològic adient a l'arqueologia. Addicionalment, examinem les capacitats d'aquestes aplicacions més enllà de la visualització de les dades cartogràfiques, tot presentant les capacitats d'anàlisi espacial que poden ser útils per a l'arqueòleg.

El següent capítol està dedicat al cas d'estudi. La primera part situa el marc de treball de la recerca, tot definint-ne l'àrea d'estudi i les seves característiques. A continuació descrivim les eines i els recursos que hem emprat per a elaborar el model geogràfic. Finalment, exposem mitjançant mapes i gràfiques el procés i els resultats del cas d'estudi. Així, en aquest capítol es procedeix a aplicar la metodologia establerta abans, tot creant un model geogràfic i analitzant-lo des de múltiples punts de vista per a intentar validar les hipòtesis de partida.

A l'últim, el darrer capítol està dedicat a les conclusions del treball. En aquestes pàgines exposem els fruïts de la recerca, tot plantejant les diverses problemàtiques amb què ens hi hem trobat i les línies de recerca futures. En darrer terme hi ha la bibliografia, on es presenta un panorama de publicacions al més complet possible, tant de temes pròpiament de prehistòria recent com de GIS i les seves aplicacions, amb els annexos amb informació addicional a disposició del lector.

# 2. Models i Arqueologia

En aquest capítol definirem el concepte de modelització, així com els motius pels quals pot ser una eina de treball rellevant dins la recerca en arqueologia, i més concretament en relació amb l'estudi del territori.

## 2.1. Què és un model?

Un model és tot aquell concepte, relació o objecte que s'utilitza per a representar i estudiar de manera simple i comprensible una porció de la realitat empírica. Quan substituïm un concepte per una paraula estem fent servir un model, com quan consultem l'hora en un rellotge, que és un model del moviment de la Terra sobre el seu propi eix. L'ésser humà, doncs, defineix i usa de manera quotidiana una gran multiplicitat de models, ja que és una tècnica útil per a obtenir coneixement que permeti explicar la realitat que l'envolta.

De fet, la modelització (sigui física, matemàtica, geogràfica…) dels fenòmens que ens envolten rau a la base de tota la història del coneixement humà i és el pilar que en concret permet la investigació científica, així com la seva aplicació mitjançant les disciplines tècniques més diverses: arquitectura, enginyeria, informàtica, etc.

En molts casos, els models més útils són els matemàtics, perquè permeten crear una imatge útil del nostre entorn i, expressats com a formulacions matemàtiques, tenen tots els avantatges d'aquest llenguatge per a establir relacions entre els elements del model i fer càlculs amb ells.

Així doncs, som capaços de definir un model de qualsevol element que ens envolti i hi podem definir —per exemple, a través de les matemàtiques— el principi de causa i conseqüència que dóna sentit al nostre món (donada una situació de partida i unes regles, podem saber què passarà). Per tant, seria possible predir allò que passarà en el futur, en el cas que aconseguim definir un model suficientment encertat?

La resposta a aquesta pregunta, malauradament, és negativa,[2] però de totes maneres l'ésser humà ha descobert que un model prou acurat i complex pot ser enormement útil, tot i les seves necessàries simplificacions. Només cal parar-se a pensar en un plànol d'arquitectura, els túnels de vent emprats en la construcció de cotxes o les recreacions virtuals fetes servir en medicina per tal d'entendre que, tot i no ser una representació perfecta de la realitat, continuen sent fonamentals en les seves tasques respectives.

En concret, la modelització matemàtica és un procés mental que es basa a convertir un problema opac de la realitat en un problema clarificat a través del llenguatge matemàtic, de tal manera que, resolent aquest problema simplificat, en puguem aconseguir la solució o, si més no, una bona aproximació (Ríos, 1995: 17). Així, la formulació d'un model matemàtic és un conjunt complet i consistent d'equacions matemàtiques pensades per a correspondre a una altra entitat; és a dir, el seu prototipus (Aris, 1978: 1). Aquest prototipus, d'altra banda, pot ser de qualsevol àmbit: físic, químic, social, geogràfic, etc.

L'ús de models matemàtics, iniciat al segle XVIII i confirmat com a sistema de coneixement a partir del segle XX, implica un canvi conceptual radical quant a la manera de concebre el món, ja que es passa d'intentar assolir el coneixement sobre com funciona la realitat a intentar definir un model matemàtic que l'expliqui de manera convincent, sense entrar en el debat de si aquesta realitat és matemàtica o no ho és.

Una conseqüència important d'aquesta discussió teòrica és el fet que poden conviure models que siguin contradictoris entre si. Mentre cadascun sigui útil per a analitzar i entendre una part del món real, no serà un

2. Podríem esmentar, entre d'altres motius, el principi d'incertesa de Heisenberg, així com l'enorme complexitat inherent a tot allò que ens envolta, impossible d'integrar en un model.

problema important que donin aproximacions diferents dels mateixos fenòmens. Així, per exemple, actualment la llum s'explica mitjançant dos models diferenciats: la teoria corpuscular i l'ondulatòria. Paradoxalment, són dos models clarament incompatibles, ja que, si la llum és una ona, no pot estar composta de partícules, i viceversa. Malgrat tot, són teories que es fan servir en casos diversos, en què demostren la seva validesa per a explicar el comportament d'aquest fenomen físic.[3]

És un fet que aquesta modalitat de gestió del coneixement s'ha anat imposant els últims segles de manera general en la gran majoria de camps científics, ja que, a banda de permetre entendre la realitat, un model matemàtic donat es pot anar millorant i refinant a mesura que obtenim dades noves que afegeixin al seu torn nous interrogants. Quan això passa, el model esdevé obsolet i els científics intenten buscar-ne un de nou que, prenent com a base el coneixement ja adquirit anteriorment, permeti respondre les noves preguntes.

A tall d'exemple, les tres lleis newtonianes que definien la interacció entre els diversos objectes de l'univers són hereves dels treballs iniciats, entre d'altres, per Galileo Galilei, com va reivindicar el mateix Isaac Newton. A la seva vegada, dos-cents anys després de la formulació dels *Principia* newtonians, Albert Einstein va aconseguir explicar nous esdeveniments detectats a l'univers que no podien ser interpretats pel coneixement anterior, mitjançant les seves teories de la relativitat (especial i general).

Així doncs, la modelització de la realitat ens permet establir el nostre coneixement de manera eficient. Si, a més, aquest model està definit sobre la base d'un idioma comú conegut com són les matemàtiques, per exemple, serà possible compartir, discutir i fins i tot comparar models, tot introduint millores en els proposats inicialment.

3. Un exemple encara més clar d'aquesta multiplicitat de models és el de la física quàntica i la teoria de la relativitat. Mentre que la primera explica en bona mesura el comportament de les partícules atòmiques i subatòmiques, la segona serveix per a interpretar les forces físiques a escala universal. El problema és que, quan tots dos móns s'uneixen, cap de les dues aconsegueix explicar el problema en la seva totalitat. Aquest és el cas de la teoria del Big Bang, segons la qual tot l'univers està comprimit fins a nivells atòmics durant un període de temps. Com a conseqüència d'això, en les últimes dècades s'ha perseguit la creació d'un model matemàtic que expliqui tots els fenòmens, l'anomenada teoria del tot o teoria del camp unificat, per bé que encara no n'hi ha cap que acompleixi aquest objectiu (Greene, 2006).

## 2.2. Tipus de models

Tenint en compte aquestes característiques, podem definir una primera classificació que ens ajudi a veure quins tipus de models útils per a les humanitats i les ciències socials s'han anat generant al llarg dels anys. D'aquesta manera podrem començar a veure com són susceptibles d'aplicar-se en arqueologia i, en concret, en la interpretació a nivells meso i macroescalars de les dades existents.

### 2.2.1. Models verbals i analogies mecàniques

En el primer nivell de complexitat, com a mínim pel que fa a contingut formal, trobem els models que no formen part estrictament de la matemàtica pura, tot i que en poden fer ús. Estan definits fent servir el llenguatge natural, usualment a partir d'analogies entre el sistema que es vol estudiar i altres tipus de models coneguts, amb la intenció d'extrapolar conclusions ja conegudes i validades a aquest nou element d'estudi.

Aquests models, altrament coneguts com a models *tous*,[4] són molt abundants en les ciències socials, ja que en aquest entorn és extraordinàriament difícil fer la classe de raonaments i suposicions típiques d'un altre tipus de model. Alguns exemples serien el materialisme històric definit per Karl Marx per a explicar la història de l'ésser humà, així com les lleis bàsiques que regeixen l'economia actual (oferta i demanda, etc.); tots dos models fan servir analogies amb el model conegut com a mecànica newtoniana i, per tant, fan esment de conceptes com força o inèrcia.

### 2.2.2. Models finits

Dins d'aquesta tipologia trobem una varietat considerable d'aplicacions. Totes, però, es basen en el mateix concepte, conegut com a graf. Un graf consisteix en una col·lecció de nodes units per línies —les arestes—. Tot i que pugui semblar trivial, el disseny de models a partir de la teoria de grafs és extremament complex a causa dels diversos pro-

4. En contraposició als models anomenats *durs,* que basen la totalitat de la seva exposició en equacions matemàtiques, amb prediccions quantitatives exactes o conceptes definits de manera estricta.

blemes de connectivitat que la topografia d'un graf determinat pot tenir. La mateixa simplicitat del concepte permet que pugui modelar prototipus tan diferents com la geografia del terreny, la presa de decisions a partir de la teoria de jocs, la xarxa d'Internet o la xarxa logística d'un exèrcit (Wagstaff, 2006). Un cop analitzat un problema a partir de grafs, hi ha diversos algorismes que permeten resoldre temes com les rutes més eficients entre dos nodes o les àrees per les quals passaran les comunicacions.

En el primer cas, i definits costos de pas diferents per a cada node, es pot saber la ruta òptima entre un node origen O i un node destí D, tot elegint el camí que tingui un cost acumulat menor entre els dos punts. En el segon, és possible analitzar el nombre de connexions de cada node, amb la intenció d'esbrinar les rutes de comunicació més usades, així com els nodes més importants com a zones de pas usuals de la xarxa.

### 2.2.3. Subconjunts difusos

Els models difusos (altrament dits *fuzzy*) són emprats en situacions en què no es pot definir un conjunt d'accions i/o funcions que permetin obtenir resultats correctes per a cada possible entrada, o en què, per altra banda, cadascuna no tingui un resultat únic. Els models de subconjunts difusos permeten que per a cada entrada hi hagi diverses sortides possibles, tot simulant fins a cert punt un component d'incertesa. Això ha fet que es popularitzi el concepte en camps on sigui rellevant, com ara en biologia, medi ambient o processament del llenguatge natural.

### 2.2.4. Models estadístics

Aquest tipus de model és emprat en situacions en les quals les variables d'entrada, tot i generar resultats que puguin semblar a priori aleatoris, responen a alguna mena de patró recognoscible. Els models estadístics permeten dissenyar una funció de densitat de probabilitats que serveixi per a interpretar la distribució dels resultats i extreure'n conclusions.

Aquesta tècnica comporta un grau de formalisme raonable, per la qual cosa és factible comparar diversos plantejaments de manera més directa que no pas en els models verbals. D'altra banda, l'estadística és

capaç d'analitzar la relació entre variables d'entrada i resultats sense que calgui definir en profunditat el funcionament del sistema. Aquesta flexibilitat és el motiu pel qual és un tipus de model força emprat en ciències socials i humanitats, donades les dificultats per a modelar els mecanismes rellevants en aquestes àrees.

### 2.2.5. Equacions diferencials

Aquest és el model més habitual pel que fa a l'aplicació en ciències experimentals. És idoni per a modelar prototipus que tenen un comportament continu (aquells en què trobem infinits valors entre cada valor) mitjançant la definició d'un conjunt d'equacions diferencials. Introduint al model un valor concret per a cada variable definida, podrem resoldre el valor del sistema per a un estat possible.

Tot i ser una tècnica extremament poderosa, el fet és que resoldre un sistema d'equacions diferencials pot ser molt difícil, excepte per als més bàsics. L'ús de sistemes informàtics és la solució òbvia a aquesta problemàtica, però malauradament són models molt més difícils de definir amb un ordinador que no pas, per exemple, els models finits, atès que aquesta eina no és capaç d'expressar dades contínues. Així, per a resoldre una equació diferencial en un ordinador cal discretitzar-la abans, ja que l'ordinador representa un àmbit determinista i discret i, per tant, els programes que s'hi executin també ho hauran de ser.

### 2.2.6. Models lògics

En el cas de sistemes que necessiten expressar les relacions entre els seus diversos conceptes, el disseny d'un model lògic pot permetre definir les interaccions de manera eficient i inequívoca. Aquest tipus de models permet, doncs, expressar relacions de causa-efecte tot fent servir un llenguatge matemàtic formal que eviti ambigüitats.

Òbviament hi ha més classes, i de fet poden existir models que facin servir conceptes derivats de més d'una tipologia. En concret, i en el cas que ens ocupa, els models geogràfics fan servir estructures provinents dels models finits per a definir la zona de treball i les dades purament espacials, però també és possible incorporar sistemes d'equacions diferencials

per a modelitzar determinats fenòmens, o models lògics per a definir, per exemple, les regles que determinen el moviment òptim dins d'un territori concret.

## 2.3. La modelització com a metodologia

Un cop definit què és un model, caldrà especificar-ne els seus elements, com també allò que comporta el seu ús com a metodologia científica

La creació d'un model comporta la representació abstracta d'un prototipus determinat. Algunes de les particularitats del prototipus hauran estat simplificades o bé eliminades, però cal destacar que, des d'un punt de vista lògic, no podem dir que el model sigui menys real que el prototipus.[5] Seguint aquesta perspectiva, útil per a la formulació del model, el prototipus és una entitat en la qual se satisfan amb un cert grau de validesa les premisses extretes del model. Cal destacar que, per força, aquest prototipus està menys definit que no pas el model; aquest té uns límits ben definits (tot i que escollits de manera arbitrària per l'investigador), però mitjançant aquesta delimitació ens trobem amb un dels problemes de la modelització, que és el fet que estem descartant de manera apriorística un conjunt de forces que, segons nosaltres, no són rellevants per al problema que estem intentant resoldre, tot i que no hi hagi cap prova del contrari (Bratley, 1987: 1-2).

Podem definir, en aquest sentit, la modelització com un sistema S que és una representació vàlida del sistema prototipus P en la mesura en la que S és capaç de formular adequadament les lleis que regeixen P i la seva solució representa algun aspecte del comportament de P.

Si fem servir la modelització com una metodologia, necessitem establir-ne de manera clara l'objectiu; és a dir, el propòsit per al qual l'estem dissenyant. Cal destacar, en aquest sentit, que l'ús de models en la construcció de teories proporciona un excel·lent mecanisme per a la formulació d'hipòtesis, motiu pel qual l'ús de la modelització pot permetre generar hipòtesis al voltant de l'objecte d'estudi i, encara més, comprovar-ne la validesa a partir de l'aplicació dels resultats aportats al prototipus (Aris, 1978: 7).

5. De fet, el prototipus podria ser un altre model.

Per tal que sigui útil com a metodologia d'investigació, la modelització ha de constar de les fases següents (Ríos, 1995: 28-32; Klamkin 1987: 22-23, i Aris, 1978):

— **Descripció del problema, sistema o fenomen real.** En aquesta primera fase plantegem el problema que volem resoldre, tan simple o complex com es vulgui.
— **Obtenció d'informació.** El següent pas és la recopilació de dades sobre el problema que estem intentant resoldre.
— **Model empíric de relacions.** Un cop aplegada tota la informació, hi hem d'establir les relacions que es donen entre els diversos elements del sistema.
— **Conceptualització.** En aquesta etapa es destrien els conceptes del sistema que considerem importants i que, per tant, farem servir en el model.
— **Creació del model concret.** Un cop identificats els conceptes bàsics del sistema, així com les relacions entre ells, ja podem formular el model que reflecteixi de manera correcta la problemàtica que volem tractar.
— **Procés lògic deductiu.** Crear un model és una tasca valuosa per si mateixa, perquè és clar que la recollida d'informació i l'anàlisi dels passos anteriors poden aportar llum al problema estudiat. Malgrat tot, podem anar un pas més enllà i aplicar aquest model a casos concrets, especialment si es tracta d'un model matemàtic, com ara un sistema d'equacions.
— **Computació.** Després d'haver fet el model, i tot aplicant el procés esmentat, podem arribar a extreure'n resultats. És a dir, quan s'ha trobat una manera de donar solució al problema, cal computar-la, cosa que normalment implicarà l'ús de potència d'ordinador.
— **Desconceptualització.** Un cop extrets aquests resultats, caldrà transportar-los al món real.
— **Relacions empíriques.** Finalment, cal comprovar si els resultats obtinguts amb els càlculs del model s'adiuen amb la realitat, a partir d'experimentació empírica.

És evident que, d'una banda, difícilment dissenyarem un bon model si ens falta la base teòrica requerida sobre el problema a tractar. És a dir, per a seleccionar les variables destacades del nostre model, així com

les relacions imperants entre elles, necessitem un bon coneixement del tema que estem intentant resoldre. Al mateix temps, aquest coneixement anirà variant a mesura que avança el procés, de tal manera que el model s'anirà refinant amb noves idees fruït dels seus mateixos resultats.

D'altra banda, aquest marc de treball variarà en funció del sistema al qual l'estiguem aplicant. Així, mentre que el procés de resolució és abstracte quant a matemàtiques pures es refereix, si l'estem aplicant a física o química, aquesta fase requerirà els següents punts:

— Disseny d'un experiment
— Execució
— Avaluació i interpretació

És a dir, per a modelitzar un problema relacionat amb ciències experimentals caldrà dissenyar un experiment empíric per a resoldre les últimes fases del procés. Aquest experiment pot ser extraordinàriament divers, però sempre ha d'intentar comprovar que les hipòtesis fetes durant el procés lògic deductiu són certes en el prototipus.

En lloc de fer un experiment al món real, algunes vegades cal emprar un altre tipus de tècniques, com ara simulacions. En el cas de l'arqueologia ens trobem en un cas encara més difícil, ja que l'objecte d'estudi ja no existeix, motiu pel qual ens serà impossible fer-hi experiments. Així, les eines informàtiques són una possible solució, ja que la virtualitat és la millor aproximació possible perquè l'investigador sigui capaç d'explorar el sistema que està intentant entendre. En aquest sentit, l'ús de simulacions informàtiques funciona com una espècie de laboratori virtual, on podem intentar validar hipòtesis del comportament dins del nostre model, tot extrapolant els resultats a l'estudi del passat a través del registre arqueològic. La comprovació de la hipòtesi dins del nostre model no té per què comportar la seva comprovació dins l'objecte d'estudi, però, en el cas que el model estigui definit correctament, sí que ens permetrà adquirir un important coneixement del mateix. Una altra aproximació seria l'ús de les dades arqueològiques dins del procés de validació, tot comparant el resultat del nostre model informàtic (podríem dir-ne el «registre arqueològic virtual») amb el coneixement generat en les excavacions reals, de manera que ens permeti avaluar la validesa del nostre model.

Com veiem, l'assumpció de validesa del model no és una qüestió trivial. Malgrat tot, el fet que un model sigui capaç d'integrar dades provinents de fonts independents entre si, tot combinant-les per a generar una imatge global definida i correcta, ens pot donar pistes sobre la seva capacitat de reflectir el sistema prototipus. En el cas dels models geogràfics en arqueologia, hi ha aquesta multiplicitat de fonts, ja que com a mínim obtindrem dades generades per les excavacions arqueològiques, així com per les variables geogràfiques de l'entorn.

Com a apunt final, cal dir que aquest procés no és una fletxa que avanci en una sola direcció. Des d'un inici, i com més avancem en la conceptualització del model, estretim un camí que fins aleshores pot haver estat molt ampli, perquè l'investigador està obligat a explorar moltes de les possibilitats al seu abast. Per tant, la consecució d'un model vàlid no implica necessàriament un increment en la seva complexitat (Aris, 1978: 23).

## 2.4. L'aplicació de models en ciències socials i humanitats

Com hem dit, les capacitats de la modelització no han estat gaire emprades en les ciències socials i les humanitats (si més no, de manera explícita) a excepció de l'economia i la sociologia. Aquest dèficit pot estar relacionat amb el fet que els sistemes socials presenten una complexitat molt alta per a la formulació de models matemàtics que tinguin prou interès pràctic (Mitchell, 2009), així com amb les conseqüències del fet que la majoria de sistemes socials tenen un cert comportament caòtic (Kiel & Elliott, 2010). Els models matemàtics habituals estan basats en la utilització d'equacions diferencials que, tot i ser molt aptes per a l'estudi de sistemes continus, no ho són tant pel que respecta a àmbits on el que importa principalment és la interrelació entre elements discrets, com poden ser els éssers humans.[6]

Per aquest motiu l'eina matemàtica emprada en la majoria de models usats en investigacions relacionades amb ciències socials és l'estadística, que permet extreure determinats patrons a partir de nombro-

6. Això no vol dir que no sigui possible de fer, ja que molts models diferencials estan orientats a la resolució d'aquest tipus de problemes. Malgrat tot, una aproximació basada en elements discrets autònoms sembla, a priori, molt més intuïtiva.

ses mostres d'una mateixa variable. Incorporada al segle XIX a l'estudi de la societat per Adolphe Quetelet, l'estadística ha proliferat en gairebé totes les ciències socials com una poderosa eina d'anàlisi (Stewart, 2007: 68-72). Donades les dificultats per a aplicar equacions diferencials, les eines proporcionades per l'estadística permeten extreure patrons generalitzables a partir d'un conjunt de dades finit i que, a priori, sovint no mostra cap mena de comportament regular. És fàcil veure el motiu pel qual aquesta tècnica és tan usada en ciències socials, ja que aquesta mena d'estudis s'adapten molt millor als problemes relacionats amb l'ésser humà i les seves societats que no pas els altres (Carnap, 1974: 11-86).

El principal desavantatge d'aquesta eina és que l'estudi estadístic no comporta cap model complet a l'estil dels que tindríem en ciències físiques; per contra, obtenim un conjunt de tendències extretes a partir de mostres d'una variable determinada i, per tant, la quantitat d'informació que podem generar és molt més limitada (particularment en relació amb la predictibilitat del sistema i la comprovació d'hipòtesis).

Així, la utilització de models matemàtics en ciències socials té com a problema principal la complexitat dels sistemes que tracten aquestes disciplines; els sistemes físics o químics, per exemple, es poden modelar de manera més senzilla que una relació entre humans.

Com a conseqüència, hi ha dos problemes bàsics. Per una banda, els models matemàtics clàssics no són vàlids per a intentar crear marcs de referència a l'entorn de qüestions socials. Així, les característiques particulars de les ciències que tractin amb l'ésser humà i les seves decisions són difícilment assimilables als models tradicionals, si el que estem cercant és la resolució de problemes determinats. Cadascun dels membres de la societat (o bé d'una part de la mateixa) és únic i, per tant, no es comporta de la mateixa manera; tots els actors implicats tenen uns objectius, unes interaccions i unes accions altres que les de la resta. Per tant, cal fer servir aproximacions diferents d'aquelles que es podran adoptar en el cas de les ciències experimentals, on els elements tendeixen a ser més homogenis.

En paraules d'un dels creadors de la teoria de jocs, Oskar Morgenstern (Carnap, 1974: 190):

> ¿No tiene la economía actual un modelo adecuado en la mecánica, con sus nociones de fuerza, de equilibrio y de estabilidad? En efecto, la física sirve de base a muchos esfuerzos realizados para lograr una explicación

del comportamiento económico racional, tanto si se trata de llegar a una formulación matemática como si no. Pero muchas situaciones importantes que se manifiestan a todos los niveles de la economía no tienen contrapartida alguna en la física.

Aquestes situacions són aquelles en les quals entren en joc diverses persones o col·lectius, cadascun dels quals té una sèrie d'objectius, informació i accions al seu abast, a partir dels quals haurà de triar una opció determinada. És evident que aquesta aproximació, útil per a l'economia com deia Oskar Morgenstern, també pot servir per a la resta de ciències socials i humanitats; per definició, tractaran problemes relacionats amb el comportament social humà, entre els quals els relacionats amb els recursos i l'economia.

D'altra banda, el mateix raonament indica que emprar models matemàtics en ciències socials amb caràcter predictiu no ha estat satisfactori, ja que s'ha fet a partir de simplificacions tan radicals que els seus resultats i aproximacions no han estat ni vàlids ni útils quant a la seva translació al món real, fins i tot en ciències tan basades en els models matemàtics com són les econòmiques.

Si observem de nou els passos a seguir en realitzar un model, podem dir que els errors rauen en quatre fases diferenciades. Les dues primeres són la detecció de relacions i la conceptualització, ja que en intentar definir el model a partir de la detecció de variables no es tenen totes en compte, són conceptualitzades de manera errònia dins el nostre model, o bé les relacions entre elles no funcionen com ho haurien de fer. La tercera és la creació del model concret, ja que, en desconèixer com s'ha de modelar un sistema complex com el que estem intentant tractar, la manera segons la qual serà modelat no serà l'aproximació més correcta. Finalment, la desconceptualització és la fase més crítica, perquè, encara que es creï un model matemàtic que funcioni a priori, si no s'han definit les seves variables de manera correcta amb la realitat, en intentar aplicar-hi els resultats del model, trobarem que tot el procés no ha funcionat.

Aquesta dicotomia, d'altra banda, també pot estar relacionada amb altres factors. Un n'és la profunda bretxa entre les ciències experimentals i les ciències humanes. En un principi aquestes diferències, resumides en el concepte de les *dues cultures*, es deuen a un problema de coneixements diferenciats (Snow, 1977). Mentre les primeres s'expressen com a fórmu-

les matemàtiques, i intenten assolir el coneixement a partir de models deterministes dels problemes, les segones estan dominades per la incertesa. Així, mentre que, com hem dit, la física o la química s'ocupen de fenòmens més aviat simples, l'economia o l'arqueologia han de tractar problemes complexos.[7]

Malgrat tot, la diferència no és, actualment, tant important com sembla. La complexitat dels sistemes estudiats en física i química és cada cop més gran, ja que s'està descobrint que el mateix concepte d'incertesa que esmentàvem en parlar de les ciències humanes és necessari per a modelar determinats processos a nivell subatòmic (Prigogine, 2008: 14-16). D'altra banda, des de fa unes dècades van sorgint diferents tipologies de models que, tot i no ser tan complets com els fets servir en ciències experimentals, comencen a ser útils per a les ciències socials i les humanitats quant a estudi de l'ésser humà. Així, els models geogràfics, d'àmplia difusió des de creació dels primers sistemes d'informació geogràfica, formen una tipologia particularment interessant per als sistemes on les coordenades espacials són importants (com ara l'arqueologia). Són la tipologia que es farà servir en aquest treball, però forma part d'un conjunt cada cop més gran d'eines al servei dels científics que investiguen les societats humanes, passades i presents. Podem trobar, per exemple dins l'arqueologia, models de xarxes per a analitzar relacions (Bentley & Maschner, 2003), simulacions basades en agents per a detectar patrons emergents (Dean *et al.*, 2000), modelització dels anomenats sistemes socionaturals (Kohler & Van der Leeuw, 2007), models de reacció-difusió aplicats a la dispersió d'homínids (Steele, 2009), com també l'ús de fractals per a interpretar patrons no susceptibles de ser compresos per vies tradicionals (Brown *et al.*, 2005). Com es pot veure, totes aquestes línies de recerca estan actualment en els seus inicis i tenen com a característica comuna el seu caràcter multidisciplinari, amb la participació d'experts en els més diversos camps de recerca (arqueologia, antropologia, física, matemàtiques, informàtica…).

7. En el fons, els problemes de física i química també són complexos, però les aproximacions a través d'equacions diferencials proporcionen models que, a desgrat de la seva simplicitat, són més eficaços que no pas ho serien els seus equivalents en ciències socials.

Podem deixar aquesta discussió sobre la modelització aplicada a les ciències humanes, i en concret a l'arqueologia, amb les reflexions fetes pels mateixos matemàtics purs al voltant del descobriment del concepte de complexitat, els anys setanta, dins la matemàtica del caos (Stewart, 2007: 7-8):

> Otros científicos, sin embargo, tuvieron más imaginación. Podían ver que lo que los matemáticos estaban aprendiendo acerca del caos podría tener profundas implicaciones para prácticamente cualquier área de la ciencia (y posiblemente también para las humanidades, el comercio y las artes). Los detalles eran menos importantes que el impacto filosófico. Reglas simples pueden dar lugar a un comportamiento complejo. Conocer las ecuaciones para un sistema no significa necesariamente que se pueda predecir su futuro. Por una parte, el caos nos previene contra la tentación de suponer que ser capaces de modelizar un sistema utilizando ecuaciones matemáticas significa que entendemos todo lo que ese sistema pudiera hacer. Por otra parte, el caos también despertó una nueva esperanza: la de que comportamientos anteriormente desestimados por su carácter aleatorio y desestructurado pudieran, de hecho, tener pautas ocultas.

Aquesta última reflexió apunta inequívocament a l'estudi de la societat humana, perquè aquest sistema entra de ple en els àmbits suposadament aleatoris i inestables que tracta, entre d'altres disciplines, la matemàtica del caos.

# 3. Sistemes d'informació geogràfica

En aquest capítol analitzarem i definirem alguns conceptes teòrics dels sistemes d'informació geogràfica[8] i les capacitats que ofereixen. També tractarem l'ús d'aquestes aplicacions per a modelitzar el poblament prehistòric, tot definint quin tipus de coneixement podem generar a partir d'aquest model.

## 3.1. Què és un GIS?

Podríem definir els sistemes d'informació de geogràfica com el conjunt d'eines «integrades» i «integradores» que permeten als usuaris interactuar i comprendre la informació espacial. Cal dir, però, que tot i que els seus orígens estan lligats a la cartografia digital, els GIS no només serveix per a elaborar mapes o manipular digitalment les dades que hi apareixen (Conolly & Lake, 2009: 30).

Altres definicions, com les de DeMers (2003: 7) potser són un pèl escadusseres, però donen una idea concisa de què són els GIS: un conjunt d'eines que permeten processar dades de tipus espacial i transformar-les en informacions lligades a una porció de la Terra, que poden ser emprades en processos de presa de decisions sobre aquest fragment del planeta.

8. A tall d'aclariment volem remarcar que els acrònims GIS, provinent del terme anglès Geographic Information System, i SIG, conseqüència de la traducció anglesa, es fan servir com a sinònims actualment. Al llarg del text farem servir l'acrònim GIS, mentre que la forma desenvolupada serà sistemes d'informació geogràfica.

Com veiem, podríem trobar moltes definicions diferents de què són els sistemes d'informació geogràfica, però la majoria estan d'acord en què es tracta d'una eina que es caracteritza per la visualització, la gestió i l'anàlisi de dades espacials presentades en forma de mapes digitals. És a dir, no són uns programes monolítics, sinó més aviat una *spatial toolbox* (Wheatley & Gillings, 2002: 9) que permet integrar diverses tecnologies. Cal destacar aquest darrer concepte, a diferència dels CAD *(Computer Assisted Drafting*), utilitzats sobretot en arquitectura, i els CAC (*Computer Assisted Cartography*), que no són sistemes d'informació geogràfica, ja que no tenen la capacitat d'anàlisi espacial que caracteritza els anteriors (Wheatley & Gillings, 2002: 9, i Rubio, 2009: 131).

D'altra banda, darrerament cada cop és més freqüent distingir entre GIS i GISc. El primer fa referència a les eines del programari emprat per a processar les dades geoespacials. En canvi, GISc és la ciència de la informació geogràfica que s'encarrega dels temes més teòrics i conceptuals de les relacions espacials i espaciotemporals, i també de l'impacte de les tecnologies geoespacials en les humanitats i les ciències socials[9] (Conolly & Lake, 2009: 30).

També s'ha de matisar l'espai de treball, ja que els sistemes d'informació geogràfica s'encarreguen de tractar específicament dades relacionades amb qüestions d'escala geogràfica. És a dir, no s'encarreguen de problemes referents a pocs metres quadrats (per exemple, una sola estructura arqueològica), ni estudien qüestions superiors a l'escala planetària (Rubio, 2009: 132).

Un altre tema rellevant per a l'arqueologia és que els GIS permeten treballar amb dades que no són, en principi, espacials (política, religió, cultures…), donat que totes poden tenir el seu vessant espacial, tenint en compte, per exemple, la seva distribució en un territori o un país.

A l'últim, una altra de les característiques dels GIS és la possibilitat que ofereixen de resoldre, mitjançant les seves eines, els buits que hi pugui haver entre preguntes molt generals i dades molt concretes. Per una banda, permeten una anàlisi a macroescala, mesoescala o microescala i, per l'altra, són capaces d'enllaçar entre aquests diversos tipus de dades

9. Per a més informació sobre aquest tema, consulteu Curry (1998) i Longley *et alii* (2006).

gràcies a les seves capacitats d'anàlisi, emmagatzematge i gestió d'informació (Rubio, 2009: 132, i Longley *et alii*, 2006: 14-15).

Davant d'aquest ventall d'opcions, els investigadors es poden veure desbordats per la quantitat de dades a les quals es pot tenir accés. Per tant, cal plantejar-se unes preguntes inicials abans de començar a treballar amb un GIS, per tal d'intentar respondre-les i utilitzar l'eina en conseqüència. Així doncs i, tenint en compte la nostra problemàtica concreta, triarem les dades que ens interessi treballar, de la mateixa manera que escollirem els algoritmes i les utilitats que emprarem durant la nostra recerca (Rubio, 2009: 132-133).

### 3.2. Breu història dels sistemes d'informació geogràfica

De la mateixa manera que passa amb altres camps de la informàtica, com Internet, el primer ordinador, etc., actualment hi ha un cert debat sobre l'origen dels sistemes d'informació geogràfica. Això es deu al fet que de manera paral·lela han coincidit diversos nuclis de desenvolupament, que en darrer terme també s'han influït els uns als altres. Actualment, Amèrica del Nord, Austràlia i el Regne Unit són capdavanters en aquesta disciplina i la seva aplicació a l'arqueologia.

En general, però, tots els investigadors conflueixen en què la primera aplicació GIS, tal com nosaltres l'entenem, va ser desenvolupada al Canadà als primers anys seixanta i s'anomenava *Canadian Geographical Information System* (CGIS). El seu disseny va venir donat per la necessitat de conèixer i classificar els recursos del gran i despoblat territori canadenc, per tal d'analitzar les seves possibilitats quant a usos presents i futurs. El problema que se'ls va plantejar va ser el següent:

> You are a part of a team working for the department of natural resources and development for a large country. Among your many duties in managing the resources in your area is to inventory all the available forest and mineral resources, wildlife habitat requirements, and water availability and quality. Beyond just a simple inventory, however, you are also tasked with evaluating how these resources are currently being exploited, which are in short supply and which are readily available for exploitation. In addition, you are expected to predict how the availability and quality of these resources will change in the next 10, 20 or even 200 years» (DeMers, 2003: 5 ).

Juntament amb aquestes qüestions sobre els recursos i la seva gestió, també se'ls va plantejar la relació de les poblacions amb aquestes explotacions, temes com el soroll que provocaven les indústries i com afectaven a la qualitat de vida dels habitants, quins inconvenients els suposava, etc. Tot això lligat a l'aplicació de legislació a escala local i regional. Aquest problema complex, dinàmic, multivariant i profundament espacial va ser el motor per al desenvolupament del primer GIS. Abans d'aquest esperonament, el principal problema que trobaven els geògrafs del projecte era la impossibilitat de mesurar correctament les àrees a partir dels mapes tradicionals.

També algunes aplicacions dels GIS deuen la seva existència al treball i a les iniciatives de l'elaboració de mapes per part de la NASA i de l'exèrcit dels EUA; aquesta empenta a la cartografia digital va ser una de les bases dels GIS moderns.

En la mateixa línia, ja als primers anys setanta els britànics van contribuir a la renovació de la cartografia a partir del disseny assistit per ordinador (CAD). Cal dir, però, que podem trobar les bases d'aquest desenvolupament als anys cinquanta i seixanta, quan va néixer la idea de tractar informàticament les dades cartogràfiques. En trobem el primer exemple a l'*Institute of Terrestrial Ecology* (Huntingdon, Anglaterra), on van emprar el *Power Samas Card Calculating System* per a elaborar mapes de les diverses espècies de plantes d'Anglaterra. El resultat va ser que van processar, classificar i elaborar mapes temàtics de més de duescentes espècies de plantes. Durant els anys seixanta i setanta van sorgir diferents programaris que permetien la creació de mapes geogràfics digitals, els quals, per primer cop, van poder ser reproduïts en una pantalla d'ordinador i també es van poder imprimir (Wheatley & Gillings, 2002: 14).

Arran del desenvolupament de la cartografia digital i del primer GIS, durant els anys setanta diverses agències federals dels Estats Units van elaborar diferents programaris de cartografia, processament d'imatge i GIS, fet pel qual aquests van avançar considerablement. Un exemple és el DIME (*Dual Independent Map Encoding*), un programari molt semblant al CGIS, però orientat a analitzar el cens de població del país. A finals dels anys setanta, la Universitat de Harvard va dissenyar un GIS de caràcter general anomenat Odyssey GIS, que partia dels seus antecessors.

Durant aquesta dècada es va anar introduint a cada estat l'ús de cartografia assistida per ordinador. Però, tot i això, no va ser fins al 1995 que un país, el Regne Unit, va tenir una base de dades informàtica amb el 100 % del seu territori (Rubio, 2009: 133).

Val a dir, però, que tots aquests avenços van ser possibles gràcies al gran desenvolupament dels fons de dades espacials i cartogràfiques procedents dels primers satèl·lits militars. És llavors quan es desenvolupen aquestes eines capaces de recollir informacions relacionades amb la superfície del planeta. Primerament, aquests satèl·lits van estar estrictament lligats als departaments militars en el context de la Guerra Freda. És dins d'aquesta casuística que es van desenvolupar nous sistemes de posicionament per a disparar correctament els *Inter Continental Ballistic Missile*[10] (ICBM). D'aquí les noves tècniques de posicionament georeferenciat i l'aparició d'aparells com el GPS (*Global Positioning System*). Ja cap als anys setanta hi havia aparells que sobrepassaven la seva funció primària i eren capaços de generar fotografies i altres tipus de dades, que per primer cop van poder ser utilitzades per a usos civils.

Així doncs, podem dir que l'ús dels sistemes d'informació geogràfica fins als darrers anys setanta va estar limitat a les agències estatals i militars més poderoses. Gràcies a la popularització i abaratiment dels ordinadors personals durant els anys vuitanta, aquestes aplicacions informàtiques (GIS, cartografia digital…) van poder ser emprades de manera regular en l'àmbit civil (Rubio, 2009: 134). En aquest context van néixer les primeres empreses dedicades a aquesta mena de recursos i, d'altra banda, aquestes eines van ser assequibles a les petites i mitjanes empreses. Per exemple, ESRI (Environmental System Research Institute), una de les principals empreses capdavanteres del sector va ser fundada a Califòrnia als primers anys setanta. Actualment desenvolupa un dels programaris comercials més utilitzat, amb els paquets ArcGis, ArcView, ArcMap, etc. D'altra banda, i com a exemple de desenvolupament d'*open source*, trobem el programa GRASS (Geographic Resources Analysis System). Va ser dissenyat pel cos d'enginyers militars dels Estats Units, i actualment és un dels programaris lliures més potents per a fer anàlisi *raster* i té un actiu desenvolupament, especialment en rela-

10. Es tracta de míssils nuclears amb capacitat d'atacar objectius arreu del món.

ció amb el sistema operatiu GNU/Linux, a més d'una important comunitat a Internet.

### 3.3. Estructura

Tots els sistemes d'informació geogràfica tenen en comú una estructura compartida (Rubio, 2009: 134), definida pels següents elements i capacitats:

1. L'obtenció de dades espacials. Els GIS presenten una plataforma per a obtenir i integrar informacions espacials, com els mapes topogràfics, la localització i la morfologia de jaciments, les planimetries arqueològiques, etc. Tots es poden incorporar a un mitjà analític comú, per bé que els GIS permeten també incorporar fonts de dades variades i procuren compatibilitzar els diferents formats (Conolly & Lake, 2009: 31, i Rubio 2009: 134).
2. La gestió de dades espacials. Es tracta de sofisticats sistemes de gestió de base de dades per a emmagatzemar i relacionar dades espacials i atributs. Aquest aspecte implica la transformació de sistemes de coordenades per a poder integrar les dades procedents de les diverses fonts, la construcció de topologies vectorials,[11] la georeferenciació de dades espacials recentment digitalitzades i la creació de metadades geoespacials.
3. La gestió de bases de dades. Una de les principals virtuts del GIS és la seva potència per a vincular i explorar les relacions entre dades espacials i no espacials. És a dir, cal una modelització conceptual i lògica de les dades; de la mateixa manera, cal la creació i el «manteniment» d'una base de dades relacional on els components espacials i no espacials estiguin correctament vinculats. Aquesta és una de les bases per a dur a terme correctament les anàlisis posteriors, ja que, si els diferents tipus d'informació no estan correctament relacionats i la base de dades no és funcional, les exploracions posteriors seran complicades de realitzar o directament s'haurà de refer la base de dades. En relació amb aquesta darrera qüestió, cal que la base de dades relacional tingui capacitat d'actualització, d'edició i de consulta.

11. S'entén per topologia la part de la matemàtica que estudia aquelles propietats dels conjunts de punts de la recta, del pla, de l'espai o d'espais de dimensions superiors que no són alterades per les transformacions contínues.

4. L'anàlisi de dades espacials. Mitjançant diversos algoritmes i funcions matemàtiques concretes, els sistemes d'informació geogràfica possibiliten l'anàlisi i el tractament de les dades. Aquesta anàlisi pot ser a nivell microespacial o macroespacial. D'altra banda, també tenim eines per a estudiar la visibilitat, el moviment (rutes de mínim cost) i l'accessibilitat a través del paisatge. A més a més, disposem de potencialitats com la possibilitat de crear models geoestadístics i predictius, entre d'altres.

5. La visualització de les dades espacials. En darrer terme, és molt important la capacitat del GIS de plasmar de manera gràfica les dades i els resultats, ja sigui en forma de gràfics, de taules o directament en mapes.

De tots aquests punts el més important és el factor d'anàlisi espacial, ja que és el que permet més potència, flexibilitat i utilitat per a entendre les relacions entre les dades d'orígens diversos que sempre tenen en comú el factor espacial. D'altra banda, aquesta capacitat és la que permet generar noves informacions tot establint patrons o generant nous models que, a simple vista i sense una eina com el GIS, no serien «visibles».

### 3.4. Elements de representació geogràfica

Per a començar a treballar en un GIS, primer de tot cal tenir molt clar quin tipus de preguntes volem respondre i amb quin tipus de dades treballarem. En funció d'això, tractarem i manipularem les informacions d'una manera determinada. Tenim quatre maneres bàsiques de representar els elements espacials del món real: punts, línies, àrees i superfícies.

Globalment, aquests quatre conceptes són capaços de representar la majoria de fenòmens humans i naturals que ens podem trobar al món. Dins del GIS es fan servir, per a modelar els objectes del món, tres de les formes: punts, línies i àrees. D'altra banda, els volums o superfícies sovint són representats mitjançant punts d'elevació o altres estructures computacionals. L'important, però, és la característica explícitament espacial de totes aquestes dades dins del GIS. És veritat que els fenòmens, per naturalesa, no són espacials (idees, creences, política…), però mit-

jançant el GIS els podem traslladar a entitats espacials per a poder-los estudiar (DeMers ,2003: 25).

Aquesta tipologia de representacions dins d'un sistema cartogràfic (com un CAC o un GIS) no és directa, sinó que s'ha de traduir. És a dir, cal pensar en quina escala volem utilitzar, en la complexitat de cadascun dels objectes, etc.

A tall d'exemple, si volguéssim representar un edifici a escala molt detallada, ho podríem fer delimitant-ne el perímetre; és a dir, marcant-ne l'àrea. Si ens n'allunyéssim i estiguéssim estudiant una zona més gran amb milers d'edificis, hauríem de representar les cases amb punts, perquè si no el mapa seria massa complicat d'interpretar i la delimitació dels edificis, innecessària. D'altra banda, si el que ens interessa és la densitat de superfície urbanitzada a escala nacional, ens serà més útil una representació volumètrica que ens doni el valor de densitat d'edificis en cada punt concret del mapa. Aquest darrer cas, per exemple, també el podem veure amb les elevacions del terreny. Encara que estem parlant, en principi, d'una dada volumètrica, la podríem transformar i representar-la amb línies; és a dir, amb les corbes de nivell, o també podríem marcar tots els turons amb una simbologia concreta inclosa en la llegenda.

En definitiva, els elements que triem per a representar els nostres objectes d'estudi han d'anar estretament lligats a l'escala amb què volem treballar i a l'ús que volem donar a cada variable (Rubio, 2009: 135).

Seguidament descriurem els diversos tipus de representació espacial. En primer lloc, hi tenim els punts, que hem d'entendre com a fenomen espacial concret que està en una única localització a l'espai i al temps. Només poden existir en un lloc determinat en unes coordenades concretes. És a dir, són dades discretes que no tenen continuïtat a l'espai representat. Des del punt de vista de la modelització conceptual, aquests objectes no tenen dimensió, i per això no se'n pot calcular la llargada ni el volum (DeMers, 2003: 25). En realitat, aquesta assumpció és falsa, ja que per força tot ha de tenir tres dimensions, si no, no és podria ni mesurar ni veure. Però, per a poder treballar amb el GIS, assumim aquesta simplificació, ja que altrament el nivell de càlcul requerit per a dur a terme el mínim dels processos seria molt elevat. Exemples d'aquests tipus de dades de 0-dimensions podrien ser els arbres, les persones, els seny-

als de tràfic o els encreuaments de camins. Però, tot i aquesta simplificació, encara podem processar i analitzar aquestes dades mitjançant anàlisis com els algoritmes de veïnatge, les diferències de valors entre diversos punts o les rutes més òptimes entre dos punts.

Pel que fa a les línies, són objectes representats de manera unidimensional, la longitud dels quals és sempre molt més gran que la seva amplada en qualsevol dels seus punts. També és un element discret, ja que una línia es compon d'un nombre de punts finit i enllaçat. De fet, ens trobem amb el mateix problema sobre la tangencialitat que en el cas anterior, ja que els objectes unidimensionals no existeixen. Tornem al problema de simplificació i realisme que comentàvem anteriorment, que d'altra banda és inherent a la realització d'un model geogràfic. Exemples de línies podrien ser carreteres, rius, i també conceptes més abstractes com fronteres, fronts de guerra… Aquests últims elements, en no existir en la realitat sí que tenen una sola dimensió, ja que són convencions per a expressar un canvi radical d'aquesta variable en dos territoris adjacents. Els objectes lineals, a diferència dels punts, ocupen com a mínim dos punts de manera simultània, l'inici i el final d'un segment. Donat cas que hi hagi elements que no siguin rectilinis, cal afegir punts intermedis per tal d'indicar els girs i modificacions del traçat, per exemple les corbes d'una carretera. També, en ser unidimensionals, aquests objectes es poden mesurar calculant la distància entre l'origen i el final, incloent-hi els punts intermedis, si n'hi ha.

Quant a les àrees, són el tercer grup de variables discretes que tenim per descriure. Són objectes bidimensionals que consten d'amplada i llargada. Es representen com un conjunt de línies connectades que marquen un recorregut tancat; és a dir, el punt d'origen i el final són el mateix. Per tant, és possible mesurar l'àrea delimitada per aquest objecte. D'aquesta manera podem representar la superfície compresa entre els límits d'una ciutat o l'interior d'un país, com també la delimitació d'unes elevacions.

Aquests tres primers elements comentats són molt fàcils de representar dins d'un GIS, mentre que els volums, el quart tipus d'objecte, comporta més dificultats. En la majoria de casos la visualització d'aquestes eines es fa a través d'una pantalla en ordinadors personals. Aquesta és una matriu bidimensional de píxels de diversos colors, que

plegats formen la imatge correcta. Com aquesta matriu té dues dimensions, resulta complicat representar-hi un volum, ja que això comportaria una tercera dimensió. És un problema important, ja que els accidents geogràfics sempre són tridimensionals i l'alçada és una variable important. En el cas de les elevacions com muntanyes i turons aquesta variable és realment important. Així doncs, pel que fa als volums, necessitem un canvi de concepte per a representar objectes tridimensionals en camps bidimensionals (Rubio, 2009: 137).

Podem definir un volum com una matriu bidimensional on cada punt representa una cel·la i hi té assignat un valor diferent que marca l'elevació de cada sector de la graella. És a dir, l'altura s'expressa com a variable contínua, ja que cada punt comprès dins la matriu té valor, i no hi ha buits entre un i l'altre. Aquest sistema ens permet treballar i afegir dades força complexes, per exemple, un mapa de temperatures sobre la terra, nivells de contaminació o, fins i tot, corbes de nivell. Els camps continus són susceptibles de ser mesurats de diverses maneres i ens poden donar múltiples informacions: podem conèixer el valor de cada variable a cada secció de la matriu, els canvis d'intensitat d'aquesta mateixa zona o el volum inclòs dins del perímetre de l'objecte.

### 3.5. Dades i atributs

En l'apartat anterior hem descrit quins objectes es poden representar dins d'un GIS. Aquestes entitats no són simples representacions, sinó que poden contenir informacions de caire no espacial que les descriguin i ens n'aportin dades; són els atributs.

Els atributs ens ajuden a categoritzar aquests objectes i a descriure'ls des d'un punt de vista no espacial.

Per exemple, si haguéssim de realitzar un mapa amb tots els jaciments romans de Catalunya, potser el més efectiu seria posar un punt a cada assentament. Però, si només féssim això, perdríem tota la informació d'aquests enclavaments i la qualitat que contenia. No estaríem dient ni quina cronologia tenen, ni el tipus d'assentament, ni cap altra dada sobre ells. Així doncs, caldria crear una sèrie d'atributs que, per a cada assentament, ens en digués el nom, la cronologia, el tipus, etc. D'altra banda, hauríem de realitzar altres mapes topogràfics espe-

cificant el nom dels jaciments i els accidents geogràfics més importants de la zona.

En definitiva, cadascun dels objectes que remarquem haurà de tenir un conjunt d'atributs que el categoritzi. És un tema important, perquè serà a partir d'aquesta informació que podrem començar a classificar les dades des d'un punt de vista no espacial. D'aquesta manera, nosaltres podrem indicar com de particular és una entitat, amb un nom propi i atributs mesurables, que estan situats en una determinada localització. Això ens afegeix nous nivells d'organització de la informació i, per tant, ens ajuda a entendre allò que estem visualitzant per tal d'analitzar-lo i interpretar-lo de manera més efectiva (DeMers, 2003: 28-29).

D'altra banda, cal recordar que bona part dels atributs són quantificables i que estableixen els diferents graus de mesura pel que fa a les dades geogràfiques. És a dir, que tenim diverses escales de complexitat per a definir les nostres entitats. De menor a major grau, les podem establir de la manera següent:

*Escala nominal.* Aquesta categoria especifica aquells elements que han estat identificats de manera única. És el nivell més simple de tots, on només s'anomenen les dades. No es poden establir ni classificacions ni comparacions entre objectes. No podem dir que una entitat és millor que una altra, perquè són inherentment diferents. És a dir, podem dir que un jaciment té un *nom* diferent d'un altre, però només podem dir que són jaciments.

*Escala ordinal.* En aquesta segona escala és possible comparar diverses entitats, si els assignem un valor dins d'un rang predeterminat. En el cas dels jaciments romans podem assignar un atribut en relació amb la *mida* que tingui els valors següents: *petit, mitjà* o *gran*. Cada assentament tindrà definit aquest valor; per tant, podrem saber si un jaciment és més gran, més petit o igual que un altre. Definim aquesta escala de manera totalment subjectiva en el sentit que som nosaltres, de manera independent, qui definim els paràmetres. Per tant, és important tenir en compte que és l'usuari del GIS qui crea la variable, n'estableix els paràmetres i descriu cadascun dels objectes segons aquest atribut. Així, aquesta dada no la podem fer servir en cap altre camp, ja que està

estrictament dissenyada per a descriure específicament un tret que volem destacar.

*Escala d'interval.* És el nivell més complex quant a la caracterització d'atributs. Es tracta d'establir una variable en la qual cada objecte presenta un nombre concret. En principi, aquests atributs proporcionen informació procedent d'una font capacitada per a mesurar les variables de manera quantitativa. Seguint l'exemple dels jaciments romans, podem definir un atribut anomenat «fragments de terra sigillata» que ens mostri el nombre mínim d'individus d'aquesta ceràmica que ha estat documentat a cadascun. Altres exemples podrien ser el nombre d'habitants de cada ciutat o el nombre d'arbres per hectàrea de terreny. Aquest tipus d'atribut presenta un potencial molt alt quant a l'anàlisi, ja que permet donar resposta a diversos casos d'estudi, com ara la densitat de població a les ciutats, les relacions entre diferents variables, etc.

## 3.6. Les bases de dades espacials

Una base de dades és un conjunt d'informacions organitzades d'una manera coherent segons una estructura dissenyada per a permetre fàcilment la seva consulta. Per exemple, un conjunt de fitxes d'UE d'una excavació pot ser una base de dades o bé una col·lecció de registres de mostres arqueomètriques d'un conjunt de jaciments que pugui ser accessible per web. Aquesta darrera es diferencia de l'anterior perquè requereix l'ús d'un programari específic per a gestionar bases de dades, que afegeix capacitats d'edició i de consulta dels registres, a més a més de programari addicional que permeti fer-ho a través d'un navegador.

Un sistema d'aquest tipus es tradueix, a la pràctica, en un conjunt d'arxius dins els quals l'ordinador manté un registre actualitzat de les dades que hi hem introduït i modificat. Una mena especial de base de dades és l'anomenada relacional, en la qual hem de definir els diversos conceptes importants per a nosaltres, així com les relacions entre ells. Per a cada tipus d'element crearem una taula, on guardarem les seves característiques com a atributs. Alguns d'aquests atributs seran relacions amb altres taules, per permetre d'aquesta manera relacionar els diversos conceptes entre si.

A tall d'exemple, ens podem imaginar com es dissenyaria una possible base de dades relacional on guardar informació relacionada amb una col·lecció de discos. Una taula guardaria la informació dels autors (nom, any de naixement, nacionalitat…) i una altra, la dels diversos àlbums (títol, durada, any…). Cada element dins aquesta taula d'àlbums, però, hauria de tenir un atribut que marqués quin autor va crear quin àlbum, per tal de poder-ne relacionar les dades. Es podria anar ampliant la informació, tot creant taules per a guardar cançons, discogràfiques, estils, components dels diversos grups, etc.

Aquest tipus d'estructura fa molt senzilla la cerca dins de grans volums de dades, on els usuaris poden relacionar la informació, tot creant consultes complexes que permetin, per exemple, saber en el cas anterior quins grups de música van publicar un disc un any concret, o de quin estil és una determinada cançó.

De fet, un sistema d'informació geogràfica no és gaire diferent, ja que part de les tasques que realitzem consisteixen a emmagatzemar entitats i dades en atributs, de manera que això ens permeti recuperar (per a visualitzar, fer consultes…) aquestes entrades i realitzar combinacions amb aquests objectes. A la pràctica aquesta relació és tan estreta que s'han creat sistemes de bases de dades relacionals específicament dissenyats per a ser emprats en GIS, com ara PostGIS,[12] capaç de gestionar grans volums de dades i publicar-les en entorns web.

En tot cas, necessitem un ordinador i un programari adequat, on puguem crear, localitzar, recuperar i realitzar consultes de les dades emmagatzemades. En altres paraules, les entitats espacials han de ser emmagatzemades de manera organitzada, juntament amb els seus atributs i les relacions entre elles. D'aquesta manera, si realitzem consultes i tenim ben classificats els registres, podrem obtenir els resultats de manera eficient i sense errors. L'única diferència és que, a banda dels altres atributs i relacions, per a cada element haurem de guardar les coordenades espacials: X, Y (i Z, si s'escau). Si, en el cas anterior, per a obtenir les nostres cerques és clau tenir una estructura coherent que permeti fer les consultes fàcilment, en el cas de les bases de dades espacials encara és més important, donada la multiplicitat de dades. Una base de

12. <http://postgis.refractions.net/>

dades dissenyada correctament estalviarà molts maldecaps. Si ja des d'un principi en plantegem les claus, les relacions entre taules i els seus atributs, no caldrà fer canvis costosos en temps i esforç més endavant.

### 3.7. El GIS al servei del model

Un cop tinguem definides les estructures dels sistemes d'informació geogràfica, analitzarem quin tipus de model podem dissenyar.

La base d'un GIS és el model de dades que utilitza; és a dir, la forma com representa la realitat geogràfica que volem investigar. A partir d'aquest model, l'investigador fa una sèrie d'anàlisis per tal de generar coneixement amb les dades existents o bé creant-ne de noves. La modelització de les dades és molt important, ja que d'aquest fet dependran en bona part les operacions que es puguin dur a terme i els resultats que se n'obtindran.

La modelització geogràfica a partir de sistemes d'informació geogràfica implica diversos nivells d'abstracció, com podem veure a la figura 1. Quan nosaltres desenvolupem el nostre concepte d'espai i les pertinents relacions espaciotemporals, estem organitzant les nostres dades amb la intenció de poder-los donar sentit. En definitiva, el mapa és el llenguatge gràfic resultant que utilitzem per a representar aquest espai i aquests objectes. Malgrat tot, cal tenir en compte que el nostre llenguatge gràfic és clarament diferent en estructura dins l'ordinador (DeMers, 2003: 100).

Com mostrem a la figura, el primer nivell d'abstracció correspon a la realitat[13] concreta que volem modelitzar, com ara un jaciment, una àrea o una ciutat. Hi trobem les estructures, els objectes i altres elements que volem incloure, com podrien ser els edificis, la ceràmica, o les característiques paleoambientals, entre d'altres.

El segon nivell, el conceptual, fa referència a la selecció d'aquells elements de la realitat que ens interessen per a resoldre un problema con-

13. Normalment es parla de modelar la realitat, però en el nostre cas «la nostra realitat» és inexistent. Si apliquem el GIS per a resoldre problemàtiques relacionades amb la prehistòria, estem analitzant problemes que actualment no existeixen, i aquest fet s'ha de tenir en compte. Podríem dir que els arqueòlegs creem un model a partir d'un altre; és a dir, sobre la base de la idea preconcebuda que tenim d'allò que investiguem.

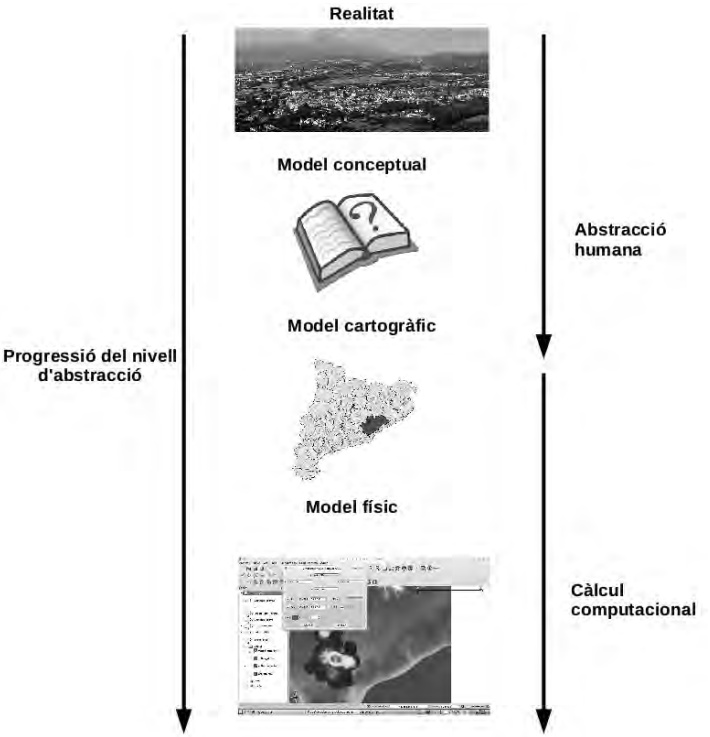



FIGURA 1. *Nivells d'abstracció d'un model geogràfic.*

cret. Es tracta d'un procés de pensament humà, ja que cal un bon raonament per tal d'escollir el model que més escaigui a la nostra recerca. Un cop triats els elements a representar, cal que analitzem també les relacions entre ells. Aquest punt és molt important, ja que, si copsem malament les relacions entre objectes, podríem caure en l'error de representar-les de manera incorrecta i extreure'n conclusions que no s'adiuen amb la realitat estudiada. El perill recau en el fet que, mentre el nostre model podria ser totalment vàlid, les relacions entre els objectes estarien mal enteses i les conclusions a què arribaríem no serien vàlides.

El següent pas és el model lògic. En aquest tercer nivell ens cal fer servir alguna eina per a traslladar el model de dades conceptual a un altre d'entenedor per a l'ordinador. L'objectiu d'aquesta fase és la creació d'un model d'estructures de dades intel·ligible per un sistema informà-

tic. Aquest pas pren com a base les dades escollides i les relacions establertes en el moment de desenvolupar el model conceptual, convertint-les en un llenguatge que tots els GIS puguin entendre. És a dir, les dades d'entrades i les relacions entre aquestes, que eren totalment abstractes en el model anterior, es tradueixen en estructures de dades computables. En aquest moment encara no hem traslladat tot el model a un sistema d'informació geogràfica, però l'hem traduït a un llenguatge més proper a un model geogràfic.

Finalment, el darrer pas és el model físic. En aquest punt convergeix tot el procés anterior; és a dir, hem passat de tenir un model conceptual a tenir un seguit de fitxers, bases de dades i valors.

En aquesta fase final hem traslladat la realitat[14] a un model de dades geogràfiques informatitzat, que és la nostra base per a començar-ne l'anàlisi.

## 3.8. Tipus de dades

Els objectes i els seus atributs són conceptes teòrics que ens són útils per a poder modelar geogràficament la problemàtica que estem intentant esbrinar. D'aquesta manera, cal dissenyar acuradament la implementació que farem del nostre model mitjançant aquests dos tipus de dades.

Els objectes es poden transformar dins del model computacional a dos tipus de dades: discretes o contínues; cadascuna té els seus problemes per a modelar la realitat. En el primer cas, si desitgéssim representar cada objecte de manera discreta i completa, faríem servir un nombre infinit d'atributs; no només això, hauríem de definir tot allò que des d'un punt de vista geogràfic necessitaríem per a descriure la complexitat del fenomen. Així, per a cadascun dels elements que componen una entitat tindríem el mateix problema. Si, per exemple, volguéssim modelar un arbre, al seu torn n'hauríem de definir les fulles, les arrels, etc.

En el segon cas, la quantitat d'informació és infinita. Si a cada punt geogràfic li correspon un valor, i entre dos punts geogràfics reals hi

14. Ens referim a una petita part de la realitat, ja que seria impossible encabir-la tota en un model. Per a entendre aquest fet només cal fer-se una pregunta: «Quants atributs necessitem per a definir una persona en concret?».

ha infinits punts més, la conclusió és que una variable contínua presenta valors infinits i, d'aquesta manera, tampoc no la podem representar en un ordinador.

En tots dos casos necessitem simplificar la realitat per a poder traslladar-la a un entorn computacional. Per a fer aquesta abstracció, podem fer dos tipus de format: ràster i vector. Tots dos tipus de dades (discretes i contínues) poden ser representades amb aquests dos formats, per bé que generalment es fan servir els vectors per a les dades discretes i els ràster, per a les contínues.

Aquesta és la manera que tenim de representar els nostres objectes i la manera que es relacionen de manera lògica, tot seguint una sèrie de regles explícites. Aquesta conversió permet a l'ordinador «entendre» i reconèixer tots aquests punts, línies i àrees representats en algun lloc de la Terra i alhora les relacions entre ells. En definitiva, vectors i ràsters són la resposta a la necessitat de crear un llenguatge per a expressar aquestes relacions espacials. Seguidament veurem les diferències entre aquests dos tipus de formats:

*Format ràster*. La representació geogràfica mitjançant un ràster converteix l'espai en una sèrie regular de cel·les que conformen una matriu bidimensional. Les variacions geogràfiques són expressades amb

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 2 | 2 | 4 | 4 | 4 |

FIGURA 2. *Estructura del format ràster.*

valors dins de cada cel·la, com es veu a la figura 2. Així doncs, sorgeix un paràmetre important que abans no teníem, la resolució. Es tracta del valor que expressa la distància entre dos valors diferents. Per exemple, una matriu de 1000 x 1000 cel·les amb una resolució de 200 m descriu un valor concret per a un territori de 200.000 × 200.000 m; és a dir, la qualitat del ràster serà inversament proporcional a la resolució, ja que a menors valors de resolució tenim menys distància entre dos punts i, per tant, perdem menys informació. Es tracta d'un concepte molt important, perquè aquest paràmetre marcarà la nostra recerca i l'obtenció de les dades. Hem de tenir en compte que en un ràster es perd qualsevol mena de variació entre dos punts, perquè estan separats per la distància equivalent a la resolució del ràster. Si escollim com a valor un punt central a cada cel·la, potser estem descartant dades interessants entre un punt i el següent. En aquestes situacions sempre s'han de prendre altres solucions o estratègies, com ara trobar el valor més alt o el més baix de cada cel·la, o bé fer mitjanes en diversos punts triats en aquella cel·la.

*Format vectorial.* Des d'una perspectiva geogràfica, un vector és un conjunt successiu de punts georeferenciats que poden estar aïllats o bé

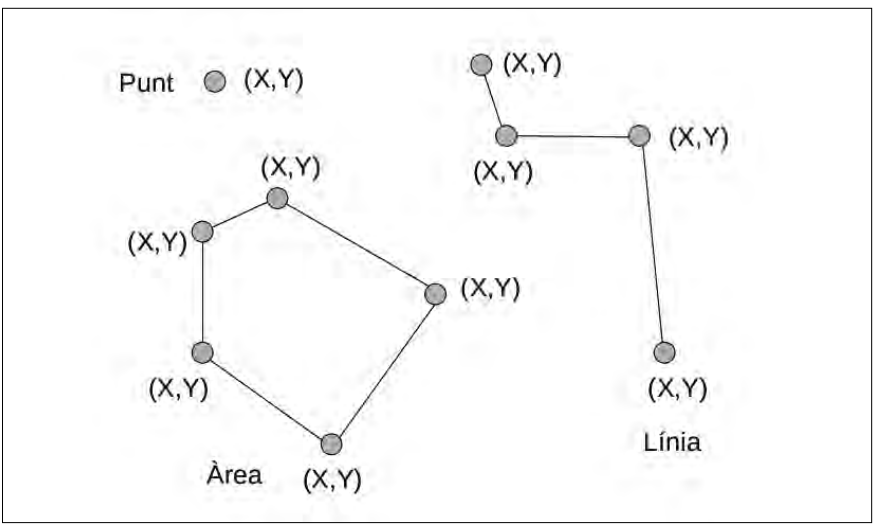



FIGURA 3. *Estructura del format vectorial.*

connectats per línies rectes. D'aquesta manera, un objecte lineal és anomenat polilínia, que es defineix pel conjunt de punts connectats entre si que la formen (vegeu els diversos tipus de vector a la figura 3). Al seu torn, un polígon és una polilínia tancada, tot representant el perímetre d'una àrea; així, assumim que l'espai geogràfic és continu o, millor dit, que en aquest cas es tracta de petites cel·les discretes que podem quantificar (DeMers, 2003: 115).

### 3.8.1. La millor opció: ràster o vector?

Escollir el millor format per a representar cada concepte involucrat en la nostra recerca no és una qüestió trivial. En la majoria dels casos no hi ha una resposta única, ja que tot depèn del tipus de problemàtica que vulguem resoldre.

El format vectorial és més econòmic, perquè emmagatzema la informació de manera compacta. Destaca per detallar de manera definida i resumida les determinades entitats geogràfiques que vulguem mostrar o que ens puguem trobar. De fet, un conjunt de punts pot representar qualsevol mida desitjada independentment del seu nombre, ja que és l'investigador qui tria la distància entre dos punts, igual que l'exactitud amb que està feta cada representació. Per exemple, podríem representar el riu Ebre amb una polilínia de milers de punts que en determinen el curs, o bé amb quatre o cinc punts. Tot depèn de la nostra recerca i de la finalitat de les dades recollides. Si estem treballant a un nivell de macroescala, representarem amb més detall i amb una major resolució aquelles entitats més rellevants, mentre que tendirem a simplificar-ne les altres.

D'altra banda, aquest format és molt útil per a elaborar projectes relacionats amb bases de dades de catàlegs patrimonials, materials d'excavacions arqueològiques o similars. És, doncs, la millor opció per a treballar qüestions relacionades amb entitats relacionades o realitzar anàlisis basades en xarxes.

Al seu torn, el format ràster permet representar l'espai d'una manera contínua i predictible, motiu pel qual sempre implica un major volum d'informació. En alguns casos, això resulta inútil, ja que, si tenim un valor que no varia al llarg de moltes cel·les, estem emmagatzemant el mateix a cadascuna. En canvi, si empréssim el format vecto-

rial, només en guardaríem les variacions. Tot i això, els ràsters són tremendament útils quan estem treballant amb dades de camps continus o bé quan necessitem treballar amb capes temàtiques. Un bon exemple són les fotografies aèries, les imatges procedents de satèl·lits, cartografia antiga georeferenciada, o també treballs de cartografia o densitats de materials en superfície, com ara una prospecció.

### 3.8.2. El model digital d'elevació del terreny

Per tal d'exemplificar aquests dos tipus de dades pararem especial atenció en una variable particularment rellevant dins de qualsevol model: l'elevació del terreny. A banda de marcar l'altura de la zona de treball, en depenen altres factors com ara la inclinació del terreny, la possible xarxa hidrogràfica o la visió del territori. Les diverses representacions que hi ha són conegudes com a DEM (*Digital Elevation Model)*.

Com hem comentat, totes les dades geogràfiques poden ser representades amb dos formats diferents: vectors i ràsters, i els DEM no són una excepció.

En el cas del format vectorial, els DEM es presenten en formes de corbes de nivell. Es tracta de polígons tancats que, mitjançant una gradació determinada, denoten els canvis significatius del terreny. D'aquesta manera, podem trobar DEM de corbes de nivell que representin elevacions cada 50 m, 20 m, etc. Aquesta estructura, però, no és particularment eficient per a representar els gradients i els aspectes, o per a realitzar un mapa del relleu ombrejat amb aquest tipus de model de dades (DeMers, 2003: 345).

En el segon cas, el DEM a partir d'un ràster ens mostra les elevacions del terreny com una matriu discreta de punts, cadascun dels quals té un valor concret en alçada i situació espacial. Quant a la seva representació, es mostra un model tridimensional d'aquesta malla de punts, tenint en compte els valors de l'altura. Aquests tipus de DEM són la base per a anàlisis com les rutes de mínim cost, el càlcul dels gradients, etc.

A tall de comparació, mostrem el territori de la zona de treball que tractarem al cas d'estudi (el riu Ripoll i la riera de Caldes enmarcats dins la conca del riu Besòs) en format vectorial a la figura 4 i en ràster, a la 5.

FIGURA 4. *Model digital del terreny en forma vectorial.*

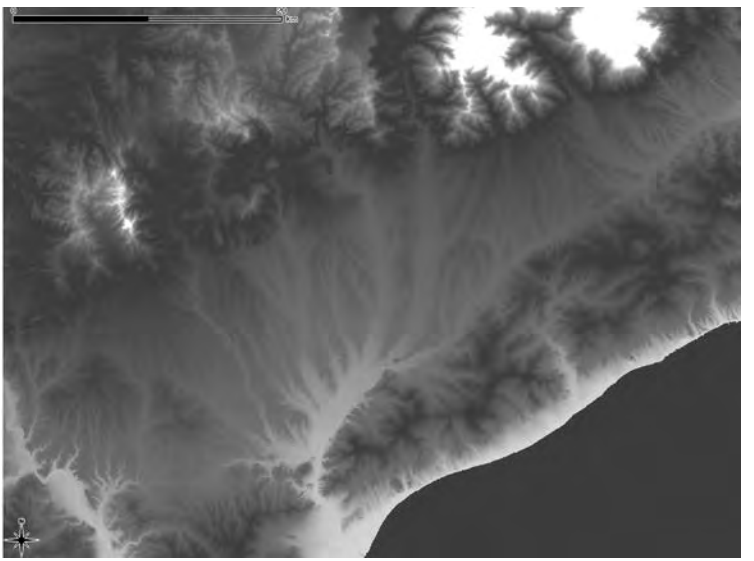


FIGURA 5. *Model digital del terreny en format ràster.*

# 4. GIS i arqueologia

Un cop definit què és un GIS, tractarem l'impacte d'aquesta eina de treball en l'arqueologia, tant des de punt de vista metodològic com del teòric. Aquest punt és realment important, sobretot d'ençà dels anys seixanta, quan la manera d'entendre la teoria arqueològica va canviar radicalment. Així doncs, és molt interessant entendre com aquestes «eines informàtiques» que van entrar en ple funcionament en la dècada dels anys noranta han estat enteses dins dels models teòrics i, en conseqüència, com han estat incorporats els GIS als corresponents marcs teòrics. Aquests corrents són, en definitiva, els que modelen la manera de fer arqueologia, de recollir les dades, tractar-les i estructurar-les, i de com, en darrer terme, interpretem la informació i n'extraiem conclusions (Lock, 2009: 75).

## 4.1. L'ús de models geogràfics en arqueologia

La creació de models geogràfics mitjançant sistemes d'informació geogràfica no es va popularitzar dins la recerca històrica i arqueològica fins la dècada dels anys vuitanta. Va ser en l'àmbit anglosaxó on van aparèixer les primeres publicacions (Kohler i Parker, 1986) sobre aquesta matèria, tot fent èmfasi en els models predictius. De fet, es tracta d'una disciplina jove, ja que només té uns trenta anys de tradició. Cal dir, però, que el seu ús no està generalitzat i encara no és complet ni global. D'altra banda, es tracta d'una de les renovacions metodològiques més importants dels darrers anys, pel que fa a l'arqueologia. Aquest factor es

combina tradicionalment amb altres tecnologies de caire computacional, del qual és un exemple el congrés internacional que se celebra anualment, dedicat a aquests temes, conegut com a *Computer Applications in Archaeology*. Malauradament, cal dir que tant a Catalunya com a l'Estat espanyol aquesta metodologia no està encara ben assentada. L'ús sistemàtic del GIS és ara com ara una feina pendent de resoldre al nostre país, especialment en relació amb la seva integració dins d'una metodologia científica.

D'altra banda, cal destacar que, tot i que es tracti d'una branca de recerca relativament jove, el seu ús en els darrers anys ha experimentat un fort augment. Tot i això, les bases que presenta per a realitzar una aproximació científica encara no han estat fixades totalment. Això no és necessàriament dolent, ja que permet adaptar aquest tipus de metodologies als problemes que presenten les humanitats i les ciències socials, i donar solucions diferents a les qüestions que proposen aquestes disciplines. Al mateix temps, noves branques de coneixement procedents de la intel·ligència artificial s'estan combinant actualment amb el GIS per tal d'assolir una aproximació menys determinista i més completa de la realitat. Un exemple n'és la modelització basada en agents, mitjançant la qual podem realitzar una simulació de sistemes complexos, amb els quals és més fàcil modelar la dinàmica de població humana (ara i en l'antiguitat), de manera que puguem respondre i aproximar-nos d'una manera més real a les comunitats pretèrites i als seus comportaments (Rubio, 2009: 158).

Aquests últims desenvolupaments volen fer front a la crítica fonamental que es realitza a les recerques d'anàlisi espacial a partir dels sistemes d'informació geogràfica. Segons aquesta, en la gran majoria de casos els projectes que fan servir GIS només tenen en compte les dades geogràfiques, tot ignorant d'altres procedents de l'arqueologia experimental o de l'etnoarqueologia (Grau Mira, 2006: 17-18). L'ús d'intel·ligència artificial i d'algoritmes que en provenen han permès superar aquesta barrera, ja que possibilita afegir variables relatives al comportament humà a les dades estrictament geogràfiques. Com a conseqüència, en els darrers anys s'està treballant per a ampliar l'ús del GIS com a eina d'anàlisi sobre els patrons d'ocupació espacials de les comunitats passades a un marc molt més ampli, que tingui en compte diverses àrees de

treball per a generar hipòtesis de treball més versemblants (Grau Mira, 2006: 17-18).

A banda de les crítiques, els avantatges de l'aplicació dels sistemes d'informació geogràfica a l'arqueologia són força evidents, ja que la majoria de dades que es tracten són espacials, per tal com procedeixen del registre arqueològic. De la mateixa manera, l'ús d'aquesta eina s'ha anat estenent també a diversos camps de la disciplina, com ara la gestió patrimonial de jaciments, la modelització predictiva, la prospecció o l'organització d'una excavació.

Aquestes dades d'entrada procedents del registre arqueològic —és a dir, les dades que introduïm i tractem amb un GIS— provenen d'orígens diferents:

— L'excavació. Es tracta de la recollida exhaustiva de la informació en un jaciment concret, on s'ubiquen espacialment els materials documentats i se'n descriuen les característiques. Cal dir que aquí els materials se situen tridimensionalment, tot prenent la X, la Y i la Z.
— La prospecció. Es tracta de dades que ens ajuden a fer-nos una idea global del territori i ens suggereixen possibles localitzacions de jaciments i la seva possible extensió.

La diferenciació entre els dos mètodes és important, ja que un ens proporciona una visió concreta d'un jaciment en concret, mentre que l'altre ens dóna una perspectiva global de l'àmbit o la regió. Cal esmentar una diferència important entre els dos mètodes: les dades procedents de la prospecció acostumen a estar situades sobre el terreny, mentre que en l'excavació les dades dels materials tenen tres dimensions, factor que s'ha de tenir en compte.

Aquesta tercera dimensió i la seva integració en el model geogràfic és un dels problemes de l'aplicació del GIS a l'arqueologia; la representació en un model més àgil, que no pas com a valors dins d'un ràster, és encara un problema per resoldre. Generalment, el programari GIS actual no dóna una resposta del tot eficient, tant si es tracta d'un jaciment a l'aire lliure com d'una cova, on es compliquen encara més les coses (Grau Mira, 2006: 23-24). Aquesta problemàtica és especialment greu en els casos de les excavacions preventives, ja que en aquestes intervencions seria molt útil poder registrar totes les informacions possibles de

manera àgil i intuïtiva. Recalquem la importància de l'ús del GIS en aquest darrer cas, perquè la majoria de les vegades un cop realitzada la intervenció el jaciment és destruït, i no queda cap altra manera d'accedir a la informació.

Un problema similar al comentat anteriorment succeeix amb la representació temporal. La majoria d'utilitzacions del GIS no tenen en compte aquest factor, ja que en general no és rellevant per a problemes d'enginyeria o geografia. Les dades amb què es treballa són del nostre present i serveixen per a resoldre problemàtiques actuals o bé del futur immediat. Però, per contra, en arqueologia el factor temporal és altament important, ja que les nostres dades poden presentar cronologies diferents i molt concretes. A més, en el cas que la nostra informació procedeixi de l'excavació, el factor temporal està íntimament lligat al factor espacial, perquè aquestes dades provenen d'una estratigrafia particular de cada jaciment. Darrerament, hi ha interès a representar aquesta tercera dimensió tant a escala *intrasite* (Barceló *et alii*, 2006) com ja de manera més global, en el corrent conegut com a TimeGIS.[15]

## 4.2. Els GIS i la teoria arqueològica

Els GIS, com qualsevol altra eina o subdisciplina dins de l'arqueologia com a ciència, han estat emprats i discutits dins dels diversos corrents teòrics des del seu primer ús. Cal recalcar que, tot i ser una eina, és important conèixer aquests corrents que han tractat el tema de l'espai, atès que el GIS s'utilitza per a registrar, analitzar i interpretar l'evidència arqueologica.

Primer de tot, ens sembla bàsic descriure el fonament d'allò que estudiem i analitzem amb el GIS: l'espai. D'entrada, podem diferenciar el dos conceptes d'espai que estan presents a la literatura científica i filosòfica: l'espai entès com a contenidor o bé l'espai entès com una relació entre coses. En el primer dels casos, el concepte *absolut* de l'espai s'entén com un contenidor de tots els objectes materials, l'existència del qual és independent dels objectes que conté. Aquesta visió, que prové dels filòsofs atomistes grecs, va perdurar i agafar força durant el Renaixement i moments posteriors (Conolly & Lake, 2009: 18).

15. Vegeu treballs com els de Tomáš Hlásny (2005).

En el segon cas, trobem el concepte *relatiu* de l'espai, on s'interpreta com una qualitat posicional del món dels objectes materials o esdeveniments. D'aquest fet es dedueix que no es pot parlar d'espai en absència de les coses que el conformen. Com a reacció a la teoria desenvolupada per Newton, basada en la relativitat del concepte d'espai, els filòsofs de la ciència del segle XIX es van inclinar per la idea del concepte relatiu (Conolly & Lake, 2009: 18-19).

El GIS descriu el món mitjançant els atributs, el registre d'allò que és present i les localitzacions; és a dir, allò que registra on és. Per a estudiar-los, analitzar-los i entendre els vincles que reflecteixen, hi ha dos models de dades diferents, que representen dues maneres ben diverses d'entendre el concepte d'espai, com ja hem vist.

Per una banda, trobem el model de *camps continus*, que proposa un espai on algun atribut varia, generalment de manera lleu i constant. Un exemple d'això seria el model digital d'elevació del terreny (DEM), on cada localització, en principi, té un valor determinat. Donat que aquest model de *camps continus* tracta les dades com un conjunt de localitzacions predeterminades a l'espai, el podem relacionar amb el concepte *absolut* de l'espai.

D'altra banda, tenim el model de dades d'*entitats* alternatiu que proposa que un conjunt de dades espacials tenen una localització i es caracteritzen per posseir atributs espacials i no espacials. Un exemple seria un mapa vectorial que representi els resultats d'una prospecció on el territori s'ha organitzat en polígons, i en aquests hi ha informació associada en forma d'identificador i un atribut precís, com és la cronologia dels materials. Si el comparem amb l'exemple anterior, hi podem trobar localitzacions que no tinguin un valor d'atribut. El model d'entitats presenta una certa relació amb el concepte filosòfic *relatiu* de l'espai, per tal com organitza la informació en funció dels objectes i no pas segons els conjunts de situacions predeterminades a l'espai (Conolly & Lake, 2009: 20-21). Cal recordar, però, que tant els mapes ràsters com els vectorials són estructures de dades i no models de dades. Els exemples anteriors que hem mostrat són l'associació estàndard entre models de dades i el concepte d'espai, però val a dir que també els podem trobar a la inversa.

Un altre debat important a comentar, abans d'entrar més en profunditat en el tema de la teoria arqueològica i el GIS, és la contraposi-

ció per alguns autors d'espai i lloc. De la mateixa manera que en el cas anterior, aquests conceptes van lligats a la manera d'entendre els sistemes d'informació geogràfica i el seu ús. Per un costat trobem el PaleoGIS, que entén l'espai de la manera «tradicional»: mesurant àrees i realitzant cartografia i anàlisi espacial, però sense anar més enllà. Per contra, el $GIS_2$, es defineix per la representació dels elements bàsics de l'experiència humana que donen sentit al món; és a dir, allò que es busca són les diverses connexions de «la comunitat» amb el seu comportament i el «lloc». Val a dir que tots aquests conceptes de lloc, espai, comunitat i paisatge humanitzat encara tenen un debat obert en el món de l'arqueologia.[16] Aquestes idees van ser proposades per M.R. Curry (1998) i van tenir ressò en el camp de l'arqueologia, sobretot pel que fa a la idea de «comunitat» que es proposava. Una comunitat crea i se sustenta conjuntament compartint una sèrie de categories construïdes per a donar sentit al món social i material que l'envolta, categories que també permeten expressions individuals i variacions. Aquestes categories poden ser espacials i aquests llocs poden arribar a ser llocs on els grups humans duen a terme activitats individuals o col·lectives, i que poden perdurar i ser negociades i renegociades, pervivint al llarg del temps. Aquesta visió del paisatge i de la seva relació amb les comunitats humanes contrasta amb el concepte tradicional de paisatge desenvolupat al segle XVI pels artistes, on aquest és observat des de la distància i força allunyat de tot allò que s'hi desenvolupava. Aquesta visió ha estat reforçada encara més per la cartografia i el GIS (Lock, 2001: 156). L'etern problema de la representació del temps i de l'espai està molt lligat a aquesta qüestió, com també la incapacitat del GIS de representar correctament processos.

Un cop descrits aquests conceptes principals, mostrarem l'evolució de l'ús del GIS i el seu vincle amb la teoria arqueològica. Com ja hem exposat abans, en geografia hi ha un debat important sobre si el GIS és una eina o bé una ciència, i sobre el seu ús en el vessant teòric i ètic. En arqueologia, ha succeït un fenomen similar, però sense donar tanta importància a la crítica feminista o al valor ètic del seu ús. Resumint en poques paraules aquest debat, els que consideren el SIG com una eina opinen que és potencialment aplicable a d'altres disciplines, tant si

16. Per a conèixer més a fons aquest debat, consulteu Lock (2001 i 2009).

s'empra dins d'un marc inductiu, molt típic de les ciències naturals i experimentals, com si s'utilitza dins d'altres marcs teòrics, com els que podríem trobar a les humanitats. D'altra banda, aquells que consideren el SIG com una ciència sovint el veuen estretament lligat al model de les ciències naturals i restringeixen amb aquesta visió el seu ús en altres disciplines.

En la història de l'arqueologia i el GIS, sembla que aquest sempre ha estat més present en l'àmbit de la recerca; és a dir, on la finalitat de l'estudi era entendre l'organització humana de l'espai. Des de les primeres aplicacions fins a l'actualitat, les prioritats d'estudi han estat diferents, buscant maneres diverses d'aproximar-se a distintes facetes de la conducta humana (Conolly & Lake, 2009: 23).

Anteriorment a l'aparició de la Nova Geografia, durant la dècada dels seixanta, la gran part dels treballs[17] sobre l'ocupació humana del territori consistien en resums merament descriptius, on discursivament s'explicava allò que havia passat a cada lloc. Aquest mateix fet es va donar en l'arqueologia en general, fins a la dècada dels anys setanta, on el discurs i la descripció, en la majoria dels casos, sense anàlisi, eren la base per a tractar tots els fenòmens arqueològics. Un exemple n'és el desenvolupament de les seriacions cronològiques i tipològiques dels materials, que, tot i estar dins del que entenem com a lògica inductiva, no tenien cap motivació ni necessitat de justificar teòricament aquestes explicacions ni aquests desenvolupaments, ja que tot estava englobat dins del «sentit comú». És curiós que alguns treballs d'arqueologia espacial del final del segle XX i principi de l'actual encara continuaven i continuen fent servir les mateixes premisses. Encara que les idees siguin correctes i les anàlisis també, molts cops l'error rau a no justificar prou la recerca. Per exemple, sovint en el nostre país es parla del fet que els assentaments ibèrics se situen en llocs elevats per tal que estiguin connectats visualment. Pot ser que aquesta afirmació sigui la millor hipòtesi i sigui corroborada amb anàlisis de visibilitat mitjançant un GIS, però, si no s'argumenta correctament i s'analitza que no és fruit de l'atzar o d'algun altre factor favorable, aquest estudi peca de caure en el nostre «sentit comú». Si evitem donar per

17. Tot i que estem parlant de fa cinc dècades, no cal anar tan enrere per a trobar treballs que encara segueixen aquesta línia merament descriptiva.

suposada la interrelació entre els assentaments, i tan sols prenem com a variable rellevant per a la seva localització la tria de zones amb una àmplia visibilitat de l'entorn, sense tenir en compte on són els altres, potser trobaríem el mateix patró d'establiments i no caldria afegir-hi la regla «poder veure altres assentaments».

Així doncs, seguint amb el fil cronològic, durant els anys seixanta i amb la Nova Arqueologia, paral·lela al desenvolupament de la Nova Geografia, els estudis van ser fets des d'un punt de vista positivista i «científic» (Lock, 2009: 76). L'aplicació d'un pensament lògic volia arribar a determinar lleis de caràcter general per al comportament humà. Tot i l'entusiasme inicial de l'aplicació a l'arqueologia d'un mètode hipotètic deductiu, com si es tractés d'una ciència experimental, la seva aplicació es va veure truncada quan es va començar a aplicar en recerca arqueològica. Aquest enfocament processual també destacava l'ús de mètodes quantitatius, sobretot de l'estadística. Això va derivar en lleis molt vagues i bàsiques, que en darrer terme no aportaven nous coneixements sobre el comportament humà. Tant es així que els seus crítics les van anomenar «Lleis de Mickey Mouse» (Flannery, 1973: 51).

Els primers anys noranta, però, dins del GIS va haver una evolució paral·lela en l'ús d'algunes d'aquestes metodologies. Diversos autors van emprar l'estadística de manera integral, juntament amb el GIS, de manera que els diversos tests aplicats podien servir per a analitzar les associacions entre jaciments i entorn mediambiental, patrons de localització, etc. Cal dir que a partir d'aquest moment va haver un interès més gran per un enfocament més inductiu (Conolly & Lake, 2009: 25).

Com a resposta a aquest enfocament processual, als anys setanta la geografia va incorporar una crítica humanista o antipositivista a les ciències socials positivistes, de la mateixa manera que ho va fer als anys vuitanta l'arqueologia postprocessual. A partir d'aquesta crítica basada en allò que els seus autors definien com simbolisme, experiència, coneixement i alteritat, els usuaris del GIS han pogut incloure nous matisos en els estudis i evitar els enfocaments positivistes que la crítica postprocessual ja havia refusat. Segons J. Conolly i M. Lake (2009), podem trobar tres tendències sobres l'ús del GIS en aquest marc postprocessual, tot i que no són mútuament excloents i sovint es poden trobar lligades:

— El primer dels corrents considera que l'important és la manera que tenim d'aproximar-nos al passat. És una aproximació radicalment diferent de les propostes que utilitzava la metodologia de les ciències experimentals i xoca amb la finalitat de trobar una explicació científica. Basant-se en models de pensament idealistes i en les idees de Hodder (1979), nombrosos arqueòlegs postprocessuals proposen que l'acció humana només es pot entendre adoptant la perspectiva de qui la realitza. Aquest corrent s'ha vist enriquit i emfasitzat pels enfocaments fenomenològics, que proposen la creació de l'experiència a partir d'un compromís personal amb el món físic. En trobem un exemple en les paraules de Christian Tilley (1990): «L'espai no pot existir al marge de les activitats i dels esdeveniments en què està implicat». Des d'aquest punt de vista, una de les crítiques que s'ha retret als treballs de GIS és el voler jugar a ser Déu; és a dir, a presentar una visió absoluta del paisatge. Com diu Julian Thomas (2000): «Fer que tot sigui visible ens dóna uns paisatges del passat que els seus habitants no reconeixerien […] sinó que a més representa una espècie d'apropiació intel·lectual». En aquesta línia, cada cop hi ha més autors que suggereixen l'ús de la realitat virtual, combinada amb el GIS, per a poder dur a terme estudis més complexos pel que fa a l'obtenció d'experiències similars a les condicions materials en el passat. Aquest model és radicalment diferent del que havíem vist anteriorment, on els mètodes quantitatius i la inducció eren la base de la metodologia per a dur a terme la recerca.

— El segon corrent postprocessual té com a objecte d'estudi aquells elements del passat que els investigadors han triat. Com a contraposició a l'arqueologia processual, que se centrava en els factors ecològics i econòmics del comportament humà, aquest corrent proposa canviar l'enfocament i prioritzar la dimensió humana del simbolisme i la significació. En trobem un exemple en l'explicació de l'expansió de l'agricultura a Europa, on es passa d'un model basat en la substitució d'un sistema de subsistència a un altre basat en el canvi de significat (Hodder, 1994). Així doncs, la majoria d'intents de trencar amb el determinisme mediambiental anterior s'han basat en anàlisis de visibilitat en el paisatge. Irònicament, aquest canvi pot caure en el mateix parany, ja que tendeix a fabricar un altre determinisme, tot i que basat en factors diferents. A més a més, cal tenir en compte que una anàlisi de visibilitat, per si sola,

no és una base fiable per a la recerca, ja que es necessiten altres eines per a completar els seus resultats. La resposta a aquesta crítica s'ha realitzat donant tres possibles solucions o opcions al problema comentat. En el primer dels casos, es canvia la base de la recerca en les línies de visibilitat per una modelització d'aspectes més complexos de percepció visual (Wheatley & Gillings, 2000 i 2002). D'altra banda, en el segon cas, es combina la psicologia gibsoniana[18] i el càlcul de moltes o totes les vistes possibles per a tractar de plasmar les «possibilitats» del paisatge, juntament amb el moviment que hi tenien les comunitats (Llobera, 2000, i Lock, 2009). En últim lloc, altres autors també han intentat modelar altres sentits a part de la vista (Mlekuz, 2004).

— El tercer i darrer corrent postprocessual a considerar està relacionat amb el concepte de l'alteritat del passat. Si la gent del passat va ser diferent i tenia maneres de pensar diferents, l'experiència mateixa de la individualitat i la seva relació amb l'entorn potser va ser radicalment diferent a la que nosaltres podem tenir (Thomas, 2000, i Tilley, 1990). Aquest fet implica reconèixer que el passat va poder ser diferent a com nosaltres el plantegem i que el que en realitat estem fent és plantejar un reflex de la nostra mateixa societat (Sánchez-Elipe Lorente, e.p.). Respecte al paper que té el GIS en aquesta posició, hi ha autors que plantegen que l'ús de models geogràfics i llenguatges determinats estan intrínsecament lligats al pensament occidental.

Així doncs, la principal crítica teòrica que rep l'ús del GIS i els recursos informàtics en general és que aquests tipus de sistemes de recerca no copsen en tota la seva mesura la relacionalitat que dóna sentit a les coses (Thomas, 2000). Els investigadors han respost a aquestes crítiques donant un sentit diferent a l'ús del GIS en les seves recerques, plantejant nous objectius i tenint-hi en compte altres factors que potser abans no

18. La publicació de l'obra *The Ecological Approach to Visual Perception* de James J. Gibson (1950) va representar un nou marc interpretatiu dins la psicologia ambiental. L'autor s'inclinava per una percepció de l'ambient més directa i menys processual, a diferència de les postures cognitivistes. Segons ell, la percepció és holística i està integrada en un marc ecològic, de manera que les propietats ambientals es perceben com a entitats significatives dins d'un context ecològic de variables relacionades entre si (Blanco Martín, 2009).

tenien aquesta importància. L'estudi basat en l'objecte o una revisió de l'anàlisi *intrasite* pot ajudar a realitzar un model on les relacions entre objectes i activitats dins d'un espai concret estiguin més presents. D'altra banda, en resposta a les crítiques de caire postprocessual i al problema ja comentat de representar processos de llarga durada amb el GIS, cada cop més s'estan desenvolupant estudis amb simulacions i models basats en agents per a simular processos relacionats amb els humans i el seu entorn.

En resum, i de manera breu, hem fet un repàs als conceptes més importants de la teoria arqueològica i la seva repercussió en l'ús dels sistemes d'informació geogràfica. Tot i ser una eina molt potent al servei de l'arqueologia, ha rebut nombroses crítiques pel fet de ser utilitzada a la babalà[19] i, en ocasions, sense cap rerefons teòric important. Tot i que aquests punts de vista crítics són vàlids, una de les parts positives d'aquesta eina en arqueologia és la diversitat de les seves aplicacions. Tant en el seu caràcter més bàsic, com podria ser ordenar de manera diferent les informacions referents a un jaciment arqueològic, com en la preparació i gestió d'una prospecció, o bé en un estudi més global d'una zona geogràfica, el fet de crear un sistema d'aquestes característiques ja ens dóna nova informació i ens obliga a reformular els nostres plantejaments inicials. Així doncs, un coneixement exhaustiu i complet de les possibilitats i utilitats que planteja el GIS, juntament amb una base teòrica on sustentar la nostra recerca, segurament ens permetrà desenvolupar metodologies adequades i més èxits en les nostres investigacions. A l'últim, tampoc no cal perdre de vista altres eines ja esmentades, com la modelització basada en agents, la intel·ligència artificial, la realitat virtual o la realitat augmentada, que, amb la seva integració amb el GIS, poden esdevenir recursos molt potents, tant en el camp de la recerca com en la divulgació del patrimoni arqueològic.

19. Cal dir, d'altra banda, que sovint aquests errors d'ús poden estar lligats a una manca de coneixements tècnics importants i al desconeixement de les possibilitats que el GIS ofereix.

# 5. Anàlisi espacial

Fins aquest moment hem estat definint i mostrant amb quins tipus de dades podem treballar en un sistema d'informació geogràfica i la manera que tenim de fer-ho. Totes aquestes qüestions són la base per a treballar en anàlisi espacial, on el GIS demostra tot el seu potencial. De fet, aquesta és la raó del funcionament dels GIS, que es basa en una llarga trajectòria de mètodes quantitatius en arqueologia. Moltes de les bases de l'anàlisi espacial van ser establertes per geògrafs quantitatius en les dècades dels anys cinquanta i seixanta del segle XX, i durant les dues dècades següents els arqueòlegs les van adoptar i les van modificar. Per motius diversos, i per l'emergència de determinats corrents teòrics, l'anàlisi espacial en arqueologia i en ciències socials va deixar de ser el focus d'interès. Això es deu, en part, al fet que hi havia una excessiva generalització de models matemàtics massa simplistes, que no eren capaços de tractar l'alta complexitat inherent a l'estudi de l'ésser humà i, d'altra banda, al gir teòric a favor de l'estudi del comportament humà des d'una perspectiva més relativista i contextualitzada (Conolly & Lake, 2009: 202). En la darrera dècada hi ha hagut una explosió i un renovat interès per l'anàlisi espacial, que ha pogut fer front a aquelles crítiques per a entendre millor l'organització espacial del comportament humà. Els últims anys, a més, en els camps de l'economia, la geografia i altres ciències socials, s'han fet avenços per conèixer i interpretar patrons complexos del comportament humà en diversos nivells, del marc local al més general, emprant-hi la geoestadística. L'arqueologia no ha participat tan activament com altres ciències en aquestes innovacions, però en els darrers anys

hi ha hagut un interès creixent a aplicar totes aquestes tècniques d'estudi a les comunitats humanes pretèrites.

Podem definir l'anàlisi espacial com allò que inclou les transformacions que podem realitzar a les entitats representades dins del nostre GIS. Tenint en compte el volum de dades al qual podem accedir, com les intricades i complexes relacions que s'estableixen entre elles, és necessari un període de processament de les dades per a aconseguir distingir connexions que a priori semblen difícils de veure.

Per a dur a terme tot el processament de dades, tenim a l'abast un nombre d'algoritmes, fórmules i tècniques molt elevat. Per tal de no quedar aclaparats per les possibilitats que ens ofereixen els diversos programes al nostre abast, cal conèixer quines aplicacions té cada eina, amb la intenció de treure'n un alt rendiment en la nostra recerca.

A continuació, descriurem algunes de les tècniques més utilitzades en anàlisi espacial, que molt sovint han estat les més emprades en arqueologia.

## 5.1. Consultes

La primera de les maneres de fer una anàlisi de la informació continguda en un GIS és mitjançant cerques i preguntes sobre les dades que ell mateix té. Això ho podem fer:

— A partir d'un atribut. El tipus de consulta que podríem realitzar seria, per exemple: «Mostra una llista de jaciments que tinguin ceràmica campaniforme».
— A partir de dades geogràfiques, amb una consulta com aquesta: «Mostra'm els jaciments que estiguin a 15 km de Barcelona».
— Mitjançant la combinació de factors, amb una consulta com la següent: «Vull saber quins jaciments hi ha a 15 km de Barcelona amb presència de ceràmica campaniforme».

Alguns sistemes d'informació geogràfica incorporen a les seves cerques la possibilitat d'emprar algoritmes dissenyats dins del camp de la intel·ligència artificial, i són prou complexos. D'aquesta manera, alguns poden respondre a preguntes més complexes, com ara: «Quina ciutat romana gran hi ha més al nord d'on estem situats?».

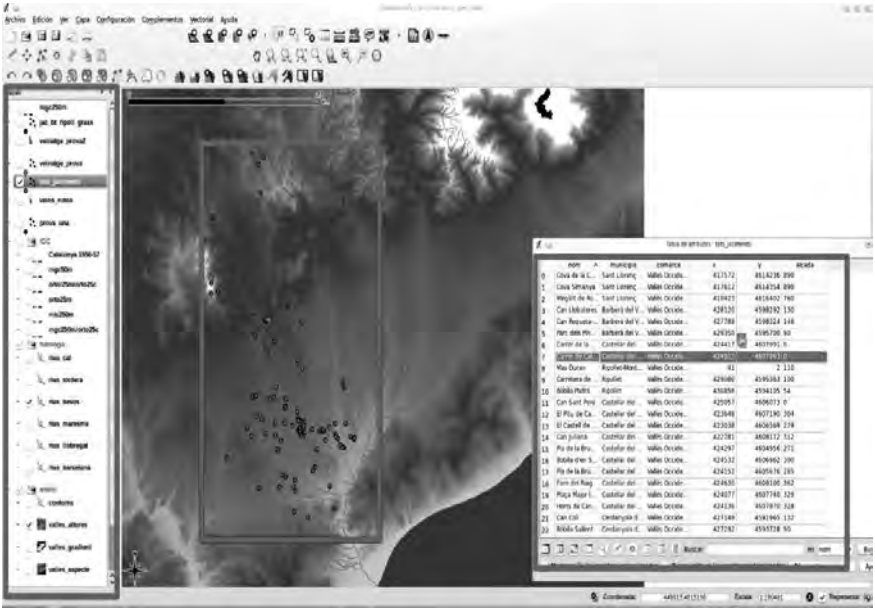


FIGURA 5. *Les tres vistes existents en la interficie gràfica d'un GIS (en aquest cas Quantum GIS).*

La informació continguda en un GIS pot ser mostrada a partir de tres interfícies gràfiques diferents. En el nostre cas, utilitzem el programari *Quantum GIS* i hi farem referència per a exemplificar gràficament aquests elements (figura 5).

La primera interfície és el catàleg, on podem veure les dades en funció dels fitxers que les incorporen. Les característiques que es tenen en compte són el format (ràster o vector), el tipus de fitxer, etc.

La segona manera d'accedir a la informació és a partir de la vista de mapa, on veiem directament tota la informació georeferenciada correctament de les diverses capes temàtiques de dades, les quals poden ser consultades molt fàcilment amb una selecció del ratolí.

I per acabar, la tercera vista és en forma de taula. En aquesta se'ns mostra la informació d'una capa concreta ordenada segons un dels seus atributs. Amb aquesta organització tenim la possibilitat de fer cerques complexes a partir dels atributs dels objectes. Normalment, per a fer aquest tipus de cerca s'utilitza l'anomenat SQL (Structured Query

Language), un llenguatge formal específicament dissenyat per a fer consultes en models entitat-relació. Usualment, les aplicacions donen la possibilitat de realitzar les cerques tant per línia de comandes com a partir de la interfície gràfica, com es pot veure a la figura 5.

## 5.2. Mesures

Aquesta segona aproximació permet calcular els valors numèrics que descriuen una característica particular en relació amb les dades geogràfiques. Això inclou la mesura dels objectes, la seva llargada, la distància entre dos punts, les relacions entre ells o bé la direcció (Longley *et alii*, 2006: 320). Aquest tipus d'anàlisi és un valor afegit del GIS, ja que no existeixen eines manuals precises capaces de calcular distàncies dins d'un model de terreny realista. De fet, com ja hem comentat, fou un dels requeriments principals dels primers GIS, dissenyats per a permetre la mesura d'àrees.

Tot i això, hi ha problemes en la discretització de les dades vectorials, necessàries per a ser representades en la plataforma informàtica i per a poder ser mesurades. El problema que es presenta rau en el fet que les línies corbes són representades dins d'un GIS com una col·lecció de punts enllaçats per línies rectes. La longitud conjunta d'aquestes línies rectes és menor que l'objecte corbat que es vol representar, donat que no segueixen exactament el mateix traçat, per la qual cosa hi ha un cert marge d'error, que s'incrementa en relació amb la complexitat del traçat i amb la simplificació del model creat. A més a més, el sistema ha de ser prou sofisticat per a tenir en compte la curvatura de la Terra, perquè, en cas contrari, l'àrea mesurada serà inferior a la superfície real, que no és exactament plana.

A banda de les possibilitats comentades, també podem calcular perfils; és a dir, mesurar la distància entre dos punts mitjançant l'alçada. Això és molt important, ja que, si treballem en un espai bidimensional, la distància més petita sempre serà una recta. Quan parlem de dades geogràfiques de caràcter tridimensional, però, és probable que un recorregut més llarg i pla sigui més ràpid que un altre de més recte, però que hagi de passar per muntanyes o creuar rius.

### 5.3. Generació de noves dades

Els dos tipus d'anàlisis mostrats fins ara no han modificat gens les dades de les quals nosaltres partim, i tampoc no n'han creat de noves. El següent pas, doncs, és transformar-les i generar nova informació a partir d'unes regles simples (Rubio, 2009: 152).

El primer dels algoritmes que podem fer servir és el *buffering* o àrea d'influència. Es tracta d'eixamplar un objecte donat, sigui un punt, una línia o una àrea. Podem fer aquesta anàlisi a partir d'un vector, o bé fent servir el format ràster, on assoleix tota la seva potència. Val a dir que el format vectorial possibilita la realització de consultes espacials implementades per la superposició de polígons (Conolly & Lake, 2009: 276). D'aquesta manera, per exemple, seria fàcil localitzar tots els jaciments situats en una mateixa comarca, com també, alhora, els que estiguessin a 30 m d'una futura carretera.

Així doncs, tornant al format ràster, podem parlar d'un cas concret com la generació d'isòcrones. Per posar un exemple il·lustratiu, pensem en un mapa en aquest format on se'ns mostri el cost de travessar cada cel·la del mapa; és a dir, que cada cel·la tingui un valor que representi què ens costa accedir-hi. Aquest valor s'anomena *valor de fricció* i, globalment, aquest tipus de representacions són conegudes com a *mapa de friccions* o *de costos.* Hem de tenir en compte que el cost del desplaçament depèn del mitjà de transport i dels atributs de la cel·la (Conolly & Lake, 2009: 282). En aquest cas, podem fer servir el *buffering* per a expandir-nos des d'un punt concret del ràster, tenint en compte les variables comentades anteriorment i la velocitat donada sobre els valors de fricció adjacents. Així doncs, entenem que a menor grau de fricció més ràpid es pot avançar i que a major grau de fricció el desplaçament serà més lent; per tant, el resultat no serà uniforme en la seva expansió en totes direccions.[20]

Un altre exemple d'anàlisi que podem aplicar a partir del *buffering* és l'algoritme de veïnatge. Es tracta d'un mètode per a determinar si un

20. Tot i això, cal entendre que el GIS, com a eina, té les seves limitacions per a representar i poder donar respostes a l'estudi de processos. Si volem aprofundir en aquest tema, com hem destacat abans, una bona aproximació podria ser la modelització basada en agents (ABM) (Conolly & Lake, 2009: 386, i Gilbert, 2007).

conjunt d'objectes a l'espai tendeix a un patró espacial aleatori o bé s'agrupa d'alguna manera. El concepte de «veïnatge» fa referència al conjunt de llocs utilitzats en una operació espacial per a calcular el nou valor d'atribut en una determinada localització. Les localitzacions d'un veïnatge no tenen per què ser espacialment properes. L'exemple de veïnatge més emprat es realitza a partir d'un mapa ràster, i consisteix que cada nova cel·la pren com a valor la suma de la cel·la de referència més les vuit cel·les immediatament confrontants. Per exemple, si analitzéssim mitjançant un algoritme del veïnatge més pròxim tots els jaciments romans de la comarca del Barcelonès, podríem observar la tendència de les agrupacions i els punts més importants, ja que tindrien valors més alts que les zones on els assentaments estaven més dispersos.

Cal tenir en compte, però, que això és una representació esbiaixada del registre arqueològic i que, de fet, allò que hem analitzat són els volums d'intervencions arqueològiques en una comarca, que en una bona part dels casos van lligats al desenvolupament urbanístic. Per a solucionar aquest problema hauríem d'elaborar dos mapes: un amb tots els jaciments coneguts del Barcelonès i un altre amb tots els jaciments romans. Un cop fet això, n'hauríem de fer la resta, per a observar, d'una banda, a on hi ha dades i a on no, i de l'altra si hi ha zones buides d'informació degudes no a la inexistència de jaciments sinó a la manca d'estudis. Es poden veure, per exemple, els resultats de l'aplicació de l'algoritme de veïnatge per a jaciments de la prehistòria recent a la zona del Vallès a la figura 6.

Més enllà del *buffering,* hi ha altres tècniques que ens permeten establir relacions entre els diversos objectes, especialment si estan modelitzats com a vectors. Hi destaquen els algoritmes que permeten veure si un punt és dins d'un polígon o calcular les interseccions i conjuncions entre tessel·les.

Una altra línia de transformació de dades és la interpolació. Es tracta d'una tècnica que permet estimar matemàticament els valors dels atributs (com l'elevació, el tipus de sòl, etc.) de localitzacions no mostrejades a partir dels valors calculats en llocs analitzats, quan els primers estan situats dins d'una zona de la qual ja hi ha dades (Conolly & Lake, 2009: 283). Podem fer servir aquest algoritme en casos d'estudi on ens faltin dades i vulguem augmentar la resolució mitjançant

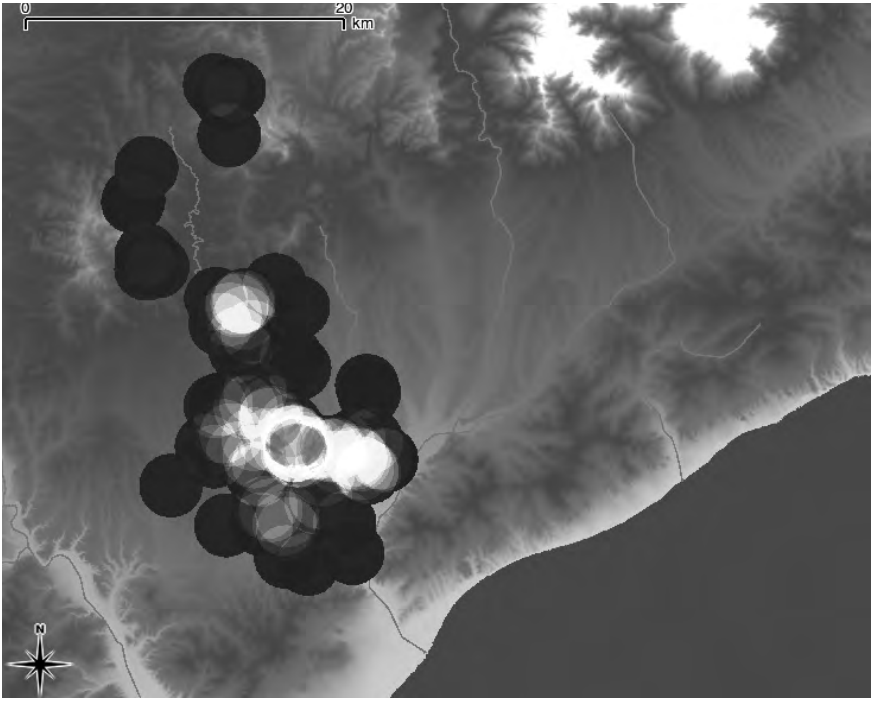



FIGURA 6. *Aplicacio de l'algoritme de veïnatge.*

el procés conegut com *resampling.* Cal dir, però, que la interpolació es pot aplicar a qualsevol fenomen espacial quantitatiu amb un mínim grau d'estructura; és a dir, quan els valors de les observacions no siguin aleatoris, sinó que presentin una autocorrelació positiva.[21] Per exemple, si estem treballant amb un DEM amb una resolució de 100 × 100 m i tenim un mapa amb una resolució de 50 × 50, amb el qual volem relacionar dades, haurem d'interpolar el DEM, per tal que tingui el doble de resolució i puguem comparar i relacionar els valors de manera correcta. Val a dir que hi ha diversos mètodes d'interpolar dades, però en tots els casos hem de ser conscients de l'operació que

21. Aquest terme descriu una forma d'estructura espacial on en tota la distribució succeeix, en major o menor mesura, que, com més a prop estan dues observacions, més similars seran els seus valors (Conolly & Lake, 2009: 132) .

estem realitzant i de l'exactitud de les dades originals. Cal recordar que en aquests processos estem obligats a pressuposar dades, amb tots els riscos que això pot comportar (Longley *et alii*, 2006: 90, i Conolly & Lake, 2009: 157).

Dins l'anàlisi espacial amb GIS, els quatre mètodes d'interpolació més emprats són la ponderació a partir de la distància inversa, l'algoritme dels polígons Thiessen, el *kriging* i la interpolació a partir de *splines.* Aquest darrer cas està molt indicat per a superfícies que varien lleugerament i lenta, com les elevacions d'un terreny poc abrupte.

Val a dir que tots quatre algoritmes són molt complexos; per exemple, dur a terme el *kriging* requereix uns alts coneixements d'anàlisi geoestadística. La selecció del mètode d'interpolació adient depèn de l'estructura de les dades mostrals, dels resultats que cerquem i de les característiques del model de superfície.

D'altra banda, també podem dur a terme l'operació contrària a la interpolació. És el que es coneix com reclassificació. En el cas anterior partíem d'un conjunt limitat de dades per a generar-ne de noves, i ara es tracta del cas oposat: simplificar un conjunt de dades alterant les «classes» o categories utilitzades en enregistrar els atributs (Conolly & Lake, 2009: 389). És a dir, simplifiquem les dades que tenim per tal de crear un nou mapa més senzill, sovint amb menys resolució. Aquesta tècnica és força utilitzada; per exemple, per a calcular densitats de població en un territori o bé per a analitzar si hi ha zones amb mancances de transport públic, d'abastiment elèctric, etc.

## 5.4. Resums descriptius i geoestadística

Els GIS incorporen tot un conjunt de fórmules, tests i tècniques relacionades amb l'estadística (mitjana, mediana, variància, correlacions, $X^2$, *t* de Student…) que ens permeten explorar, clarificar i determinar la importància de les relacions en les bases de dades espacials i d'atributs. D'aquesta manera, si la nostra mostra és prou àmplia, podrem canalitzar tota aquesta informació i organitzar-la. D'altra banda, els GIS també presenten tot un conjunt de tècniques anomenades *data mining*, relacionades amb el recull selectiu de dades i amb la detecció de patrons regulars entre aquestes.

## 5.5. Dades generades a partir del DEM

Com ja hem vist, el DEM és una de les bases més importants per a poder desenvolupar la nostra recerca en l'àmbit espacial. A banda de l'altura, que ja de si mateixa pot ser una variable rellevant, en podem extreure nova informació extremament útil per a realitzar l'anàlisi espacial.

Ens concentrarem en les dues més rellevants per a la nostra recerca, tot i que, com podem veure a la taula 1, n'hi ha moltes més. La pri-

TAULA 1. Models de superfície que podem obtenir a partir del DEM (a partir de Conolly & Lake, 2009: 147).

| *Atribut* | *Definició* | *Aplicació* |
|---|---|---|
| Gradient | Màxima inclinació en elevació | Inclinació del terreny, dificultat de moviment, classificació del potencial de terres, erosió i moviment dels artefactes, model predictiu de jaciment |
| Aspecte i exposició | Orientació del pendent descendent | Irradiació solar, model de vegetació, moviment, model predictiu de jaciments |
| Curvatura de perfil | Màxim pendent | Model d'erosió, avaluació dels sòls |
| Relleu ombrejat | Representació del relleu del terreny mitjançant l'efecte ombra | Anàlisi visual de la variabilitat del terreny |
| Insolació | Quantitat d'energia solar sobre un segment del paisatge | Model de vegetació, classificacions del potencial de les terres, model predictiu |
| Visibilitat | Localització de paisatge visible des d'un punt donat | Model predictiu, anàlisi de localització d'assentaments |
| Conca de drenatge | La zona que drena en un punt definit del paisatge | Anàlisi de localització d'assentaments |

FIGURA 7. *Gradient de la zona del Vallès.*

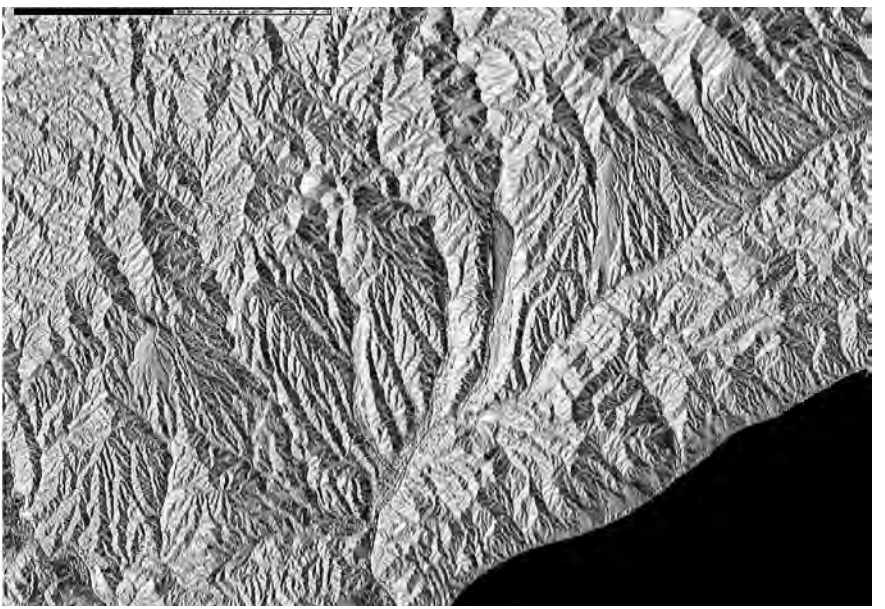


FIGURA 8. *Aspecte de la zona del Vallès.*

mera d'aquestes és el gradient. És el resultat de calcular, per a cada punt donat d'un DEM ràster, quin és el pendent respecte a l'eix d'horitzontalitat. Es tracta d'un factor força rellevant, ja que és una variable que incideix plenament en el càlcul de rutes de mínim cost i en la tria de localitzacions, problemes d'optimalitat que veurem a continuació.

L'altra variable que podem extreure del DEM és l'aspecte; ens indica l'orientació del gradient en graus, partint de la base que varia de 0 a 360º, tenint en compte que el 0 és el nord teòric (per tant, 90º correspondrien a l'est, 180º al sud i 270º a l'oest).

A les figures 7 i 8 podem veure, a tall d'exemple, el gradient i l'aspecte generats a partir del DEM del Vallès.

## 5.6. Rutes òptimes i accessibilitat

L'explicació d'un patró de l'ús humà del sòl requereix, encara que no sempre, conèixer-ne el potencial favorable i desfavorable a través del paisatge. És a dir, requereix que s'intenti establir l'accessibilitat relativa de les diverses localitzacions. En aquest sentit, és un concepte que s'ha modelat de diverses maneres, bé analitzant l'accessibilitat com una funció de la distància, de la compactació territorial, del consum energètic o del temps (Conolly & Lake, 2009: 281). En principi, podem dur a terme totes aquestes anàlisis amb un GIS. Per exemple, les dues primeres es poden elaborar mitjançant la creació d'àrees d'influència i polígons Thiessen.; en canvi, el temps i la despesa energètica es poden representar a partir del càlcul de les rutes òptimes.

Entenem per optimització (i rutes òptimes) el procés pel qual, a partir d'unes dades concretes, generem noves informacions que impliquin minimitzar el cost de qualsevol acció que representem, tenint-hi en compte el terreny. Cal dir que els algoritmes utilitzats per a resoldre aquests tipus de problemes procedeixen de certes branques de la intel·ligència artificial, ja que és el mateix GIS qui decideix quina és la millor opció al seu abast mitjançant una sèrie de regles predeterminades. En aquesta elecció té un paper molt important el terreny i les bonificacions o penalitzacions que nosaltres hi afegim. Per exemple, podríem tenir en compte variables històriques a més del propi territori,

marcant quines zones són les més adequades per motius culturals i quines altres estan penalitzades. Així doncs, la nostra ruta no només tindria en compte els factors geogràfics, sinó també d'altres variables de diversa mena que nosaltres haurem determinat.

Les qüestions que ens plantegem poden ser resoltes de maneres diferents, segons si es tracta de dades discretes o contínues. En el primer cas, s'estableixen xarxes on els nodes estan connectats per diversos enllaços (arestes) que marquen els camins possibles. En el segon cas, on no tenim arestes entres nodes, el desplaçament es realitza de manera contínua. Per tant, es pot triar qualsevol opció. Aquest darrer cas és el més efectiu quan es tracta de modelitzar moviments no marcats per vies de comunicació modernes (Rubio, 2009: 154).

Així doncs, podem dividir les tècniques i els algoritmes d'optimització en dos grans grups, tenint en compte el problema que volem resoldre. El primer, està marcat per l'elecció d'una localització d'un punt òptim donada una casuística concreta. Per exemple, faríem servir aquest tipus d'anàlisi per a situar una antena on hi hagués més cobertura o per a plantejar-nos on situaríem una fortificació en un territori, parant esment en les distàncies o els perills als quals s'hauria d'enfrontar.

El segon bloc és el que dóna resposta a l'elecció de la ruta òptima. Si disposem de dades discretes, hi podem escometre la modelització com a problemes de xarxes. Per exemple, determinar quina és la millor ruta de transport (públic o privat, o anat a peu) per a anar des d'un punt a un destí determinat. En la nostra vida quotidiana en trobem aquests models de manera habitual; per exemple, en els GPS dels cotxes o en portals com Google Maps, que ens recomanen el millor camí.

Uns dels casos més complexos de calcular són les anomenades rutes de mínim cost. En el món de la intel·ligència militar han estat molt explotades i també resulten molt útils per a determinar traçats de línies d'alta tensió, repartiments de recursos, etc.

Per a aquest càlcul podem fer servir un sistema d'isòcrones. A partir d'un mapa ràster amb els valors de fricció, definim un agent que es desplaçarà tot intentant trobar el millor camí fins a un destí marcat. Un cop definits els valors de fricció, hem de decidir com aquest agent es mourà per les cel·les, tenint en compte que cadascuna té vuit veïns. Tenim diverses possibilitats per a desplaçar-nos per aquesta estructura

geomètrica, des del simple moviment de la «torre» dels escacs (ens podem moure cap a l'esquerra, a la dreta, a dalt o a baix) al de la «dama» (és possible desplaçar-nos també en diagonal) i al més sofisticat del «cavall» (s'expandeixen les diagonals per a evitar problemes de distàncies diferents). A priori, el darrer mode és més efectiu i precís, però prendre en consideració que els moviments en diagonal són més llargs que els altres requerirà un cost computacional força més elevat, variable que s'ha de tenir present en el cas dels models complexos.

Quant als valors de fricció, podem fer sevir nombroses dades diferents al nostre abast, com l'elevació, el gradient o la paleovegetació (una zona de bosc seria més difícil de travessar que no pas una de conreu). Un cop donat el valor de fricció de cada cel·la, a partir d'algoritmes podem computar la ruta de mínim cost; es tracta d'un tipus de problema d'un grau de complexitat elevada.

## 5.7. Contrastació d'hipòtesis

El que hem mostrat fins ara en aquest apartat són anàlisis que podem realitzar amb un GIS per a generar noves informacions a partir de la mostra inicial; és a dir, es tracta d'una anàlisi en gran part inferencial. Partint d'aquesta premissa, podem treballar amb un GIS en la creació i la validació d'hipòtesis de treball (Rubio, 2009: 156).

Tot i això, i partint que la nostra mostra sigui prou representativa,[22] hi ha problemes greus en aquests tipus d'aproximacions a consideracions geogràfiques. En primer lloc, cap regió del món és representativa d'una regió més gran. Si escollim les regions a priori perquè siguin una mostra representativa, estem caient en l'apriorisme de triar les dades sense aleatorietat i, per tant, obtindrem un resultat predictible. Així doncs, també hem de pensar que en la superfície de la Terra no hi ha res de semblant a la mitjana. En pocs casos un estudi d'una regió concreta ens podrà donar informació sobre una altra de molt diferent, ja que els factors geogràfics estan tan relacionats que serà difícil decidir quins elements tenen en comú i quins no.

22. En matèria arqueològica, hem de ser prou conscients que treballem amb dades parcials.

Alternatives i solucions als problemes plantejats són l'estudi descriptiu del territori relacionat amb la qüestió a estudiar. En aquest cas, podríem emprar tota la potència dels sistemes d'informació geogràfica sense caure en generalitzacions. Una altra aproximació per a aprofundir en el nostre estudi és la detecció de patrons en una mateixa àrea, patrons que poden ser útils per a l'estudi d'altres zones i de problemes relacionats amb temes de rutes de mínim cost, àrees de captació de recursos, visibilitats, distàncies amb cursos d'aigua, relacions entre assentaments, etc.

# 6. El poblament durant la prehistòria recent a la conca del riu Ripoll (Vallès Occidental)

Per a il·lustrar els conceptes exposats al llarg del treball, presentarem tot seguit un cas d'estudi particular. En una primera part tractarem les fonts de dades utilitzades, els recursos i el programari que hem fet servir al llarg d'aquesta recerca. En cadascun dels casos explicarem els avantatges i els desavantatges amb què ens hem trobat durant aquest desenvolupament.

I ja en la segona part, farem una anàlisi dels patrons de poblament durant la prehistòria recent a la nostra zona d'estudi, l'espai comprés entre el riu Ripoll i la riera de Caldes. Primer mostrarem el conjunt de dades amb les quals treballem i, després, descriurem cadascun dels passos que hem seguit en realitzar aquesta anàlisi del poblament.

Per començar aquest cas d'estudi volem fer referència als diversos treballs que s'han realitzat a la zona del Vallès, tant els que són estrictament arqueològics com aquells que tracten qüestions de patrons de poblament. Exposarem els diversos estudis duts a terme a la zona relacionats amb la prehistòria recent. Es tracta d'un breu repàs sobre la història de les recerques i el seu el context històric. Posteriorment farem una aproximació als estudis sobre GIS i contextos prehistòrics duts a terme a Catalunya i a la península Ibèrica. Són treballs que paga la pena tenir com a referència. Finalment, clourem aquest apartat amb unes breus pinzellades sobre el panorama internacional tot fent referència a estudis punters en aquest context i amb cronologies sobre prehistòria recent en països com Anglaterra, Grècia, la Xina, França o els EUA.

## 6.1. Antecedents

Les investigacions sobre la prehistòria recent (5500-550 ane) a la zona situada entre el riu Ripoll i la riera de Caldes presenten una llarga tradició. La nostra àrea de recerca ha estat força analitzada ja des de mitjan segle XX. Cal incloure aquest territori en la dinàmica d'estudi del Vallès, que ha estat objecte de nombroses intervencions arqueològiques, sobretot en els darrers vint anys.[23]

Com hem dit, l'àrea circumdant a la conca del riu Ripoll ha presentat força interès per a investigadors de diferents cronologies, ja des de la publicació de *Les Arrels de Catalunya* el 1962 pel Dr. Tarradell, on ell situava «els pastors de la muntanya» i «els pagesos de la plana», establint aquesta diferenciació dins del model de poblament del neolític català. Aquesta proposta, actualment superada, és el reflex de la investigació arqueològica del país en aquell moment. Aquestes dues comunitats estaven separades per la localització diferenciada dels seus assentaments i per una cultura material diferent; per tant, això permetia intuir uns sistemes econòmics oposats. L'eneolític s'identificava amb el començament de la metal·lúrgia, el fenomen megalític i la civilització campaniforme (Martín, 1990: 10). Més tard, aquesta separació i aquesta terminologia portaria a confondre l'anomenat eneolític i el bronze inicial. Cal remarcar, però, que en aquests moments les teories difusionistes estaven molt presents i eren aquestes les que ho explicaven tot. Tots els fenòmens s'explicaven a partir de grups humans nouvinguts i, per tant, semblava que les comunitats prehistòriques estaven contínuament moviment. Metodològicament, l'arqueologia en aquells moments deixava molt a desitjar, com diu A. Martín (1990): «Les eines bàsiques de l'arqueòleg eren el pic i la pala […] i la màxima preocupació estratigràfica solia arribar només a la confecció *a posteriori* d'una estratigrafia».

Un parell de dècades després, fruit de les innovacions en la metodologia arqueològica i en la implicació de prehistoriadors francesos, com Jean Guilaine o Georges Laplace, la prehistòria catalana va rebre un important impuls. Els investigadors locals es van formar en els ambients

23. La majoria de les intervencions dutes a terme els darrers anys han estat preventives i, sovint, els resultats només han estat publicats en forma de memòria arqueològica.

més punters del moment. Aquest fet va repercutir en l'adopció d'una metodologia arqueològica molt més acurada i científica, amb més rigor a l'hora d'elaborar hipòtesis de treball.

Llavors, en la dècada dels anys setanta del segle XX, la nova metodologia feia evident la necessitat d'integrar els factors i els recursos mediambientals en la recerca de la prehistòria. El principal problema, però, era la manca d'especialistes formats en disciplines relacionades amb la geomorfologia, el paleoambient i la bioarqueologia. A partir d'aquest moment, la formació de persones en aquests camps a les universitats (normalment fora de l'Estat) va ser necessària per a endegar les noves línies de recerca.

En aquest context de canvi de metodologies i de nous plantejaments cronològics, cal esmentar la situació de l'arqueologia del moment. Per a poder fer una revisió i una posada al dia de les cronologies i els materials van caldre noves estratigrafies que permetessin observar una «evolució cultural». La idea, d'acord amb els treballs de Jean Guilaine i d'altres prehistoriadors francesos al sud de França, consistia a comprovar aquesta nova classificació amb noves intervencions, per tal de poder reclassificar tots els materials acumulats en museus. La revisió i els estudis realitzats en el context de la prehistòria francesa van permetre establir, en documentar materials idèntics a tots dues bandes dels Pirineus, una cronologia similar per als jaciments catalans de la prehistòria recent. En aquesta nova visió de la prehistòria es valoraven i tenien molta importància els materials que es repetien dins d'uns horitzons contemporanis[24] i que permetien adscriure cronològicament materials excavats abans (Martín, 1990: 12). Un altre punt cabdal és l'interès per les datacions radiomètriques, que donaven un nou sentit a la cronologia i que validaven el nou model. A partir d'aquest moment van ser una eina bàsica per als investigadors.

Així doncs, les velles teories difusionistes es van qüestionar i es van posar sobre la taula temes de caire metodològic; els que es van plantejar i van assentar les bases per a treballs futurs van ser els següents: millorar la metodologia de camp amb una capacitat de registre més ampla; revisar conceptes com ara fenomen (per exemple, el megalitisme), civilitza-

24. Allò que podríem entendre com a fòssils directors.

ció i grup cultural; la participació d'especialistes determinats per a estudiar camps de la paleoeconomia i la paleoecologia; posar en dubte el concepte de «fòssil director»… i donar una major importància a la interacció entre l'home i el medi.

Amb aquests plantejaments es van dur a terme intervencions a jaciments com la Bòbila Madurell-Can Feu (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental) o la Cova del Frare (Matadepera, Vallès Occidental), entre d'altres. En definitiva, aquestes metodologies, que en bona part han arribat fins als nostres dies, han condicionat positivament la recerca actual. En aquesta direcció, hi va haver nombroses publicacions sobre la prehistòria de la zona del Vallès com les d'Araceli Martín (1985) per a les cronologies del neolític i calcolític, les de M. Àngels Petit i Ramon Marcet (Marcet i Petit, 1985, i Petit 1986 i 1990) per a l'edat del bronze, o José Luis Maya (1990) pel que fa a jaciments del bronze final i del primer ferro.

Paral·lelament a tot aquest moviment de renovació, el paisatge del país estava canviant ràpidament i desgavelladament a causa de la construcció massiva. Un paràgraf de la tesi de Ma Àngels Petit, que en part encara és vigent avui dia ho exposa perfectament:

> A finales de los años cincuenta, pero sobre todo en la década de los sesenta, las comarcas del […] Vallès sufrieron una serie de trastornos que actuaron de un modo definitivo sobre la configuración de dichos territorios. Estas irreparables alteraciones se produjeron por el crecimiento desmesurado, caótico y rapidísimo de todas las ciudades y algunos pueblos. De igual manera se realizaron gran cantidad de obras de infraestructura viaria, todo lo cual ocasionó grandes remociones de tierras. Finalmente el fenómeno social de la llamada «segunda residencia» produjo el florecimiento de toda clase de urbanizaciones que asaltaron los bordes montañosos y la media montaña, alterando de un modo considerable algunas zonas prácticamente vírgenes. Con todas estas graves acciones antrópicas sobre el medio se perdieron muchos yacimientos arqueológicos, al mismo tiempo que algunos se pusieron al descubierto. (M. Àngels Petit, 1986: 4)

Així doncs, en aquest context d'urbanització massiva, les troballes arqueològiques van ser nombroses. Però els centres de recerca «oficials» es van veure desbordats i no van poder dur a terme excavacions preventives o d'urgència. És aquí on entren en joc les associacions i els museus

locals, que, amb persones vinculades a la recerca local i amb bons observadors, van salvar els materials que van poder durant aquestes grans remocions de terra. Tots aquests materials van anar a parar als museus locals i en molts casos van restar inèdits fins a reestudis posteriors. El gran problema que presenten aquests objectes és la seva manca de context i, en conseqüència, la dificultat per a ubicar-los cronològicament. D'altra banda, cal reconèixer la tasca de totes aquelles persones que es van interessar pel patrimoni i que, dins de les seves possibilitats, van salvar tot allò que —en gran part de les ocasions— ara trobem exposat als museus locals.

Ja al final de la dècada dels noranta i fins ara, hi ha hagut un gir en les intervencions que es practiquen a la zona de Vallès, ja que la presència d'arqueòlegs professionals en aquestes obres és constant. Com a exemple d'aquests tipus d'actuacions, tenim les diverses excavacions dutes a diferents sectors de Can Roqueta, com ara Can Piteu, Can Roqueta II, Torre Romeu o Can Revella (González *et alii*, 1999; Carlús *et alii*, 2005; Oliva & Terrats, 2005, i López Cachero, 2006), on es van documentar diversos assentaments (tant espais d'hàbitat com contextos funeraris) de diverses cronologies que van ampliar el coneixement sobre el poblament prehistòric i històric de la zona. Les successives campanyes d'excavació van permetre una aproximació des d'una perspectiva pluridisciplinària, ja que van integrar diversos especialistes (arqueozoologia, paleoantropologia, palinologia, arqueometal·lúrgia, ceramologia, carpologia…) tant en el treball de camp, com en el de laboratori. Altres exemples d'intervencions urbanes a la zona que han resultat espectaculars són les troballes d'un hipogeu calcolític al carrer de París de Cerdanyola del Vallès (Francés *et alii*, 2006), el paratge arqueològic de Can Gambús (Roig & Coll, 2006-2007; Artigues Conesa *et alii*, 2006-2007 i Roig *et alii*, 2010), la necròpolis del primer ferro descoberta al Pla de la Bruguera (Clop *et alii*, 1998), el jaciment neolític de la Vinya del Regalat (Vicente Campos, 2005) o el paratge arqueològic de Can Filuà (Terrats, 2009).

Durant aquests darrers anys el volum d'intervencions a la nostra zona d'estudi ha estat molt elevat. Com a conseqüència,[25] s'ha generat un

25. A banda de la desaparició de tot aquest patrimoni, ja que en la immensa majoria de casos no se n'ha conservat res.

gran nombre de memòries i informacions sobre la prehistòria i la història de la zona, que en la majoria dels casos no s'han publicat o s'ha fet amb caràcter escadús. Aquest fet és un gran problema de cara a la recerca, ja que és complicat accedir a aquestes informacions i elaborar estudis de conjunt.

Així doncs, volíem remarcar que en l'actualitat encara resten alguns problemes importants per resoldre. Potser els més importants siguin els següents: la definició d'un marc cronològic més precís, la reconstrucció mediambiental i l'evolució del paisatge al llarg de la prehistòria recent, un millor coneixement dels models d'ocupació de cada etapa, així com de les pràctiques funeràries associades, els canvis i les transformacions econòmiques més rellevants al llarg del temps i, finalment, la seva incidència en les estructures socials i ideològiques de cada moment.

Amb aquest breu apartat no volíem fer una extensa anàlisi sobre la història dels jaciments estudiats; la nostra intenció era simplement exposar-ne el context per a entendre en quin marc històric s'han desenvolupat les intervencions arqueològiques a la nostra zona d'estudi, ja que, en part, ha configurat la nostra recerca i els nostres resultats. No és estrany, doncs, que en els nostres plantejaments inicials trobéssim grans buits al mapa «arqueològic» de la zona situada entre el riu Ripoll i la riera de Caldes o, per contra, una massificació de «jaciments» en àrees molt concretes. En el fons, aquestes distribucions no responen a un patró determinat. Per tant, hem d'anar amb molt de compte, perquè allò que ens mostren aquests mapes és el nombre d'intervencions realitzades o de troballes, no pas un patró de poblament. Un altre problema amb què hi hem topat, molt relacionat amb el que hem descrit en aquestes línies, és el fort creixement de determinats pobles els anys seixanta, sense cap mena de control. De fet, en tenim el reflex a la carta arqueològica dels municipis, bé per les troballes fortuïtes, bé pels immensos —i sospitosos— buits que ens trobem.

En conclusió, volem dir que en el moment d'elaborar aquest treball hem estat conscients de les mancances en les dades i de la seva particularitat, però també que hi podem treballar i plantejar hipòtesis sobre el poblament prehistòric. És possible generar nou coneixement sobre els assentaments excavats a partir de detectar patrons regits per coordenades espacials, geogràfiques i/o paisatgístiques, difícilment detectables sense

un model com el que plantegem. Aquestes hipòtesis no són definitives, però ens serviran de base de treball per a elaborar més endavant un pla de prospeccions en zones concretes on creiem interessant d'actuar-hi, tant perquè poden ser zones amb un alt potencial arqueològic, com perquè han quedat més allunyades de la recerca en aquesta zona del Vallès.

## 6.2. Estudis de poblament prehistòric i modelització geogràfica

Pel que fa als estudis de poblament a la nostra zona d'estudi, hi ha hagut alguns treballs des dels últims anys vuitanta. Cal dir que totes les aproximacions realitzades són molt descriptives i cap no fa una anàlisi espacial dels jaciments com a conjunt. L'altre fet és que només en un cas (Carlús & Terrats, 2003) presenten una visió diacrònica i general, encara que només sigui de la zona de Sabadell.

Trobem un dels primers estudis de poblament als treballs de M. Àngels Petit (1985 i 1992-1993) pel que fa a l'edat del bronze. En aquesta recerca, a més de les comarques del Vallès Occidental i l'Oriental, s'estudien altres zones com el Moianès, el Baix Llobregat, el Maresme i el Barcelonès. L'eix principal del treball és l'edat del bronze i la revisió de materials de museus locals a partir dels esquemes francesos; en acabat, l'autora realitza extrapolacions sobre qüestions relacionades amb el poblament i la societat.[26] Són interessants els diversos mapes que acompanyen el text, ja que es tracta de la plasmació cartogràfica dels diferents tipus d'assentaments, tot i que la part més interessant del treball rau més en la revisió de materials arqueològics, que no pas en les qüestions espacials. Altres estudis a comentar són els d'Araceli Martín (1985 i 1990), que analitza el poblament neolític i el calcolític a la zona del Vallès a partir dels diversos assentaments que corresponen a aquestes dues cronologies. Com a treball de síntesi és un referent, però les qüestions d'anàlisi espacial no hi són gaire presents, tant que trobem a faltar més mapes de la zona d'estudi. Pel que fa a cronologies més modernes, tenim els estudis de José Luis Maya (1990), on es tracta la problemàtica

26. Aquesta recerca va ser publicada en diversos formats. Més informació a: Marcet i Petit (1985) i Petit (1990 i 1992-1993).

del bronze final i el primer ferro a la Depressió Prelitoral. En aquest cas continua la tònica anterior i, tot i que la situació relativa dels jaciments prenen molta rellevància, es dóna escassa importància a la seva distribució espacial. Cal dir que sí hi ha un mapa de la zona amb la situació dels assentaments classificats segons el tipus.

Un altre treball a tenir en compte, de caire més protohistòric, és el de Joan Manuel Coll, Josep A. Molina i Jordi Roig (1993) centrat en la conca alta del riu Ripoll. És un intent d'estudi del poblament protohistòric en aquest territori, tot posant en conjunt dades d'excavacions preventives i resultats de prospeccions. Els autors també tracten qüestions relacionades amb la captació recursos, però sense acabar-ne de delimitar les àrees ni donant un model de poblament clar.

També cal destacar un dels estudis més moderns i potser més globals, tot i la seva localització concreta en l'entorn de Sabadell; és el de Xavier Carlús i Noemí Terrats (2003). S'hi tracta el poblament d'un espai concret, com és la conca mitjana del riu Ripoll en l'entorn de Sabadell, des del paleolític fins a l'antiguitat tardana; a desgrat que no hi ha una modelització geogràfica, és un treball molt interessant, ja que s'elabora sobre la base de dades procedents d'excavacions preventives i d'altres realitzades en aquell entorn. Una altra qüestió important és l'atenció parada a les dades mediambientals, ja que proposen una breu anàlisi del paisatge antic i dels diversos tipus de recursos a la zona. D'altra banda, són molt rellevants els diferents models de poblament que proposen per a cada època en relació amb els recursos disponibles i la situació geogràfica.

A l'últim, seria interessant subratllar altres publicacions que, malgrat que no tenen un caràcter analític quant al poblament, sí presenten un interessant recull de dades. Per exemple, ens volem referir a la monografia de la necròpolis de Can Piteu (Carlús *et alii*, 2007), on tot allò que hi apareix està cartografiat i es proposen models de poblament per a tot el paratge del Can Roqueta. Es tracta d'un treball sobre un jaciment concret i, per aquest motiu, tampoc no ens ofereix una perspectiva global, tot i que l'abundant cartografia és un punt positiu. També paga la pena comentar l'edició d'un CD anomenat *Mapa arqueològic de Sabadell* (Carlús *et alii*, 2007), on amb el programa Google Earth estaven catalogats tots els jaciments del municipi de Sabadell, incloent-hi els exca-

vats de manera preventiva, ordenats per cronologies i amb una petita fitxa explicativa. Es tracta d'un recurs molt útil per a conèixer el patrimoni de Sabadell i creiem que és una bona eina per a fer-ne difusió.

Tots aquests treballs esmentats són referents a tenir en compte, ja que sense ells la recerca actual sobre el territori seria molt complicada. Recerques de caire descriptiu són necessàries per a poder plantejar correctament els problemes a resoldre i poder situar i presentar el conjunt de dades a treballar. D'altra banda, trobem a faltar publicacions de caire més analític per a la nostra zona d'estudi.[27]

Tot i això, no hi ha estudis globals o de mesoescala mitjançant l'ús de sistemes d'informació geogràfica que abastin tota la prehistòria recent en aquesta zona. Podríem trobar exemples semblants a d'altres zones de Catalunya, com ara al Penedès, on Xavier Esteve (2006) va elaborar una proposta metodològica per a estudiar el cabal potencial de les xarxes fluvials en l'antiguitat i posar-les en relació amb els jaciments de la prehistòria recent. Així doncs, fent servir diversos tests estadístics mesurava la importància de les distàncies dels jaciments respecte als cursos fluvials, determinants per al seu establiment. Aquest estudi representa un bon exemple, perquè són escasses les anàlisis mesoespacials del territori, sobretot quan es tracta de cronologies prehistòriques (vegeu figura 9).

I ja buscant altres exemples que ens queden més allunyats geogràficament, tenim el treball de Leonardo García Sanjuán, David Wheatley, Patricia Murrieta i Joaquín Márquez (2009) sobre diversos aspectes de la prehistòria recent al sud de la península Ibèrica. Els investigadors apliquen, mitjançant l'anàlisi espacial i el GIS, estudis a escala macro (captació de recursos, pautes de visibilitat i vies de pas) i micro (registre en superfície i anàlisi de densitat de materials). Es tracta d'una recerca molt interessant, ja que amb aquest conjunt de tècniques els autors posen en relació la importància de les fites en el paisatge i les construccions megalítiques de la zona amb les vies ramaderes i els antics camins.

27. Tot i la gran difusió del GIS en arqueologia dels darrers anys, cal dir, però, que el seu ús es limita a la confecció de cartografia i de bases de dades, sense fer-ne una anàlisi espacial; per aquest motiu, no és d'estranyar que la nostra zona d'estudi hagi estat poc tractada des d'aquest punt de vista.

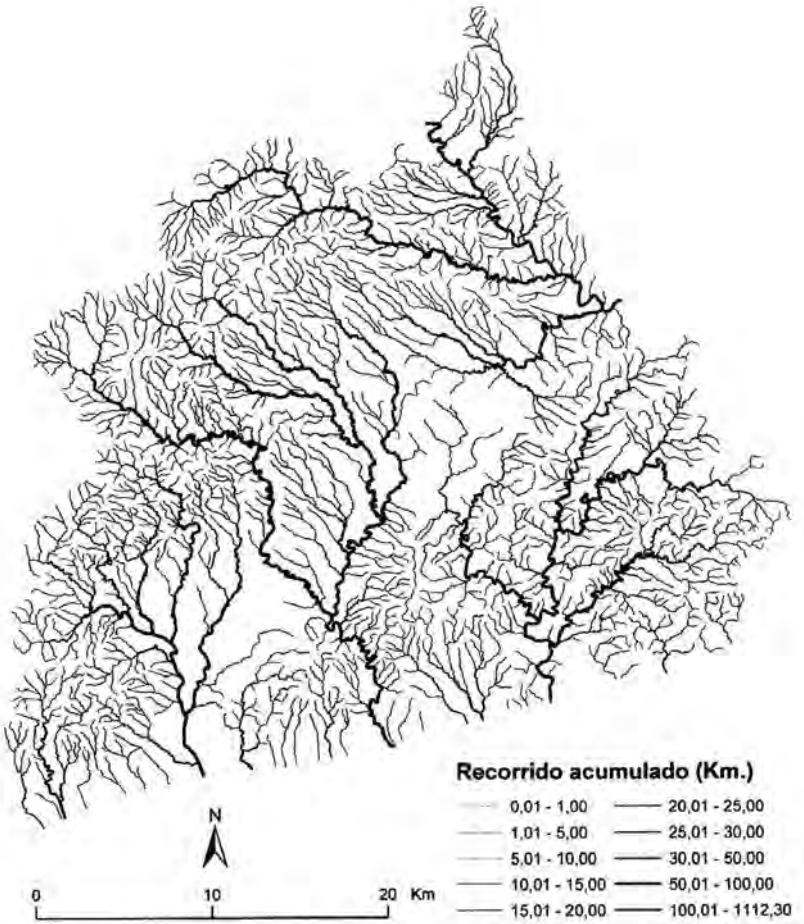



FIGURA 9. *Ús de la tècnica del cabal acumulat a la zona del Penedès (Esteve 2006: 103, fig. 3).*

Un altre cas a valorar seria l'estudi realitzat a la comunitat de Madrid per a analitzar els models d'ocupació durant la prehistòria recent al Bajo Jarama (Bermúdez *et alii*, 2006). Amb una mostra de gairebé cinc-cents jaciments (en bona part excavacions preventives i prospeccions), es van estudiar estadísticament diverses variables (proximitat a les conques fluvials, encreuaments hidrogràfics, reocupacions d'assentaments, alçada sobre el nivell del mar dels jaciments…)

per a detectar patrons en l'ocupació del territori durant aquestes cronologies.

Altres estudis com els de visibilitats entre assentaments o l'ús de rutes de mínim cost estan molt més estesos, tant en cronologies prehistòriques com en casos més moderns.[28] En tenim exemples amb els estudis d'art rupestre a la zona d'Alacant (Fairén Jiménez, 2004) o a la de Santolea (Terol) (Martínez Bea, 2006), on la visibilitat, en les seves diverses variants, i les rutes òptimes s'utilitzen conjuntament per a buscar les possibles variables geogràfiques que porten a la ubicació de les pintures llevantines. L'estudi de gradients, aspectes, vies de pas i visibilitats donen noves dades per a la interpretació de l'art rupestre llevantí i els assentaments neolítics. Altres treballs, com els realitzats als conjunts megalítics de Sierra Morena Occidental (Huelva i Sevilla) (García Sanjuán *et alii*, 2006, i Wheatley & Murrieta, 2008), han permès analitzar mitjançant el mètode de la conca visual acumulada un conjunt de 36 monuments megalítics i quatre assentaments. Els investigadors han treballat les relacions visuals tant entre els megàlits, com entre aquests i els assentaments, per a intentar definir comportaments de caire simbòlic i ideològic. Trobem un altre exemple d'anàlisi de visibilitats en època ibèrica i romana en el treball de Carme Ruestes (2006), que, a partir d'aquesta tècnica i dels polígons Thiessen, tracta d'analitzar els patrons d'assentament en aquestes dues èpoques a la zona de la Laietània litoral.

Per acabar aquest apartat, creiem que és imprescindible citar treballs que s'han realitzat fora de la península Ibèrica i que actualment poden servir-nos de referència, ja que són estudis punters en el camp. Cal recordar que sobretot als EUA i al món anglosaxó l'anàlisi espacial mitjançant GIS té una forta tradició en la recerca arqueològica.

Per aquest motiu, ens sembla interessant posar exemples com el Kythera Island Project[29] (Bevan & Conolly, 2004), dirigit per Cyprian

28. Quant a aplicacions d'anàlisi de visibilitat i recorreguts òptims en cronologies històriques, vegeu, per exemple, el cas de la romanització de la Contestània (Grau Mira, 2006); i per a un exemple d'època moderna, l'estudi de la batalla d'Almenar (1710) (Rubio, 2008) o de la batalla de Talamanca (1714) (Rubio & Hernàndez, 2009).

29. Més informació sobre el projecte a: <http://www.ucl.ac.uk/kip/index.php> (consulta 10/8/2010).

Broodbank (University College London) i Evangelia Kiriatzi (Fitch Laboratory, British School of Athens). L'objectiu de la seva recerca consistia a estudiar la diacronia del poblament durant set mil anys a l'illa de Kythera (Grècia) emprant-hi totes les ciències auxiliars disponibles a l'abast: geoarqueologia, GIS, geofísica, palinologia, arqueometal·lúrgia i estudis de materials, entre d'altres. Es tracta d'un projecte molt interessant, ja que aquesta illa està situada en un lloc estratègic per a les comunicacions entre l'Egeu i la Mediterrània central, i sobretot perquè havia estat molt poc estudiada. L'ús del GIS dins del projecte va tenir un paper preponderant, ja que va permetre la integració de totes les troballes en un mateix marc de treball; la creació d'una metodologia específica tenint en compte el tipus de dades; treballar les dades procedents de la botànica, la geoarqueologia i la recerca d'arxiu, i explorar quantitativament els resultats de l'excavació.

En les mateixes línies de recerca del cas anterior, o semblants, cal destacar el projecte de *La Balagne Landscape Project*,[30] a l'illa de Còrsega, dirigit per Michel-Claude Weiss, Marcos Llobera, Keith Wilkinson i Nick Branch. Es tracta d'una recerca destinada a conèixer l'evolució del paisatge a la regió de La Balagne i les implicacions simbòliques i socials associades. Un altre vessant d'aquesta recerca està molt relacionat amb l'estat de l'art en la recollida de dades i el seu tractament amb sistemes d'informació geogràfica. Aquesta darrera qüestió és molt interessant, ja que la mateixa recerca obliga al plantejament de noves metodologies, més adients per a cada tipus de dades.

Un altre treball que és molt brillant per la metodologia que ofereix i els seus resultats, és el de Hai Zhang, Andrew Bevan, Dorian Fuller i Yanming Fang (2010) sobre la combinació de l'arqueobotànica i les aplicacions del GIS. En aquesta recerca s'han pogut analitzar qüestions relacionades amb el desenvolupament de l'agricultura a la vall del riu Ying (Xina) des del neolític fins a l'edat de bronze. Mitjançant l'anàlisi de components principals i el GIS s'han pogut detectar les zones més adients per a l'agricultura, el seu desenvolupament i la relació d'aquest fet amb l'entorn i el medi ambient.

30. Pàgina web del projecte: <http://depts.washington.edu/digarlab/balagne/labalagne.html> (consulta 19/8/2010).

També ens agradaria destacar una altra recerca sobre l'evolució del poblament prehistòric a la zona de Tessàlia (Grècia). Els investigadors Alexakis Dimitrios, Sarris Apostolos, Astaras Theodoros i Albanakis Konstantinos (2010) han desenvolupat un estudi dels patrons d'assentament neolítics a partir de la realització d'anàlisis del DEM, *remote sensing* i estadística. A través de la integració de totes aquestes tècniques han detectat nous assentaments i han pogut integrar altres dades per a reconstruir el paisatge de la plana tessàlia durant el neolític.

Per concloure, voldriem remarcar que aquests són alguns dels exemples que podríem posar, però n'hi ha molts i de molta qualitat. Grups de recerca com l'*Archaeological Computing Research Group* de la Universitat de Southampton o els grups d'arqueologia de l'University College of London són capdavanters en aquest tipus de recerca. També congressos com el *Computer Applications in Archaeology* són un nucli important de presentació de treballs relacionats amb les aplicacions de GIS en arqueologia. Així doncs, el que volem destacar és la quantitat de treballs que hi ha sobre les aplicacions del GIS a l'arqueologia prehistòrica i les poques repercussions que han tingut al nostre país. En aquests moments sembla que hi ha una mena de «despertar» sobre aquestes aplicacions, però val a dir que encara queda molt per treballar. Creiem que amb aquestes eines es poden elaborar estudis molt útils de cara a la recerca i a la salvaguarda del patrimoni arqueològic. En zones com la del nostre cas d'estudi, les eines com el GIS poden esdevenir claus a l'hora d'estudiar uns jaciments que en la majoria dels casos ja no existeixen.

## 6.3. Fonts de dades i recursos emprats

Per tal de contextualitzar la nostra recerca i establir un marc de treball, cal fer referència a les dades i els recursos emprats per a dur-la a terme. Podem diferenciar dos grups de dades; per una banda, les fonts de dades geogràfiques i, per una altra, les arqueològiques.

### 6.3.1. Fonts de dades generals

Pel que fa a les fonts de dades geogràfiques generals utilitzades en el nostre cas d'estudi, provenen de l'agència pública de Catalunya encarrega-

da de la cartografia: l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).[31] Es tracta d'una institució puntera en el seu camp, ja que la qualitat i la quantitat de les dades que ofereix és extraordinària i la gran majoria dels seus recursos són d'accés obert. Podem observar un exemple d'aquest fet al sistema GIS Google Earth: quan obrim la regió de Catalunya en aquest programa, presenta una resolució diferent a la de la resta de països d'Europa. Això és degut a l'elevada resolució de la cartografia, força més elevada que la d'altres indrets.

Quant als serveis que ofereix l'ICC, són nombrosos, des de mapes topogràfics a ortofotografies i mapes geològics a diverses escales, que van fins a 1:5000. A tot això hem de sumar mapes i fotografies antigues georeferenciades, juntament amb gravats i mapes antics, del segle XVI en endavant. Un altre servei molt interessant que ofereix és l'ortoXpres,[32] l'objectiu del qual és permetre la visualització dels darrers vols fotogramètrics que ha realitzat l'ICC en cadascuna de les tres escales habituals de vol,[33] juntament amb altres recursos com les fotografies aèries que van realitzar els nord-americans durant els anys 1956 i 1957,[34] algunes conques hidrogràfiques i d'altres eines.

En aquesta línia, un altre punt a valorar molt positivament de l'ICC[35] és l'establiment d'un servidor WMS (Web Map Server) gratuït, de manera que fàcilment podem connectar aquestes aplicacions GIS amb la nostra base de dades. El WMS és un protocol estàndard internacional definit per l'Open Geospatial Consortium (OGC) que serveix per a establir una comunicació entre qualsevol programari o

31. <http://www.icc.cat/> (consulta 13/8/2010).

32. <http://www.ortoxpres.cat/client/icc/> (consulta 13/8/2010).

33. Aquestes tres escales són: cobertura del territori amb una mida de píxel de 45 cm, cobertura de les àrees metropolitanes amb una mida de píxel de 22 cm i cobertura dels nuclis urbans amb una mida de píxel de 7,5 cm. Mentre que els dos primers tipus de vol tenen una revisió anual i estan destinats a la realització dels mapes topogràfics i ortofotomapes amb escala 1:5000, el tercer té com a finalitat la realització de mapes topogràfics d'escala 1:1000 i la seva periodicitat és menor (<http://www.ortoxpres.cat/client/icc/DocumentacioUsuari.htm> [consulta 15/8/2010]).

34. Es tracta d'un recurs molt útil, ja que aquestes fotografies van ser preses en un moment que l'edificació salvatge en el nostre país encara no havia començat. A més, tota la informació està georeferenciada i corregida.

35. Durant l'elaboració d'aquest treball l'adreça era <http://shagrat.icc.es/lizardtech/iserv/ows?>.

aplicació que es vulgui amb servidors que proporcionin informacions de caire geogràfic. Així doncs, emprant aquest servei ofert per l'ICC podem integrar aquestes dades amb d'altres que hàgim adquirit per altres vies: NASA, el cadastre, SIGPAC (Sistema de Identificación de Parcelas Agrícolas), IGME (Instituto Geológico y Minero de España), etc.

A més dels recursos oferts per ICC, també hi hem utilitzat algunes de les capes de les que ofereix el Servei de Cartografia del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.[36] L'accés és gratuït; només cal tenir el programari adequat per a poder-les visualitzar i treballar-hi.[37] La majoria de les dades que ofereixen estan destinades a projectes relacionats amb urbanisme, planificació, transport o medi ambient, però hi ha algunes que ens poden resultar útils. Per exemple, els mapes sobre els usos dels sòls en les diverses comarques, la xarxa hidrogràfica dels rius principals amb tots els seus afluents o dels antics camins i vies ramaderes poden ser interessants per a la nostra recerca. Per al cas d'estudi que nosaltres presentem en aquest treball, hem emprat la capa de la «xarxa de rius de les conques principals de Catalunya».[38] Es tracta d'una base cartogràfica amb totes les conques hidrogràfiques dels rius principals, on l'usuari escull quina o quines l'interessen i les descarrega a la seva pròpia base de dades, tot en format vectorial.

### 6.3.2. Fonts de dades arqueològiques

Pel que fa a l'altre tipus de dades utilitzades, les arqueològiques, tot seguit farem una breu explicació sobre la seva obtenció i el seu ús. Cal dir que, en la seva gran majoria, provenen de les cartes arqueològiques dels municipis de la Biblioteca de Patrimoni Cultural del Departament

36. <http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/inici.jsp?ComponentID=7150&SourcePageID=134357#1> (consulta 13/8/2010).

37. La major part està en format Miramon i en DFX (Digital eXchange Format). El primer correspon a un GIS desenvolupat a Catalunya i el segon, a un format vectorial procedent de l'Autocad.

38. <http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/xarxa_rius.jsp?ComponentID=73610&SourcePageID=6463#1> (consulta 13/8/2010).

de Cultura i Mitjans de Comunicació de la Generalitat de Catalunya. A banda, també hem tingut la possibilitat de consultar l'eGIPCI. Tal com el defineixen els seus mateixos administradors,[39] es tracta d'un sistema a l'entorn extranet del Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació que permet l'accés controlat a la consulta de determinada informació del Patrimoni Cultural Immoble català. El projecte eGIPCI vol donar solució a la necessitat d'un sistema únic i centralitzat que permeti la consulta diferenciada de la informació del patrimoni arquitectònic, arqueològic i paleontològic de Catalunya, així com la consulta de l'estat de tramitació i altres dades significatives de les sol·licituds dels permisos d'intervenció arqueològica i/o paleontològica.[40]

Així doncs, les cartes arqueològiques consultades van ser les següents: del Vallès Occidental: Sabadell, Cerdanyola del Vallès, Ripollet, Santa Perpètua de Mogoda, Sant Llorenç Savall, Matadepera, Montcada i Reixac, Sant Quirze del Vallès, Barberà del Vallès i Castellar del Vallès; del Vallès Oriental: la Llagosta, Sant Fost de Campsentelles, Badia del Vallès, Martorelles, Santa Maria de Martorelles, Granera, Mollet del Vallès i Sentmenat. La tria d'aquestes poblacions ha estat feta tenint en compte que el conjunt dels seus termes municipals engloba gairebé la totalitat de la nostra zona d'estudi, com es pot veure a la figura 10.

La majoria de cartes arqueològiques presentaven informacions prou actualitzades, ja que en bona part s'havien revisat als anys noranta i presentaven totes les fitxes de les darreres excavacions preventives realitzades als municipis. Tot i això, en alguns casos les dades provenien de revisions dels anys vuitanta. Pel que fa als tipus d'informacions, les més útils per al nostre cas eren les referents a les coordenades geogràfiques en UTM dels jaciments, com arribar-hi, la cronologia, la seva descripció, les campanyes realitzades, l'estat de conservació i la bibliografia relacionada. Aquesta darrera dada ha estat molt important, ja que hem pogut completar les informacions de jaciments que a la carta estaven molt breu-

39. Informació facilitada per Núria Clua Garcia, administradora del sistema eGIPCI, mitjançant el correu electrònic per a accedir-hi, amb data de 25/5/2010.

40. Cal dir que es tracta d'una aplicació que no s'ha acabat de desenvolupar, perquè està en les seves primeres fases d'implementació i, per tant, anirà millorant com a eina de treball progressivament.

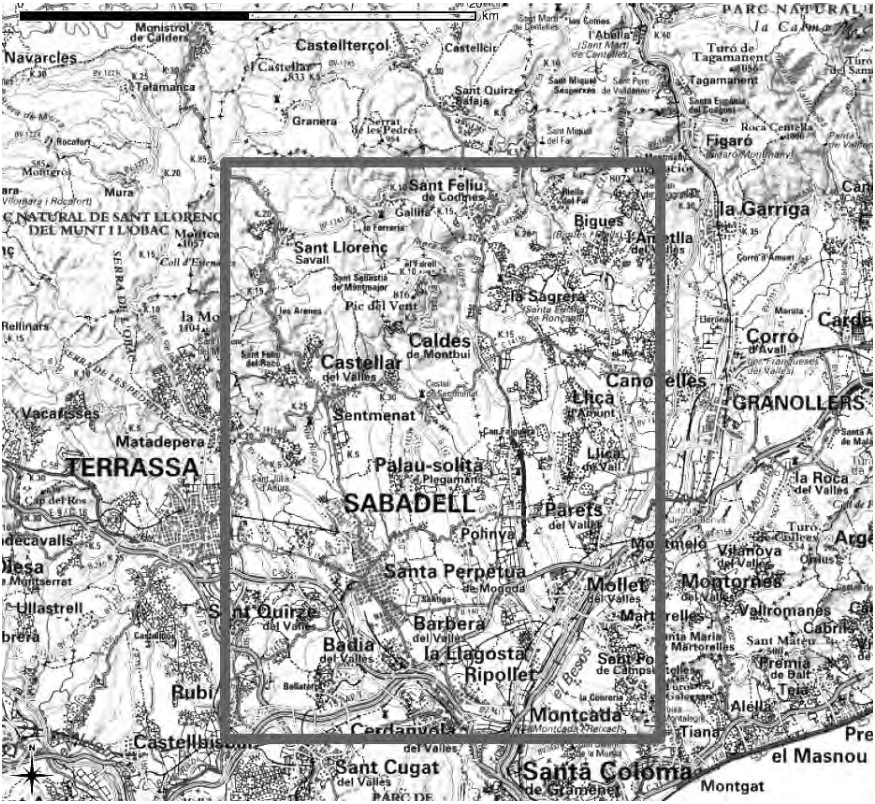



FIGURA 10. *Mapa topogràfic on apareixen els municipis estudiats (ICC).*

ment detallades. Cal dir que també hem consultat les memòries pertinents dels jaciments estudiats.

Així doncs, aquesta recerca es basa en dades arqueològiques ja publicades, però que malgrat tot no han estat estudiades des d'una perspectiva integral. L'objectiu d'aquesta investigació, doncs, és intentar tractar totes les dades recollides de manera global. D'altra banda, cal destacar que aquesta recerca pot permetre desenvolupar un model predictiu del territori analitzat a partir del qual sigui possible preparar properes campanyes de prospecció en zones pròximes al riu Ripoll, gràcies a l'establiment de patrons espacials capaços de detectar àrees amb potencial arqueològic.

### 6.3.3. Programari utilitzat

Un cop hem definit i exposat tots aquells recursos i fonts d'informació que tenim presents per a elaborar el model geogràfic, descriurem les eines i el programari que hem fet servir per a desenvolupar-les.

El programari emprat consisteix en programes especialitzats en bases de dades, Open Office Base, i anàlisi espacial, GRASS i QGIS; es tracta de programari lliure.[41] Aquest fet és important, ja que hi ha comunitats d'usuaris realment potents d'alguns d'aquests programes. D'aquesta manera, en existir la possibilitat de modificar el codi lliurement, els usuaris poden crear petites aplicacions especialitzades per a tasques molt concretes. A més, hi ha diverses versions per a cada algoritme, per la qual cosa se'n pot triar aquell que més s'adapti al problema que volem resoldre. Així doncs, l'aplicació original s'actualitza constantment i és una eina molt útil per a la recerca.

Tot i això, som conscients que el programari de GIS més utilitzat en l'actualitat és el de l'empresa ESRI (ArcView, ArcMap, ArcGis…), per bé que trobem que l'opció de l'*open source* és realment positiva per les possibilitats que ofereix en el camp de la investigació. Permetre conèixer els algoritmes emprats, aplicar-ne de nous o modificar el codi informàtic són part d'aquests beneficis, a més d'evitar problemes amb futures versions de programes tancats que no puguin obrir arxius antics.

D'altra banda, una altra qüestió interessant és la compatibilitat entre programaris. Normalment, si es tracta de programari tancat, acostuma a ser un problema. En canvi, en l'àmbit del programari lliure és possible compatibilitzat diversos programes en un mateix marc de treball, com veurem de seguida en el cas de Grass i Qgis. En aquest context, l'*Open Source Geospatial Foundation*[42] és una fundació sense ànim de lucre que vetlla pel desenvolupament i la col·laboració entre els diversos programes d'anàlisi geoespacial lliure en funcionament actualment.

41. És a dir, aplicacions que tenen una llicència oberta i permeten que els usuaris vegin, modifiquin i executin el codi font del programa; la llicència és coneguda com a GPL (General Public License). Per aquest motiu, es diferencien dels programes «tancats» —que comercialitzen l'executable binari— i, per tant, els usuaris no saben que és exactament allò que s'està executant al seu ordinador ni tampoc no ho poden modificar per a adaptar-ho a les seves necessitats concretes.

42. <http://www.osgeo.org/> (consulta 13/8/2010).

### *Open Office Base*

L'Open Office Base és un sistema gestor de bases de dades relacionals publicat amb llicència de programari lliure. Va començar a desenvoluparse al 2003, dins del projecte global d'Open Office.[43] El 4 de març de 2005 l'empresa Sun va publicar una primera versió beta. Podríem dir que és similar a l'MS Access, però a diferència d'aquest és lliure. Per aquest motiu té una millor compatibilitat amb altres programes, com ara els GIS que emprem.

Aquest programa permet crear, modificar i gestionar bases de dades, alhora que pots elaborar taules, formularis, consultes i informes ben gestionats des del sistema gestor de bases de dades HSQL que ve inclòs amb Base o bé qualsevol altre. L'aplicació proporciona diversos assistents, vistes de disseny i de treball, i també vistes SQL,[44] per a usuaris avançats (vegeu figura 11).

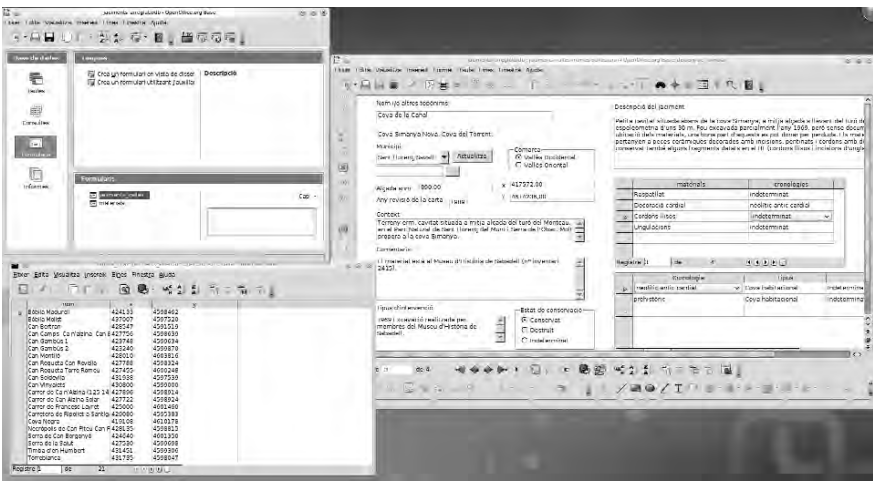


FIGURA 11. *Base de dades de l'Open Office, on es mostren les vistes de formulari, consultes i taules.*

43. <http://www.openoffice.org/product/base.html> (consulta 9/8/2010).

44. Sigles de Structured Query Language, tipus de llenguatge estàndard en desenvolupament de bases de dades.

D'altra banda, un gran avantatge que presenta és la integració amb altres programes com Calc o Math, d'Open Office, cosa que permet accedir a fonts de dades comunes des de diversos programes i facilita la gestió de tota la informació. Això i la seva compatibilitat per a traslladar les dades al GIS fan de l'Open Office Base una eina molt útil per a gestionar i tractar tot el corpus de dades que posteriorment analitzarem amb el GIS.

### *Grass*

El programa GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) és un sistema GIS d'alta complexitat, emprat per a la gestió de la informació, el processament d'imatges, la producció de gràfics, la modelització geogràfica i la visualització de diversos tipus de dades.

Grass, en origen, va ser desenvolupat per l'exèrcit nord-americà, concretament per la secció dels laboratoris de recerca de l'US Army Corps of Engineers el 1982. Aquest programari va ser ideat com a eina per a la gestió territorial amb finalitats militars. El 1995 el codi va esdevenir lliure i va donar lloc a un programari extremament potent que presenta una gran gamma d'aplicacions científiques. Tenint en compte que es distribueix de manera lliure i gratuïta, és molt utilitzat per investigadors dedicats a l'anàlisi espacial. Altres agències nord-americanes, com ara la NASA o el National Park Service, l'utilitzen de manera extensiva.

Una de les seves virtuts és la integració de diverses utilitats lliures addicionals que han permès l'augment progressiu de les seves capacitats. D'altra banda, un altre punt extremament positiu és la seva capacitat de carregar gairebé la totalitat de formats ràsters i vectorials existents. També, mitjançant l'aplicació d'NVIZ,[45] es poden dur a terme reconstruccions en tres dimensions (vegeu figura 12).

Malgrat això, un dels grans inconvenients que presenta GRASS és l'alt nivell de coneixement sobre sistemes d'informació geogràfica i informàtica que necessiten els usuaris. El desenvolupament d'una interfície gràfica cada cop més intuïtiva està solucionant aquest problema. També el seu vincle amb QGIS i la seva execució dins d'aquest programa està facilitant les coses als usuaris menys experimentats. Val a dir,

45. <http://grass.itc.it/nviz/> (consulta 9/8/2010).

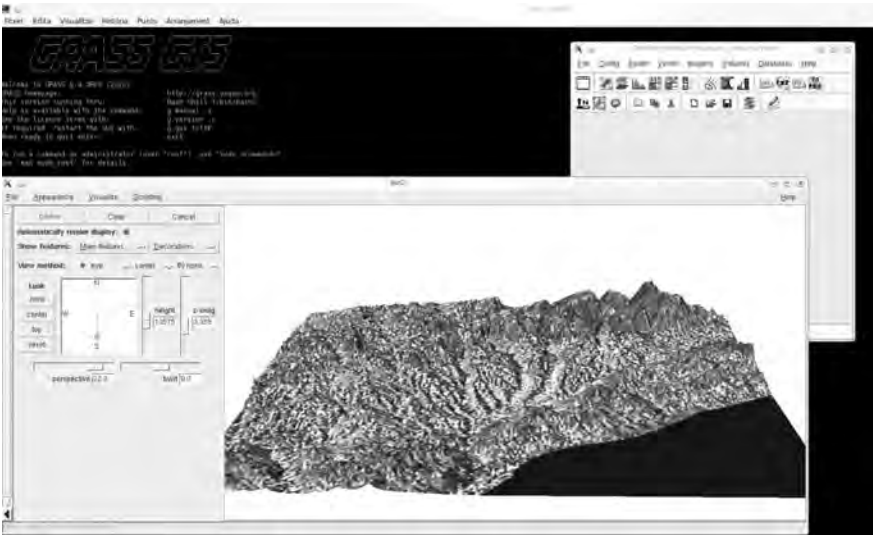



FIGURA 12. *Interficie de treball del GRASS GIS.*

però, que aquesta complexitat és la conseqüència de la gran potència del programa, que a través d'un gestor de línia de comandes permet programar nous algoritmes de manera flexible.

### *Quantum GIS*

De la mateixa manera que GRASS, QGIS[46] és una aplicació lliure que ha nascut dins del projecte OSGEO (Open Source Geospatial Foundation). A diferència de l'anterior, aquest programari està destinat a la visualització de dades i la producció cartogràfica. La seva unió amb GRASS ha permès crear una nova eina que és un potent recurs per als investigadors en l'anàlisi espacial.

QGIS va néixer al 2002, quan oficialment va començar la seva programació. Es tracta d'un programari molt jove. La idea en què es va basar l'inici del projecte era la creació d'una eina per a la visualització de dades de manera àgil i que, alhora, fos capaç de carregar un gran nombre de formats georeferenciats diferents.

46. <http://www.qgis.org/en/about-qgis.html> (consulta 9/8/2010).

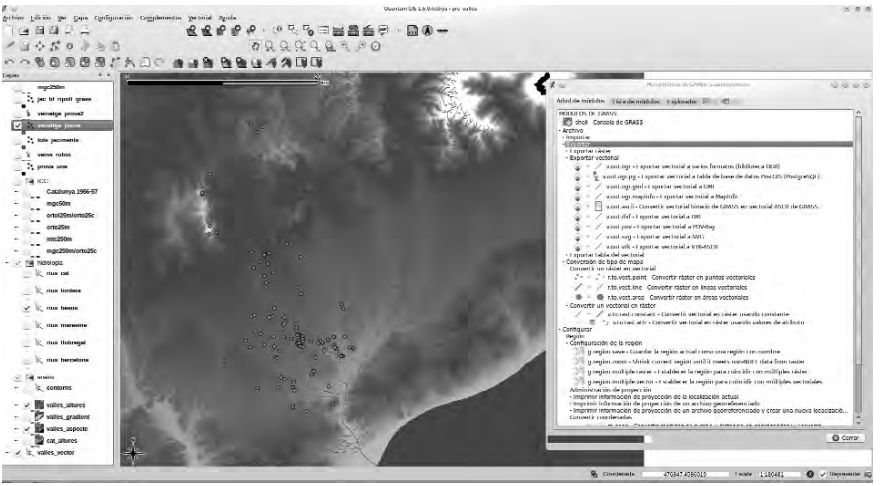


FIGURA 13. *Integració entre GRASS i QGIS.*

Con ja hem comentat abans, GRASS utilitza aquesta aplicació com a complement, de manera que QGIS s'integra en l'entorn del programa d'anàlisi, com es pot veure a la figura 13. És capaç de llegir i de fer sevir la informació compresa dins la base de dades de GRASS, com també les seves eines i aplicacions dins la interfície gràfica, cosa que facilita la feina dels investigadors.

Tot aquest ràpid desenvolupament és possible gràcies als beneficis del programari lliure. La capacitat d'integrar programes diversos en un mateix projecte, modificant-ne el codi o creant-ne un de nou quan cal és un gran avantatge. De cara a la recerca, és un punt a favor, ja que l'investigador pot fer servir les millors eines per a cada tipus de recerca.

## 6.4. Característiques geogràfiques, geològiques i paleoecològiques de la conca del riu Ripoll

La nostra zona d'estudi s'emmarca en l'espai situat entre la conca del riu Ripoll i la riera de Caldes. Les característiques geogràfiques, físiques i mediambientals d'aquest indret han permès que durant la prehistòria recent fos un territori idoni per a la subsistència dels grups humans. Aquest fet queda palès per la quantitat de jaciments de múltiples cro-

nologies, des del paleolític fins als nostres dies, que documentem en aquest espai.

### 6.4.1. El context geogràfic i geològic

Des d'un punt de vista geogràfic, el territori entre la conca del riu Ripoll i la riera de Caldes es troba situat a la Depressió Prelitoral (figures 14 i 15). Es tracta d'un corredor natural allargat d'uns 200 km, on fins a l'actualitat s'han documentat nombroses empremtes de l'ocupació humana des d'època prehistòrica fins a l'actualitat: habitatges, molins, recs, horts, poblaments, pous d'aigua, pous de glaç, camins, indústries del segle XIX-XX, edificis de subministrament d'aigua, com també jaciments arqueològics i paleontològics (Carlús & Terrats, 2003: 27).

FIGURA 14. *Localització de l'àrea d'estudi (ICC).*

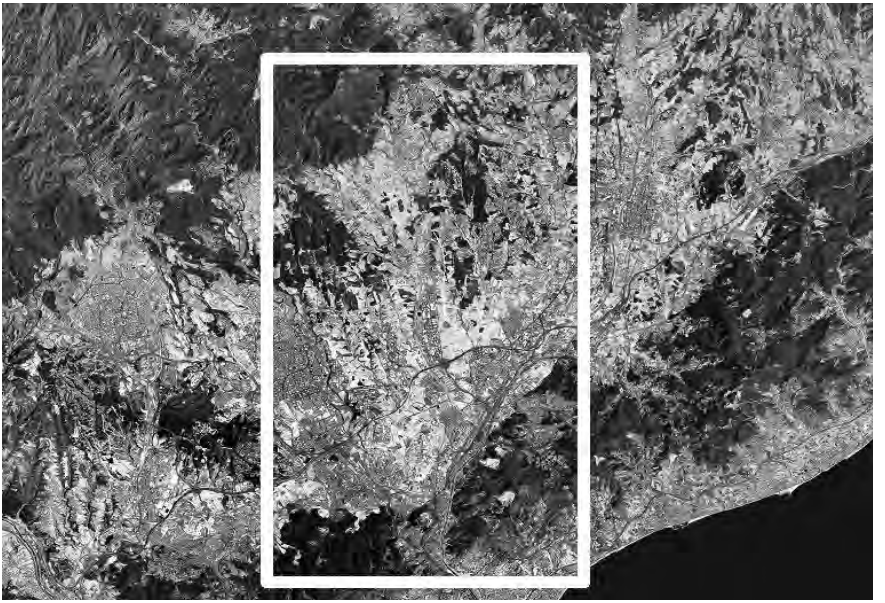


FIGURA 15. *Ortofotomapa de l'àrea d'estudi (ICC).*

El riu Ripoll és un afluent subsidiari del riu Besòs, que neix a la serra de Granera, a uns 640 m d'altitud. En el seu pas per Montcada i Reixac s'uneix al Besòs a 35,5 m per sobre del nivell del mar. Durant els seus 40 km passa per diverses poblacions de la comarca del Vallès Occidental: Sant Llorenç Savall, Castellar del Vallès, Sabadell, Barberà del Vallès, Ripollet i Montcada i Reixac.

La riera de Caldes és un afluent pel vessant dret del riu Besòs. Neix als peus dels cingles de Sant Sadurní de Gallifa, prop del poble de Gallifa. En el seu recorregut passa per l'estret d'Elies i entra a la plana vallesana. Les poblacions que hi ha al llarg del seu recorregut són Caldes de Montbui, Palau-Solità i Plegamans, Santa Perpètua de Mogoda, Mollet del Vallès i la Llagosta. A l'alçada d'aquests dos darrers municipis desemboca al riu Besòs.

Una de les característiques més rellevants del riu Ripoll és el seu cabal superficial escàs. Com la majoria de rius mediterranis presenta un volum d'aigua irregular amb crescudes de tipus estacional cap a la primavera i la tardor (Carlús & Terrats, 2003: 27). La disposició del riu

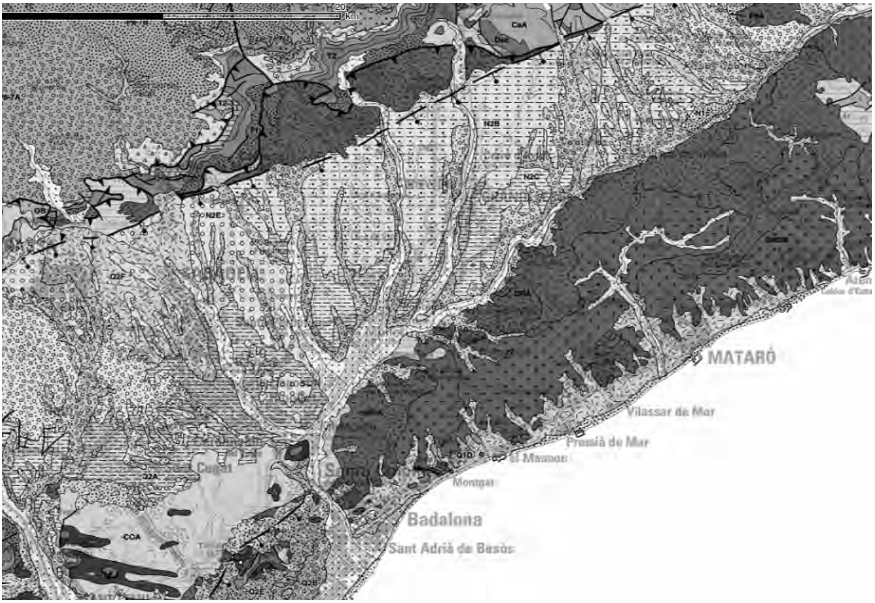



FIGURA 16. *Mapa geològic de la zona del Vallès (ICC).*

sobre terrenys al·luvials del quaternari antic i del miocè provoca una erosió accidentada al llarg del seu recorregut que té com a resultat un paisatge de meandres, talussos i terrasses. El relleu d'aquests petits accidents presenta uns importants desnivells que varien entre els 35 i els 60 m del sector nord al sector sud del riu. La seva configuració orogràfica és producte dels diversos processos fluvials esdevinguts durant milers d'anys. La llera del riu presenta una amplada variable d'entre 30 i 100 m, formada sobretot per graves, sorres i, de manera puntual, per dipòsits de sediments fins, com ara llims i argiles. Una altra singularitat del riu és la presència de grans talussos en tot el seu curs, provocats pels desprenimens i les esllavissades de les diverses terrasses.

Pel que fa al context geològic, l'àrea d'estudi se situa a la depressió del Vallès, dins, com ja hem comentat abans, de la Depressió Prelitoral catalana (figura 16). Es tracta d'una semifossa de direcció SW-NE, limitada al NW per un sistema de falles normals disposades en relleu anomenat falla del Vallès-Penedès, amb un salt superior als 2000 metres. Aquesta fossa va actuar entre el miocè inferior i el miocè superior; és a

dir, entre fa 15 i 16 milions d'anys (Llenas, 2003: 16, i Agustí *et alii*, 1983-1984: 58). El límit SE està constituït per un seguit de falles disposades paral·lelament, de manera que el sumatori dels seus salts és també de 2000 m (Llenas, 2003: 16).

D'altra banda, geològicament, hem de situar aquest espai entre el riu Ripoll i la riera de Caldes al marge continental català, que forma part de la conca catalanobalear o solc de València. Es tracta d'una profunda depressió oberta cap al NE que separa les illes Balears de la costa catalanovalenciana (Llenas, 2003: 16).

En aquest sentit, l'estructura predominant del marge continental català és extensiva. És a dir, és el fruit de la reactivació entre l'oligocè superior i el miocè inferior de falles de sòcol preexistents d'orientació SW-NE, a causa d'un *rifting*[47] que va afectar des del nord d'Europa i formà una important fractura a l'escorça terrestre. En concret, la nostra zona d'estudi, el Vallès, constitueix una depressió marginal d'aquest sistema, que posteriorment va evolucionar fins a delimitar el sistema de serralades i depressions actualment observables a Catalunya i la seva plataforma continental.

Així doncs, tot aquest conjunt macroestructural format per la Depressió Prelitoral catalana, i les serralades Prelitoral i Litoral formen una unitat geològica anomenada Sistema Mediterrani o Catalaníndic.

Pel que fa al rebliment de la falla del Vallès-Penedès, en el cas del Penedès van ser aportacions de materials marins i en el del Vallès, de material continental. Aquest procés es va iniciar seguidament de la seva formació i ha continuat fins a èpoques recents. S'hi poden distingir diversos dipòsits d'origen fluviotorrencial procedents de rieres i de dipòsits de peu de muntanya de gran diversitat sedimentològica i litològica. Aquests sediments van cobrir la part inferior de les valls i van originar terrasses i lleres durant el terciari i el quaternari. Aquest fet tradueix la nostra zona d'estudi en un paisatge ondulat on trobem petits turons, serralades de relleu poc acusat i valls de poca profunditat, rodejades de muntanyes i amb alguns cursos fluvials, com el riu Ripoll, adscrits molt directament a la conca hidrogràfica del riu Besòs (Agustí *et alii*, 1983-1984, i López Cachero 2005: 88).

47. Separació en parts d'una placa litosfèrica per a formar una depressió en l'escorça terrestre; eventualment, separa la placa en dues o més parts.

## 6.5. Disseny i model de la base de dades

El fonament que permet elaborar un model geogràfic és una bona base de dades, creada específicament per a les necessitats i els usos del cas d'estudi. Si des de bon principi plantegem aquestes qüestions com a prioritàries, ens estalviarem més d'un maldecap en el moment de treballar les dades. La planificació de la base de dades és vital, ja que ha de convertir-se en una de les eines de treball per a nosaltres, que ha de ser útil i ens

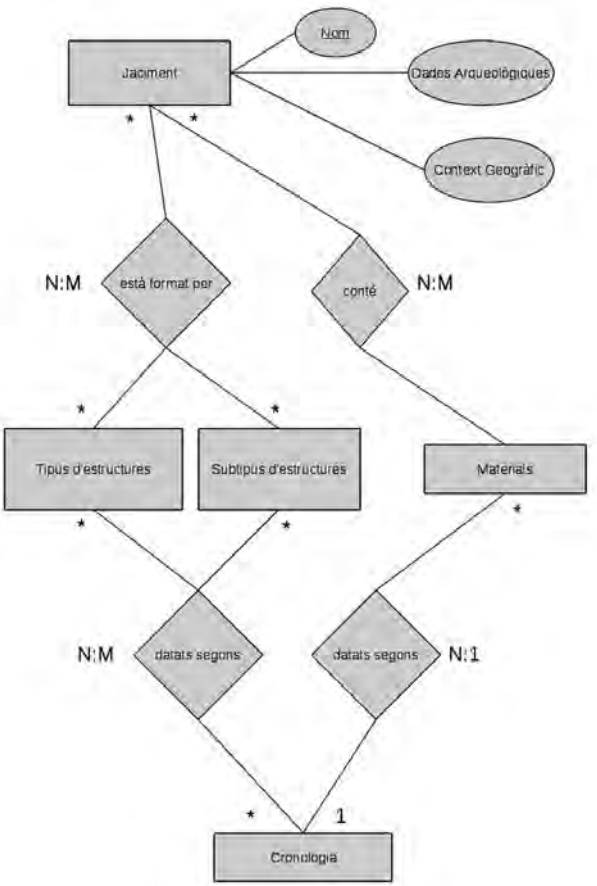



FIGURA 17. *Model entitat-relació del nostre cas d'estudi. Es mostren els diversos conceptes, relacions i característiques que haurem de reflectir a la base de dades final.*

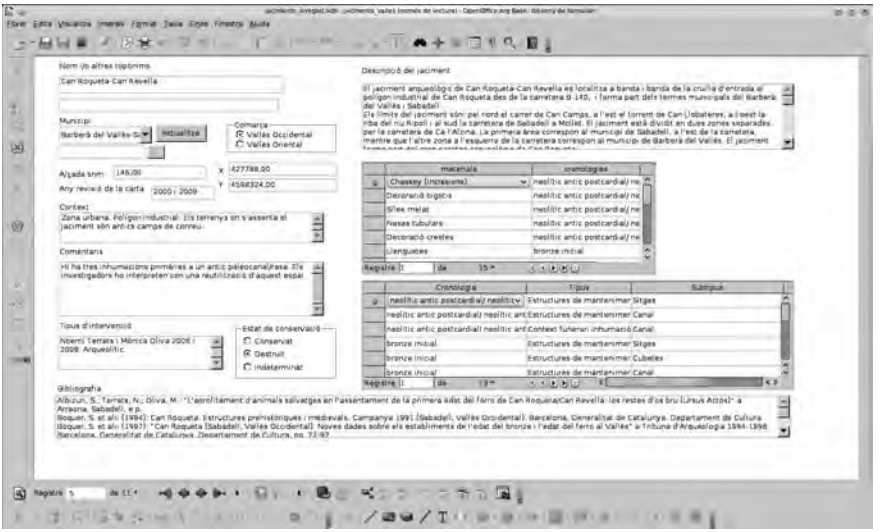


FIGURA 18. *Vista de formulari de la base de dades.*

ha de permetre emmagatzemar, buscar i realitzar les consultes que calgui. Alhora, també ha de ser prou flexible perquè hi puguem fer les modificacions necessàries sense haver de canviar tots els continguts. A la figura 17 mostrem el model de base de dades que hi hem elaborat.

A continuació, descriurem l'estructura de la base de dades, taula a taula, tot incidint especialment en les relacions que hi ha entre elles. Val a dir que, per a omplir-la de la manera més còmoda, vam dissenyar un formulari que integrés totes les taules, de manera que ho tinguéssim tot en una mateixa vista, com es pot veure a la figura 18.

La primera de les taules que vam elaborar va ser la de «**Jaciments**». Aquesta taula inclou els camps següents:

1. **ID**: és l'identificador de cada jaciment. El programa assigna automàticament aquest número a cada jaciment introduït a la base de dades i mai no es pot repetir, ja que és únic.
2. **Nom del jaciment**: el nom tal com està introduït a la carta arqueològica.
3. **Altres topònims**: altres possibles noms que pot rebre o que s'han atribuït al jaciment.

4. **X i Y**: les coordenades UTM dels jaciments. En el nostre cas, són dins la zona 31N, que correspon a Catalunya.
5. **Municipi**: poblacions on es troben els jaciments. En alguns casos, els jaciments poden estar en més d'un terme municipal.
6. **Comarca**: aquella on es troba el jaciment.
7. **Alçada**: cota sobre el nivell del mar del jaciment.
8. **Comentaris**: dades interessants o rellevants relacionades amb els jaciments.
9. **Descripció**: informacions sobre les excavacions dutes a terme i sobre el registre arqueològic. És una breu especificació dels jaciments i dels materials trobats. Es tracta d'una de les parts més útils de la base de dades, sobretot per a aproximar-nos a la realitat arqueològica del jaciment.
10. **Context**: tipus de terrenys on s'ubica l'assentament. També en alguns casos inclou una breu descripció de com arribar-hi.
11. **Tipus d'intervenció**: el caràcter de les intervencions dutes a terme, si es tracta d'excavacions antigues, preventives, programades, prospeccions o troballes puntuals. En els casos en què ens és possible, apuntem quina empresa o quin treballador particular ha dut a terme la intervenció.
12. **Datació**: aquest camp no ha estat utilitzat en aquesta recerca. Està destinat a ser més complet en futurs treballs i incloure les datacions de $^{14}C$ existents dels jaciments.
13. **Estat de conservació**: situació en què es troba el jaciment (destruït, conservat o indeterminat).
14. **Revisió de la carta**: any en què es va revisar la informació de la carta arqueològica.

La taula que hem descrit és la taula principal de treball, però com necessitàvem altres camps més complexos, que ens permetessin organitzar millor la informació i fer consultes més acurades, vam dissenyar altres taules que acomplissin aquesta funció. D'altra banda, per a relacionar aquestes taules entre si de manera correcta, vam crear taules auxiliars on es formalitzaven les relacions que incloïen més de dues taules. Per a observar totes aquestes relacions, vegeu la figura 19; en aquesta imatge es representa mitjançant un llenguatge formal l'estructura relacional de la base de dades.

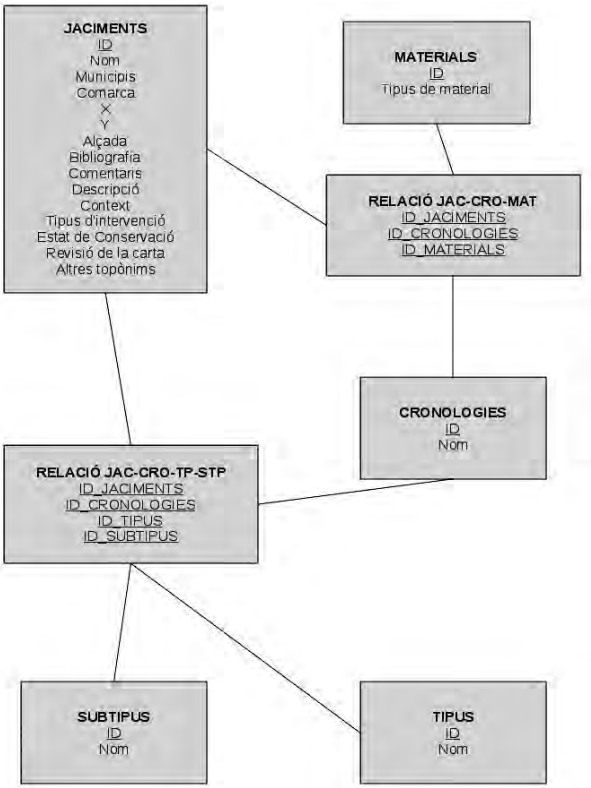



FIGURA 19. *Model relacional final de la base de dades. Es mostren les diverses taules i el grau de relació que hi ha entre elles.*

Així doncs, la següent taula que descriurem és la de «**Cronologies**»; només hi ha dos camps:

— **ID**: correspon a cada cronologia introduïda i no es pot repetir; ens és molt útil, a banda de la seva funció dins la base de dades, ja que és l'ítem que emprem per a fer estadística amb aquesta variable qualitativa.
— **Nom**: aquest camp correspon a les diverses cronologies que hi hem introduït; aquesta taula és molt útil, ja que amb altres dues taules que ens fan d'intermediàries, podem relacionar la cronologia amb els materials i els tipus d'estructures que trobem a un jaciment.

Les cronologies que hem fet servir són les següents:[48]

— Neolític antic cardial: 5400-5000 cal ane.
— Neolític antic epicardial: 5000-4400 cal ane.
— Neolític antic evolucionat o postcardial: 4400-4000 cal ane.
— Neolític mitjà: 4000-3300 cal ane.
— Neolític final: 3200-2200 cal ane; es tracta d'una categoria on hem inclòs els contextos arqueològics amb presència de material ceràmic verazià i amb absència de campaniforme.
— Neolític indeterminat: en aquesta categoria hem inclòs aquells jaciments que a la carta o als treballs publicats apareixien com a «neolítics», amb materials pendents d'estudi o similar.
— III mil·lenni: 3200-2200 cal ane. Es tracta d'una categoria cronològica molt emprada darrerament i que, com a tal, ja consta en els informes i memòries dipositats al Servei d'Arqueologia en l'última dècada. Tenim present que no deixa de ser més que un autèntic calaix de sastre que, en determinats moments, defineix no només l'etapa associada als vasos campaniformes, sinó també certs contextos del neolític final i de les primeres etapes del bronze inicial. En general, el que defineix aquesta categoria són contextos arqueològics amb materials ceràmics poc clars, instruments lítics (grans ganivets i puntes de fletxa de sílex) i ossis variats, i en alguns casos estructures funeràries col·lectives. En definitiva, som plenament conscients de la indeterminació cronològica dels jaciments d'aquesta etapa, qüestió que caldrà resoldre en un futur proper.
— Bronze inicial: 2300-1500 cal ane.
— Bronze inicial-mitjà: 2300-1500 cal ane; hi hem inclòs aquesta categoria per a respectar la nomenclatura de certs autors. Quan n'hem analitzat les dades, aquestes han estat incloses al mateix grup que el bronze inicial.
— Bronze final: 1200-750 cal ane.

48. Aquestes s'han establert a partir de les cronologies calibrades per J.A. Barceló (2008). En la majoria dels casos hem seguit les cronologies donades pels investigadors de cada jaciment. Val a dir que no en totes les ocasions hi havia datacions i que, en alguns casos, s'han fet servir «fòssils directors».

— Bronze final-primer ferro: 1200-550 cal ane. Categoria que hem inclòs per a introduir els jaciments que no estaven definits en les publicacions ni com a bronze final ni com a primer ferro; es tracta de jaciments que no presenten datacions radiocarbòniques ni materials arqueològics prou clars com per adscriure el jaciment a una de les dues etapes.
  Primer ferro: 750-550 cal ane.
— Prehistòric indeterminat: és una categoria que hem inclòs per a classificar tots aquells jaciments que a la carta i a les publicacions surten vagament com a prehistòrics.

La taula que descriurem tot seguit és la de «**Tipus de jaciment**». Hi hem establert unes tipologies que, grosso modo, engloben tots els tipus possibles en el context de la prehistòria recent al Vallès. Aquesta taula està relacionada amb unes altres tres (Jaciments, Cronologies i Subtipus) a partir de la taula de nexe **Rel_Jac_Crono_Tipus_Sub**. Així doncs, hi trobem dos camps:

— **ID**: per a cadascuna de les tipologies establertes.
— **Nom**: en aquest camp hem introduït les diverses categories establertes en classificar els tipus de jaciments diferents; en la descripció hem volgut incloure els atributs de la taula «**Subtipus**» que hi estan intrínsecament lligats. Les categories són les següents:
  1. Cova habitacional: on es desenvolupen activitats relacionades amb l'hàbitat; com a subtipus, tindríem les estructures següents: sitges, altres estructures negatives, cubetes, forats de pal i llars.
  2. Estructures de manteniment: les relacionades amb les activitats de manteniment de la comunitat; entenem, doncs, aquest grup com aquelles estructures relacionades amb la subsistència de la comunitat i, com subcategories, tindríem rases, sitges, cubetes i cisternes.
  3. Sitja-estructura aïllada: elements allunyats de la resta d'estructures; més que una categoria específica, descriu les condicions del coneixement que es té d'un jaciment.
  4. Estructura d'hàbitat: la relacionada amb l'hàbitat de les comunitats; els elements a incloure en aquesta categoria serien grans retalls, llars, forns, forats de pal, cubetes i bancs.

5. Troballa ocasional: la fortuïta o fora de context.
6. Altres estructures negatives indeterminades: estructures negatives (retalls al subsòl) la funcionalitat de les quals és impossible de determinar.
7. Estructura ritual: la relacionada amb contextos simbòlics que no estan vinculats a contextos d'hàbitat o de manteniment; els elements a incloure són: recinte de menhirs, menhirs, grans estructures de combustió, sitges amb dipòsits de fauna i sitges amb restes humanes sense connexió anatòmica.
8. Context funerari d'inhumació: estructures relacionades amb el món funerari de les comunitats on la pràctica habitual és la inhumació, tant si es tracta d'un enterrament aïllat com d'una necròpolis; les subcategories són les següents: cista, càmera, galeria, sepulcre de corredor, altres estructures dolmèniques, fossa, hipogeu senzill, hipogeu complex (amb pou i/o nínxol), sitja, sitja amb nínxol, cova sepulcral i cova-abric paradolmènic.
9. Context funerari d'incineració: estructures relacionades amb el món funerari de les comunitats on la pràctica habitual és la incineració, tant si es tracta d'un enterrament aïllat com d'una necròpolis; els subtipus són: necròpolis d'incineració, estructura d'incineració aïllada, sitja o cova sepulcral.
10. Indeterminat: estructures en què és difícil atribuir alguna funcionalitat o algun ús, o bé les dades disponibles de les quals són antigues i ens manca informació suficient del jaciment.

La següent taula a descriure és la de «**Subtipus**», que està lligada a l'anterior. Hi hem establert uns subtipus d'estructures que es poden localitzar dins dels grans tipus descrits anteriorment. Aquesta taula és relaciona amb unes altres tres (Tipus, Jaciments i Cronologies) a partir de **Rel_Jac_Crono_Tipus_Sub**, que les articula.

La taula que descriurem ara és la de «**Materials**». Incloent-la a la base de dades hem volgut fer un recull orientatiu dels materials més representatius de cadascun dels jaciments tractats. La qüestió de si hem pogut especificar més o menys coses, o afinar més la cronologia, ha depès de la bibliografia consultada i dels seus autors. Així doncs, recalquem que es tracta d'un camp orientatiu, atès que era impossible recollir el 100 %

d'aquestes informacions. Aquesta taula està relacionada amb unes altres tres: la de «**Jaciments**», la de «**Cronologies**» i la de «**Rel_Mat_Jac_Cro**» (aquesta, encarregada de relacionar totes les anteriors). Així doncs, aquesta taula presenta dos camps:

— **ID**: és únic per a cada tipus de material introduït; mitjançant la taula «**Rel_Mat_Jac_Cro**» i la de «**Cronologies**» podem associar cada tipus amb una cronologia determinada.
— **Tipus de material**: aquest camp ens permet introduir els tipus de materials i, com hem dit, després els podem relacionar amb una cronologia concreta; a l'annex I exposarem els diversos tipus de materials introduïts. N'hi ha de generals i d'altres de més concrets; per aquest motiu, no entrarem en cap tipus d'anàlisi detallada. Aquest camp també ens ha estat molt útil pel que fa a les cronologies, ja que forçosament havien d'encaixar amb les de les taules «**Tipus**» i «**Subtipus**» i, en cas contrari, detectaríem ràpidament el problema. D'altra banda, en jaciments sense datacions, els materials han estat un «fòssil director» orientatiu.

Les pròximes taules a descriure són: «**Rel_Mat_Jac_Cro**» i «**Rel_Jac_Crono_Tipus_Sub**»; serveixen per a solucionar relacions de M:N, quan hi ha implicades més de dues taules; trobem aquests tipus de relacions, per exemple, als jaciments i les seves estructures. Un jaciment pot tenir diversos tipus d'estructures i, alhora, aquests tipus es poden trobar en més d'un jaciment. En canvi, si tinguéssim una relació d'N:1, ens trobaríem en un cas diferent; per exemple, només podem trobar la ceràmica amb decoració cardial en cronologies del neolític antic cardial, però en aquesta mateixa cronologia hi ha molts altres materials.

## 6.6. Jaciments estudiats

En aquest apartat començarem analitzant el conjunt de dades mostra del qual partim. En total són 108 jaciments. Les cronologies que hem estudiat són les següents: neolític antic cardial, neolític antic epicardial, neolític antic postcardial o neolític antic evolucionat, neolític mitjà, neolític final, III mil·lenni, bronze inicial, bronze inicial-mitjà, bronze final i primer ferro. Cal dir que no tots els jaciments presenten una cronolo-

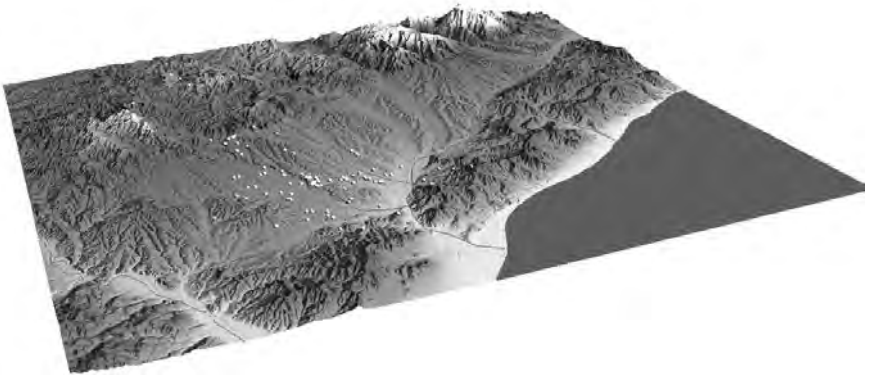


FIGURA 20. *Mapa de tots els jaciments estudiats.*

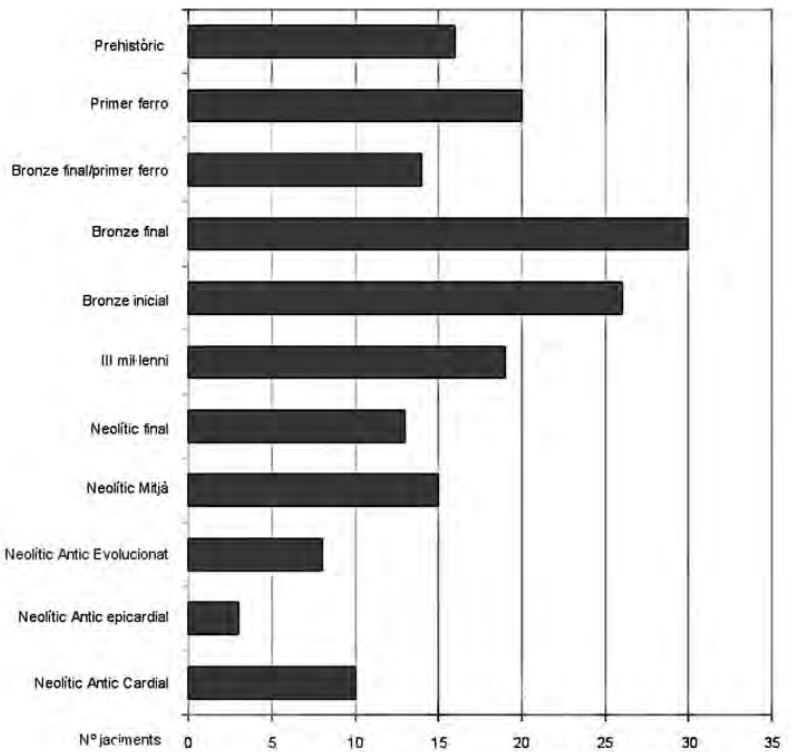



FIGURA 21. *Recompte de jaciments analitzats, dividits segons cronologia.*

gia clara; en aquests casos ens hem inclinat per utilitzar una terminologia més general, segons cronologies com ara neolític, III mil·lenni, bronze, bronze final-primer ferro o bé prehistòric. Aquest darrer terme s'utilitzarà només en el cas en què puguem determinar que pertany a la prehistòria recent, sense que es pugui concretar més. També és important destacar que en aquest primer recompte hem inclòs les diverses reocupacions dels jaciments.[49] A l'annex II presentem un seguit de mapes relatius als jaciments estudiats segons la seva cronologia, recollits de manera general en les figures 20 i 21.

## 6.7. Anàlisi espacial

Per començar el nostre estudi, primer vam preparar l'àrea de treball amb el nostre programari. Dins de QGIS i GRASS vam establir la nostra zona d'estudi dins d'un marc amb unes coordenades UTM concretes, que són les següents: al nord, 4627000; a l'oest, 409000; al sud, 4583000, i a l'est, 464000. Tot això treballant amb el datum[50] EUR50 a la zona 31N, que correspon a Catalunya. La mida total de l'àrea de treball està delimitada, doncs, per un rectangle de 55 km de llarg (E-W) per 44 km d'amplada (N-S).

### 6.7.1. Aplicació del mètode Monte-Carlo

Així doncs, el primer que hem realitzat és una anàlisi de la totalitat dels nostres jaciments. Es tracta de validar una de les primeres hipòtesis que proposàvem al principi d'aquest treball: el poblament prehistòric no és aleatori i segueix uns patrons, encara que nosaltres no puguem detectar-los en la seva totalitat. El mètode emprat s'anomena mètode Monte-Carlo i va ser creat per a utilitzar-se en àmbits de ciències experimentals, tot i que ràpidament es va aplicar també a les ciències socials, com ara

49. Alguns dels jaciments estudiats presenten diverses fases i han estat reocupats durant diverses etapes.

50. Punt bàsic del terreny determinat per observació astronòmica en què la normal del geoide coincideix amb la normal de l'el·lipsoide terrestre i amb el qual s'uneixen els extrems de la base del primer triangle d'una cadena de triangulació, i que serveix d'origen de totes les coordenades geogràfiques de la xarxa (TERMCAT, 2003).

l'economia (Conolly & Lake, 2009: 216-217 i 399). Es tracta d'una tècnica que aprofita la comparació estadística entre una mostra donada i una altra de creada aleatòriament de manera automàtica. La idea principal és discernir les distribucions estadístiques generades per valors aleatoris d'aquelles que no ho són, tenint en compte el context de l'experiment.

Segons aquesta premissa, els punts generats automàticament no tindran la mateixa distribució que els nostres jaciments. A més, en ser punts situats per atzar, representen la mitjana de tot el mapa. És a dir, que, si en comptes de realitzar la comparació amb aquests, la realitzéssim amb la totalitat del mapa, ens hauria de donar uns resultats similars.

D'aquesta manera, hem realitzat una consulta a la base de dades per a abastar tots els jaciments i les seves coordenades. Un cop fet això, hem importat aquesta informació a QGIS i l'hem convertit en un format apte per a GRASS, mitjançant l'opció d'importar un vector ja carregat.

Així doncs, amb l'opció V.RANDOM de la caixa d'eines de GRASS dins de QGIS hem creat 100 punts aleatoris en el nostre mapa. Com l'àrea que hem definit com a zona de treball també inclou el mar, hem eliminat els punts situats allà, ja que, si no, se'ns distorsionarien molt les anàlisis estadístiques, donat que no hi ha jaciments al mig de l'aigua. El següent pas ha estat calcular els valors de l'aspecte, el gradient i l'altura per a tots dos grups i introduir-los com tres atributs més en les respectives taules.

En les nostres hipòtesis, a més de les variables geogràfiques, platejàvem que d'altres, com la xarxa hidrogràfica i la distància dels assentaments respecte a aquesta, també són importants. Per aquest motiu, hem fet servir GRASS per a calcular la distància dels punts aleatoris i dels nostres jaciments respecte a la conca del riu Ripoll i la riera de Caldes. Hem dut a terme aquesta acció mitjançant l'opció V.DISTANCE i com a vector hem fet servir els dels rius de tot Catalunya. Hi hem optat per això, perquè en proposar els punts aleatoris el programa els ha generat en una zona més àmplia que el territori propi de la nostra zona d'estudi; si utilitzàvem només el riu Besòs, estàvem falsejant la realitat, ja que hi ha punts aleatoris que estan més a prop del riu Llobregat (vegeu figures 22 i 23 per a la comparació).

Un cop calculades les distàncies dels jaciments respecte al riu, les hem inclòs dins les taules respectives com un atribut més. Però amb

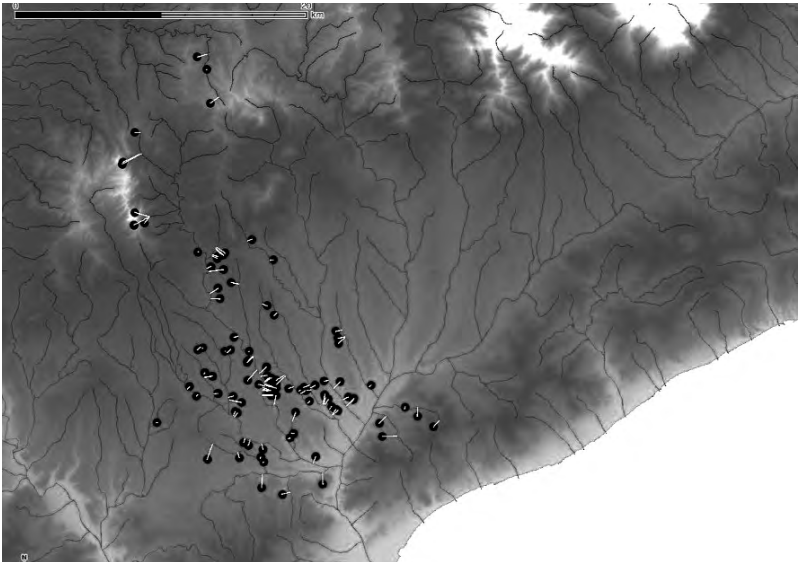



FIGURA 22. *Vectors de distància entre els jaciments i la xarxa hidrogràfica.*

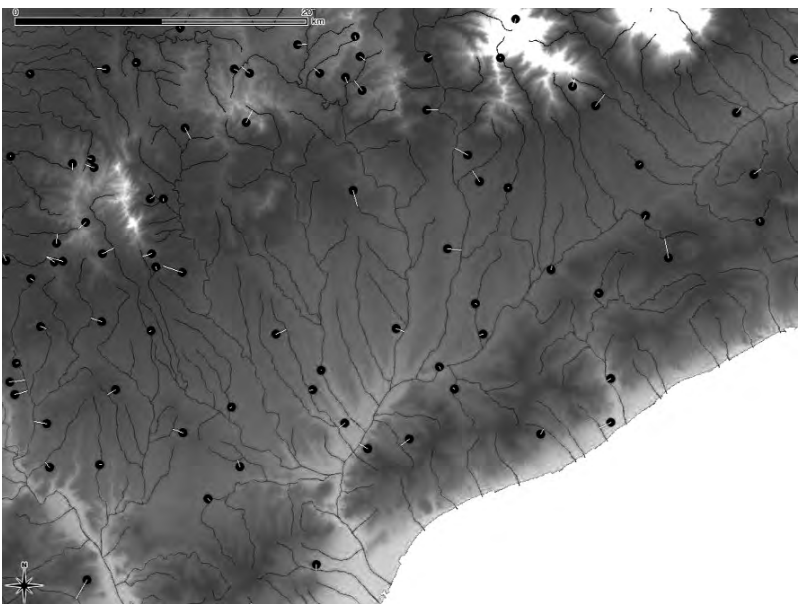



FIGURA 23. *Vectors de distància entre els punts aleatoris i la xarxa hidrogràfica.*

aquesta informació a simple vista i de manera global no podem contrastar cap mena d'hipòtesi. Així doncs, mitjançant una anàlisi estadística emprant diverses tècniques, podrem observar les diferents tendències. Tot seguit, analitzarem els atributs de l'aspecte, el gradient, l'altura i la distància d'un punt concret al riu amb la funció V.UNIVAR de GRASS. Realitzem l'operació tot assenyalant amb quin mapa estem treballant i les dades que ens interessen, de la manera següent: V.UNIVAR TYPE=POINT MAP=TOTS_JAC_GEOGRAFIA COLUMN=ASPECTE. I fem aquesta operació per a cada variable a analitzar, com també per a cadascun dels dos conjunts mostrals: els punts aleatoris i els jaciments.

Els resultats han estat força concloents, com podem veure a la taula 2. Podem deduir que hi ha una sèrie de variables que no són aleatòries. Per exemple, en el cas del gradient i l'altura, els valors de les mitjanes són radicalment diferents. Si observem la mitjana en el cas del gradient, en els punts aleatoris aquest valor duplica el dels jaciments. Aquest fet és fàcilment relacionable amb l'elecció de la ubicació dels assentaments, ja que normalment es triaran llocs menys escarpats i més accessibles. Aquesta contrastació es torna a repetir en el cas de la distància

TAULA 2. Taula comparativa on apareixen les diverses variables analitzades estadísticament. L'aspecte i el gradient estan mesurats en graus i la distància al riu i l'altura, en metres

| | *Aspecte* | *Gradient* | *Altura* | *Distància riu* |
|---|---|---|---|---|
| **Punts aleatoris** | | | | |
| Mostra | 85 | 85 | 85 | 85 |
| Mínim | 2,36 | 0,54 | 22,85 | 6,31 |
| Màxim | 357,60 | 37,56 | 1236,59 | 1495,66 |
| Mitjana | 206,94 | 12,65 | 408,10 | 503,78 |
| Desviació estàndard | 101,25 | 8,52 | 265,09 | 339,36 |
| **Tots els jaciments** | | | | |
| Mostra | 107 | 107 | 107 | 107 |
| Mínim | 2,79 | 0,19 | 55,23 | 16,52 |
| Màxim | 347,64 | 48,64 | 1004,24 | 2705,98 |
| Mitjana | 194,56 | 6,23 | 231,77 | 349,36 |
| Desviació estàndard | 93,70 | 7,57 | 203,98 | 382,88 |

als rius, ja que la mitjana dels jaciments és força més petita que la dels punts aleatoris. Té sentit si l'accés als recursos hídrics és un dels motius per a establir-hi una població.

Quant a l'aspecte, no sembla a simple vista una variable gaire rellevant, ja que presenta uns resultats molt semblants. I a l'últim, creiem important comentar que, en el cas de la desviació estàndard, gairebé en la major part dels casos els jaciments presenten un valor més baix. Cal esmentar que el valor màxim de gradient en el cas dels jaciments és superior al dels punts aleatoris. Aquesta anomalia pot provenir de les coves, ja que estan ubicades en zones molt escarpades. La mateixa peculiaritat es dóna també en les distàncies al riu; això pot tenir una explicació relacionada amb el nostre marc d'estudi. Nosaltres només hem estudiat els jaciments situats a l'espai entre el riu Ripoll i la riera de Caldes, tot i que el nostre espai de treball abastava tota la conca del riu Besòs. Així doncs, en generar els punts aleatoris, aquests s'han distribuït en tot aquest territori, tenint a prop altres conques com ara la del Llobregat o la de la majoria d'afluents del Besòs, no només el Ripoll o la riera de Caldes. Per aquest motiu, no ens sembla rellevant que la desviació estàndard sigui més elevada que la dels punts aleatoris en aquest cas. Així doncs, el que volem posar de manifest és que el que ens presenta una desviació estàndard més reduïda és una tendència d'homogeneïtat de la mostra, mentre que, en el cas dels punts aleatoris, és més elevada, donat que aquestes entitats han estat creades automàticament.

D'aquesta manera, i amb els resultats mostrats, podem concloure que la ubicació dels jaciments no ha estat triada a l'atzar, ja que presenten uns valors diferents que el conjunt de punts aleatoris. A més a més, amb aquestes anàlisis estadístiques s'han apuntat unes certes tendències o patrons dins d'aquest conjunt de jaciments, com la situació respecte al gradient, l'altura i la distància al riu. A continuació, tractarem totes aquestes variables més detalladament i per cronologies, cosa que ens permetrà realitzar una millor aproximació als patrons de poblament prehistòric.

### 6.7.2. Anàlisi per cronologies

De la mateixa manera que en el cas anterior hem analitzat els jaciments i els punts aleatoris, en aquest cas estudiarem els primers de manera més

detallada. Portarem a terme una anàlisi de l'aspecte, el gradient, l'altura i la distància al riu de tots els jaciments i per cronologies. Per a treballar amb aquestes, hem descartat les que no fossin concretes; és a dir, les categories de neolític indeterminat, bronze final-primer ferro i prehistòric no s'han utilitzat.

Així doncs, igual que en el cas anterior havíem fet servir la funció V.UNIVAR per a calcular els valors estadístics, ara repetirem la mateixa operació afegint-hi una altra ordre per a indicar quina cronologia volem estudiar. Com ja hem comentat en l'apartat del disseny de la base de dades, cada cronologia té una ID, un identificador concret. Aquest número és el que marcarà quins jaciments estudiarem. D'aquesta manera, l'ordre que executarem serà: V.UNIVAR TYPE=POINT MAP=TOTS_JAC_GEOGRAFIA COLUMN=ASPECTE WHERE='ID=8'; és a dir, hi indiquem que s'ha d'executar, quin tipus d'entitat és, amb quin mapa treballem, quina variable volem analitzar i en quina cronologia.

En podem observar els resultats en les taules següents, on apareixen el càlcul del màxim, el mínim, la mitjana i la desviació estàndard, per cronologies. Seguidament analitzarem cada variable, una a una, posant-les en relació amb les altres cronologies i amb els valors dels punts aleatoris.

El primer cas a analitzar és el de l'altura. Els valors es poden veure a la taula 3. D'entrada hem de destacar les grans diferències entre les altures màximes i les mínimes en la majoria de cronologies, excepte en el primer ferro, que són més baixes. Això, juntament amb la desviació estàndard, que reprodueix patrons similars, ens està indicant una divergència important. Segurament aquest fet està relacionat amb les diferències donades entre els jaciments situats a la plana i els que estan en coves, donat que aquestes darreres mostren un valor molt més elevat. Els valors del primer ferro presenten un clar predomini de la tendència d'establir els jaciments en zones més planes. Aquest fet no està renyit amb una menor visibilitat o accessibilitat, com veurem més endavant. Val a dir que aquest comportament no és el patró a seguir per aquestes cronologies, ja que els jaciments tendeixen a estar situats en turons i zones molt elevades, com és el cas dels assentaments de la zona de la Selva, el Maresme i el Baix Llobregat.

L'altre període amb una desviació estàndard més baixa és el neolític mitjà, tot i que la seva màxima i la seva mínima estan prou diferencia-

TAULA 3. Resultat dels diversos càlculs realitzats a partir de l'altura en metres dels jaciments, segons les cronologies

| | | *Altura* | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desviació std.* |
| Punts aleatoris | 85 | 22,85 | 1236,59 | 408,10 | 265,09 |
| Total Jaciments | 103 | 55,23 | 1004,24 | 231,77 | 203,98 |
| Neo antic cardial | 9 | 79,09 | 909,85 | 264,54 | 242,47 |
| Neo antic epicardial | 3 | 123,06 | 943,47 | 629,10 | 361,32 |
| NAE | 8 | 89,17 | 1004,24 | 276,64 | 282,44 |
| Neolític mitjà | 15 | 55,23 | 760,37 | 213,74 | 167,96 |
| Neo final | 13 | 70,38 | 943,47 | 201,31 | 218,23 |
| III mil·lenni | 18 | 61,20 | 943,47 | 264,28 | 234,29 |
| Bronze inicial | 26 | 55,23 | 943,47 | 228,19 | 226,03 |
| Bronze final | 23 | 69,81 | 943,47 | 210,59 | 193,29 |
| Primer ferro | 20 | 79,90 | 331,18 | 180,28 | 64,13 |

des. Però podem observar que hi ha una certa tendència a les zones planes, en comparació amb altres períodes.

Fet i fet, amb aquestes dades podem intuir que a partir del bronze final hi ha una tendència als assentaments a la plana, com ja havien apuntat alguns autors (Francés, 2005: 63-67).

El segon cas a analitzar és l'aspecte, els resultats del qual mostrem a la taula 4. Aquesta variable fa referència a l'orientació del terreny i el seu gradient. En principi l'aspecte no és un valor que tingui rellevància de cara als assentaments i, per tant, en els estudis no rep gaire importància. On sí la té és en estudis sobre art rupestre.[51]

En el nostre cas, un cop analitzada aquesta variable ens van sobtar molt els resultats obtinguts en la majoria de cronologies. Però en aquest cas les mitjanes no són concloents, ja que, si la desviació estàndard és

51. Tot i que en molts casos s'utilitza de manera errònia, ja que normalment es dóna el valor de l'aspecte de la cel·la de 30 × 30 m com a valor de la pintura o el gravat, i això és incorrecte. El valor que ens en dóna el DEM és la mitjana de l'aspecte de tota aquella cel·la o el valor central de la cel·la, i no pas del punt concret on es troba la pintura. En el cas dels assentaments o dels jaciments no ens influeix, ja que són entitats espacials més grans i que, normalment, ocupen més d'una cel·la.

TAULA 4. Resultat dels diversos càlculs realitzats a partir de l'aspecte en graus dels jaciments, segons les cronologies

| | | *Aspecte* | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desviació std.* |
| Punts aleatoris | 85 | 2,36 | 357,60 | 206,94 | 101,25 |
| Total Jaciments | 103 | 2,79 | 347,64 | 194,56 | 93,70 |
| Neo antic cardial | 9 | 3,38 | 249,14 | 201,37 | 71,82 |
| Neo antic epicardial | 3 | 45,71 | 184,89 | 124,54 | 58,30 |
| NAE | 8 | 3,81 | 298,30 | 192,87 | 92,56 |
| Neolític mitjà | 15 | 59,74 | 314,17 | 211,34 | 55,84 |
| Neo final | 13 | 59,74 | 281,78 | 219,28 | 55,03 |
| III mil·lenni | 18 | 10,16 | 300,89 | 182,11 | 101,23 |
| Bronze inicial | 26 | 2,79 | 347,64 | 213,45 | 97,40 |
| Bronze final | 23 | 33,54 | 332,20 | 177,84 | 86,85 |
| Primer ferro | 20 | 59,74 | 345,72 | 228,37 | 68,45 |

molt alta, ens està indicant que no tots els jaciments estan orientats entre 120 i 220º; és a dir, mirant cap al SE-SW. Però, si ens hi fixem bé, hi ha dues cronologies on la desviació estàndard és realment molt baixa, en el neolític mitjà i el neolític final. En aquests dos casos la desviació ens està indicant la tendència de la mostra. En el neolític antic epicardial es dóna el mateix fenomen, tot i que no el podem considerar representatiu, perquè la mostra és de només tres jaciments. En tot cas, es tracta d'una dada interessant i difícil d'interpretar. A més, curiosament, tots aquests jaciments estan situats al marge esquerre del riu. A tall d'hipòtesi, proposem que la ubicació dels jaciments en aquesta orientació del terreny cap al SW estigui relacionada amb el major grau d'insolació que allà podrien rebre. Sigui com sigui, es tracta d'una qüestió que cal tenir present en futurs treballs.

El tercer cas a analitzar és el del gradient, com podem veure a la taula 5. Es tracta de la inclinació del terreny respecte al pla horitzontal; és a dir, que el valor mínim seria 0º, per exemple el mar, i el màxim, 90º, per exemple un precipici.

En general, podem veure que les mitjanes són prou baixes en totes les cronologies, d'igual manera que la desviació estàndard. Les variacions

TAULA 5. Resultat dels diversos càlculs realitzats a partir del gradient en graus dels jaciments, segons les cronologies

| | | *Gradient* | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desviació std.* |
| Punts aleatoris | 85 | 0,54 | 37,56 | 12,65 | 8,52 |
| Total Jaciments | 103 | 0,19 | 48,64 | 6,23 | 7,57 |
| Neo. antic cardial | 9 | 1,90 | 15,46 | 5,50 | 3,80 |
| Neo. antic epicardial | 3 | 8,09 | 36,24 | 18,63 | 12,53 |
| NAE | 8 | 1,41 | 30,60 | 6,47 | 9,26 |
| Neolític mitjà | 15 | 1,33 | 10,17 | 3,93 | 2,52 |
| Neo final | 13 | 1,33 | 36,24 | 7,03 | 8,63 |
| III mil·lenni | 18 | 0,43 | 36,24 | 8,23 | 8,32 |
| Bronze inicial | 26 | 0,89 | 36,24 | 5,45 | 8,75 |
| Bronze final | 23 | 0,86 | 48,64 | 6,99 | 11,42 |
| Primer ferro | 20 | 1,08 | 15,27 | 3,84 | 3,29 |

més elevades sobretot es poden observar en el neolític antic epicardial i en el bronze final. Segurament això ve del contrast entre el gradient dels jaciments en cova i els que estan a la plana. D'altra banda, amb aquesta variable es torna a repetir un fenomen que vèiem en el cas de l'altura i que s'intuïa en l'aspecte. Ens referim als jaciments del neolític mitjà i del primer ferro, que tendeixen a situar-se en llocs molt plans, de poca alçada i amb poc gradient. I en contrast amb aquest comportament, tenim els valors del neolític final i del III mil·lenni, que se situen en zones més elevades i amb un gradient més gran que en el neolític mitjà.

Per finalitzar aquest apartat, analitzarem la distància entre els rius i el jaciment. Els resultats són força similars als detectats als casos anteriors (veure taula 6). Els jaciments més a prop del riu són els del neolític mitjà i el primer ferro, de la mateixa manera que són els que presenten una desviació estàndard més reduïda. Possiblement aquest comportament que hem detectat amb totes les variables analitzades en aquestes cronologies estigui relacionat amb la voluntat de situar-se prop de zones amb un alt potencial agrícola. En canvi, com en el cas anterior, al neolític final i al III mil·lenni, dins d'una variabilitat hi ha una tendència a allunyar-se més dels cursos fluvials que en el període

TAULA 6. Resultat dels diversos càlculs realitzats a partir de la distància al riu dels jaciments

| | | *Distància riu* | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desviació std.* |
| Punts aleatoris | 85 | 6,31 | 1495,66 | 503,78 | 339,36 |
| Total Jaciments | 103 | 16,52 | 2705,98 | 349,36 | 203,98 |
| Neo antic cardial | 9 | 65,78 | 1489,31 | 635,97 | 356,67 |
| Neo antic epicardial | 3 | 636,22 | 1182,30 | 839,97 | 243,52 |
| NAE | 8 | 63,09 | 1061,14 | 533,50 | 358,65 |
| Neolític mitjà | 15 | 31,72 | 704,40 | 346,83 | 227,24 |
| Neo final | 13 | 170,06 | 1182,30 | 531,48 | 255,71 |
| III mil·lenni | 18 | 138,87 | 1182,30 | 556,65 | 312,34 |
| Bronze inicial | 26 | 9,59 | 1400,30 | 479,21 | 309,48 |
| Bronze final | 23 | 12,52 | 1182,30 | 417,68 | 261,27 |
| Primer ferro | 20 | 49,91 | 842,40 | 385,60 | 216,45 |

anterior. Podríem apuntar que en aquestes cronologies donen prioritat a les ubicacions amb un major gradient i elevació, que potser podrien permetre un millor control del territori. Sembla que aquestes característiques en els assentaments estarien per sobre de l'accés als recursos hídrics o a zones més fèrtils. Òbviament això és una tendència que afecta la majoria dels casos, però no la totalitat. Segurament, una mostra més àmplia ens permetria una millor anàlisi.

### 6.7.3. Línies de visió i accessibilitat

Un cop hem estudiat les variables estrictament geogràfiques, voldríem donar cabuda a d'altres dues que també considerem importants: la visibilitat i l'accessibilitat. Es tracta de dues variables molt relacionades amb l'elecció de la ubicació del jaciment i la funció que aquest té sobre el paisatge.

Podríem definir la visibilitat com el conjunt de llocs que són visibles des d'un determinat punt, conjunt que podem traduir en un GIS amb un mapa de visibilitat, on el programa ens codifica les cel·les segons que entrin o no en un determinat camp visual. Aquesta operació es fa a par-

tir dels valors de les altures i dels gradients que intervenen en la visió a partir d'un punt concret. També és pot crear un mapa acumulatiu on se sumin totes les cel·les visibles des de diversos punts del territori. Sobre aquesta qüestió s'ha escrit força i s'ha treballat molt en temes referents a arqueologia.[52] Nosaltres, per a dur a terme aquests càlculs, hi hem emprat la funció de GRASS R.LOS, com un atribut més dels jaciments. Més endavant utilitzarem aquesta variable i l'accessibilitat per a estudiar un cas concret. Donat que no tenim prou dades sobre l'entorn mediambiental dels jaciments, tampoc no hi hem introduït la vegetació com a variable. Som conscients que aquest és un factor rellevant, però, atesa la parcialitat de les nostres informacions, ara per ara hem preferit descartar-lo.

I pel que fa a l'altra variable, l'accessibilitat, és un concepte molt jove que va ser definit en arqueologia per Marcos Llobera (2000). Es tracta d'una qüestió molt relacionada amb les variables que permeten l'accés a un espai, juntament amb el moviment pel territori i els costos generats per aquest moviment. Els valors d'accessibilitat s'han de calcular, en principi, segons dos tipus de costos: els topogràfics, és a dir, els que són inherents a la geografia de la zona, i els culturals, això és, zones que per qüestions socials són més freqüentades o evitades. Per exemple, en l'actualitat un cementiri no serà un espai concorregut, ja que culturalment no és gens atractiu. A més, aquest concepte també implica dues característiques addicionals: la voluntat de voler anar a un lloc determinat i la probabilitat de passar per aquell indret.

Hem calculat aquest valor d'accessibilitat dels jaciments a partir del cost topogràfic[53] per a accedir a cada jaciment. Aquest procediment s'ha realitzat generant una graella de punts que cobreix tota la zona de treballs amb una resolució de 4000 m; és a dir, entre els punts hi ha una distància de 4 km.[54] Fet això, es traça des de cada punt de la graella generada la

52. Vegeu els treballs de D. Wheatley i M. Gillings (2000 i 2001).

53. Hem calculat el valor topogràfic del terreny, donat que la nostra mostra no és tan àmplia i que, en cronologies prehistòriques, aquestes qüestions són força complicades. En futurs treballs volem ampliar totes aquestes qüestions.

54. Aquesta operació s'ha realitzat d'aquesta manera per l'elevat cost computacional que comporta l'algoritme, que triga per a cada jaciment uns cinc minuts. El càlcul per a uns 120 jaciments comportaria unes deu hores.

ruta de mínim cost fins a cadascun dels jaciments. El valor donat per a cada jaciment és la mitjana del cost acumulat de totes les rutes des de cadascun dels punts de la graella fins a cada jaciment. Si ho traduïm en notació matemàtica, el resultat és el següent: generem una graella $G_{mn}$, on **m** és el nombre de files i **n**, el de columnes. El valor d'accessibilitat **A** d'un jaciment donat **X** ve donat per:

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{i,j \to X}}{m \cdot n} \quad \text{on } C_{ij \to X}$$

on és la ruta de mínim cost des del punt donat per les coordenades **i,j** fins al jaciment **X**.[55]

Amb aquests càlculs i els de les línies de visió hem obtingut les variables segons les cronologies amb l'eina V.UNIVAR de GRASS. A partir d'aquestes operacions presentem les taules 7 i 8; la primera, amb els valors predeterminats segons les cel·les, i la segona, amb els valors normalitzats de 0 a 1, que permeten veure molt millor la gradació de l'accessibilitat i les línies de visió. Com més petits són els valors, pitjor són la visió i l'accessibilitat. En el cas de l'accessibilitat hem preferit invertir, en la taula normalitzada, els valors inicials, per tal de mostrar com a valors superiors aquells relacionats amb jaciments fàcilment accessibles, i com a valors inferiors, els inaccessibles.

En general, el que podem comentar a partir de les dades normalitzades és que hi ha una tendència a preferir jaciments amb una millor accessibilitat per sobre del factor de la bona visibilitat, i que aquest patró el trobem a totes les cronologies. Això ho podem veure a la figura 22, on podem apreciar un total predomini de l'accessibilitat dels jaciments, molt per sobre de les línies de visió. Val a dir, però, que hi ha un seguit de casos que criden l'atenció, com el turó de Montcada, Can Roqueta II-Est, Can Viola, les sitges de la UAB, el dolmen de Castellruf i el sepulcre megalític de Serracavallera. Aquests grups de jaciments presenten una alta accessibilitat juntament amb una gran visibilitat. En el cas del turó de Montcada, el domini visual que presenta està més

55. A l'annex III es mostra el codi desenvolupat per a calcular les línies de visió i accessibilitat, tot seguint els conceptes i les fórmules explicades.

TAULA 7. Resultat dels càlculs estadístics de les línies de visió (LOS) i de l'accessibilitat

| | | *LOS* | | | | *Accessibilitat* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desviació std,* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desviació std.* |
| Punts aleatoris | 85 | 133,00 | 121431,00 | 14130,60 | 21059,60 | | | | |
| Total Jaciments | 107 | 200,00 | 63920,00 | 20531,30 | 13936,50 | 793,00 | 1291 | 944,32 | 119,57 |
| Neo antic cardial | 9 | 571,00 | 55889,00 | 22393,4 | 14342,5 | 823,00 | 1286 | 973,111 | 140,874 |
| Neo antic epi | 3 | 3098,00 | 28963,00 | 17381 | 10730,7 | 834 | 1208 | 1077,33 | 172,22 |
| NAE | 8 | 571,00 | 55889,00 | 24412,2 | 18560,90 | 847,00 | 1196 | 943,25 | 119,20 |
| Neolític mitjà | 15 | 571,00 | 55889,00 | 15388,4 | 14687,7 | 822,00 | 1286 | 969,333 | 129,18 |
| Neo final | 13 | 2435,00 | 36966,00 | 19610,9 | 9697,29 | 826,00 | 1208 | 905,923 | 95,51 |
| III mil·lenni | 18 | 1640,00 | 50816,00 | 23042,3 | 13031,7 | 793 | 1291 | 955,833 | 128,479 |
| Bronze inicial | 26 | 200,00 | 55889,00 | 26826,3 | 15958,5 | 827,00 | 1279 | 932,12 | 118,40 |
| Bronze final | 23 | 571,00 | 55889,00 | 20991,9 | 13137,8 | 846,00 | 1208 | 919,348 | 95,94 |
| Primer ferro | 20 | 571,00 | 55889,00 | 24017,2 | 17379,90 | 833,00 | 1086,00 | 923,25 | 75,56 |

TAULA 8. Resultat dels càlculs estadístics de les línies de visió (LOS) i de l'accessibilitat, normalitzats en valors que van de 0 a 1

| | | *LOS normalitzada* | | | | *Accessibilitat normalitzada inversa* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desviació std,* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desviació std.* |
| Punts aleatoris | 85 | 0,00 | 1,00 | 0,12 | 0,17 | | | | |
| Total Jaciments | 107 | 0,00 | 1,00 | 0,32 | 0,22 | 0,00 | 1,00 | 0,70 | 0,24 |
| Neo antic cardial | 9 | 0,01 | 0,87 | 0,35 | 0,23 | 0,01 | 0,94 | 0,64 | 0,28 |
| Neo antic epi | 3 | 0,05 | 0,45 | 0,27 | 0,17 | 0,17 | 0,92 | 0,43 | 0,35 |
| NAE | 8 | 0,01 | 0,87 | 0,38 | 0,29 | 0,19 | 0,89 | 0,70 | 0,24 |
| Neolític mitjà | 15 | 0,01 | 0,87 | 0,24 | 0,23 | 0,01 | 0,94 | 0,65 | 0,26 |
| Neo final | 13 | 0,04 | 0,58 | 0,30 | 0,15 | 0,17 | 0,93 | 0,77 | 0,19 |
| III mil·lenni | 18 | 0,02 | 0,79 | 0,36 | 0,20 | 0,00 | 1,00 | 0,67 | 0,26 |
| Bronze inicial | 26 | 0,00 | 0,87 | 0,42 | 0,25 | 0,02 | 0,93 | 0,72 | 0,24 |
| Bronze final | 23 | 0,01 | 0,87 | 0,33 | 0,21 | 0,17 | 0,89 | 0,75 | 0,19 |
| Primer ferro | 20 | 0,01 | 0,87 | 0,37 | 0,27 | 0,41 | 0,92 | 0,74 | 0,15 |

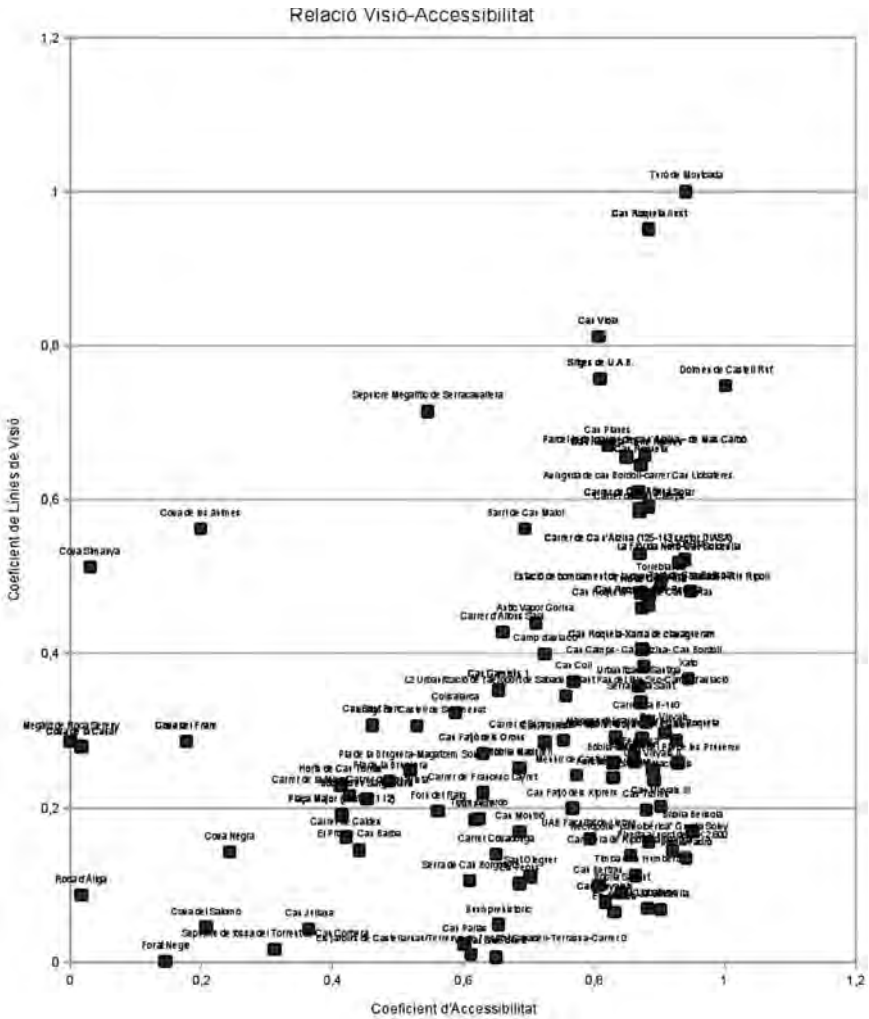



FIGURA 22. *Gràfica on es mostra la correlació del coeficient d'accessibilitat amb el de línies de visió.*

relacionat amb el control de la plana de Barcelona, que no pas amb la zona del Vallès. També és curiós que siguin dos sepulcres megalítics els que combinin aquestes dues variables. A tall d'hipòtesi, proposem que aquesta tendència potser està relacionada amb el fet que aquests elements arquitectònics puguin haver esdevingut fites en el paisatge, com ja han

proposat diversos autors (Tarrús, 2003 i 2005, i García Sanjuán, 2005). I a l'últim, els casos més paradigmàtics són Can Viola i Can Roqueta II-Est. Es tracta de dos jaciments que presenten diverses reocupacions. En el cas del primer, hi tenim un enterrament del bronze inicial, i hàbitat i estructures de manteniment del primer ferro. En el cas de Can Roqueta II, la reocupació és molt més acusada, ja que hi ha restes de poblament des del neolític antic cardial fins al primer ferro, i després continua en ús en períodes posteriors. Sobretot en aquest cas es tracta d'una posició estratègica en tots els sentits, ja que és molt accessible des de tota la zona del Vallès i al mateix temps domina visualment tota la plana.

En definitiva, amb l'anàlisi d'aquestes dues variables volem demostrar que és possible estudiar factors que van més enllà de criteris estrictament geogràfics. Es tracta de dos exemples limitats, ja que la mostra de la qual disposem és més aviat minsa; però és prou significativa, ja que amb els jaciments analitzats hem pogut detectar una sèrie de tendències de poblament. També en futurs treballs ens agradaria entrar a fons en aquestes dues qüestions per a poder aprofundir més en temes de caire social.

## 6.8. Un estudi concret: el megalitisme

Fins ara hem tractat tots els jaciments a nivells generals i sense especificar més enllà de les cronologies. En aquest apartat hem volgut desenvolupar un cas d'estudi concret amb el fenomen del megalitisme a la nostra zona de referència. D'aquesta manera volem tractar aquest tema, àmpliament discutit en el món de l'arqueologia, des del punt de vista de l'anàlisi espacial. En altres àrees, com la zona de Sierra Morena Occidental (García Sanjuán *et alii*, 2006), s'han dut a terme estudis tenint en compte les línies de visibilitat, tot i que els resultats no han estat gaire concloents.

En el nostre cas, la mostra amb què treballem és de sis jaciments (figura 23).

Es tracta d'una mostra limitada, però és la disponible en aquesta zona. Les dades principals d'aquests jaciments es poden veure a la taula 9. Quant a l'elecció dels jaciments, ens hem limitat a escollir els estrictament considerats megalítics, sense tenir en compte els antecedents.

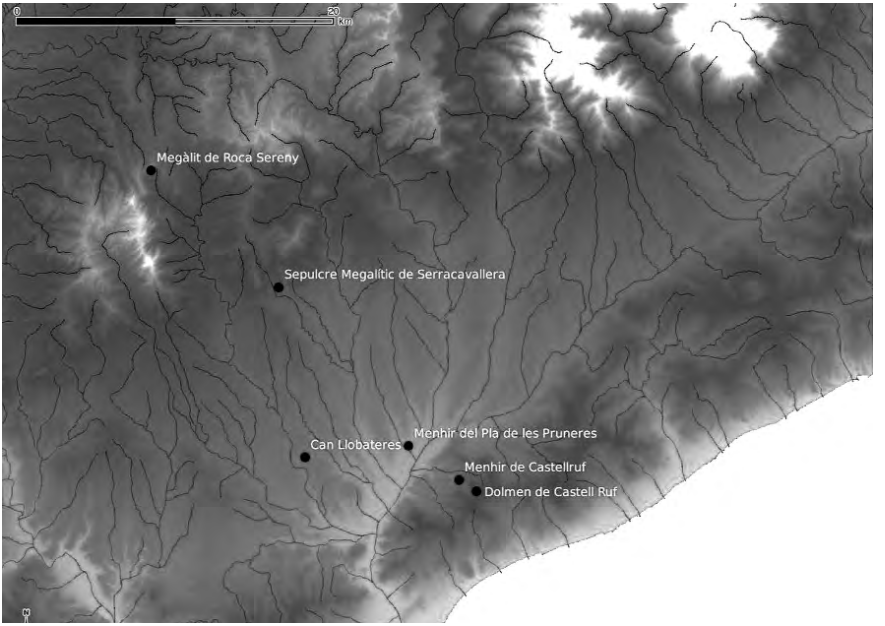



FIGURA 23. *Megàlits analitzats durant el cas d'estudi.*

TAULA 9. Llista dels jaciments estudiats amb la seva cronologia i coordenades

| *Nom* | *Cronologia* | *x* | *y* |
|---|---|---|---|
| Can Llobateres | Neolític final | 428120 | 4598292 |
| Menhir de Castellruf | Neolític final | 437837 | 4596880 |
| Megàlit de Roca Sereny | III mil·lenni | 418423 | 4616402 |
| Sepulcre Megalític de Serracavallera | III mil·lenni | 426483 | 4609043 |
| Dolmen de Castell Ruf | III mil·lenni | 438938 | 4596147 |
| Menhir del Pla de les Pruneres | III mil·lenni | 434655 | 4599007 |

Cal dir que entre aquests hi ha Can Llobateres, que té un registre complicat i no està gaire ben definit, ja que va ser excavat al 1948. De fet, l'aparició de lloses per a separar àmbits en hipogeus fa que la catalogació com a dolmen no sigui segura. També s'ha considerat que es pugui tractar d'una cista (Bardet & Ramada, 1985). D'altra banda, el menhir

TAULA 10. Valors de l'aspecte, l'altura i el gradient dels sis jaciments analitzats

| *Nom* | *Altura* | *Gradient* | *Aspecte* |
|---|---|---|---|
| Can Llobateres | 131,23 | 5,80 | 281,78 |
| Menhir de Castellruf | 417,21 | 4,61 | 170,42 |
| Megàlit de Roca Sereny | 750,21 | 17,65 | 226,50 |
| Sepulcre Megalític de Serracavallera | 415,42 | 13,13 | 226,14 |
| Dolmen de Castell Ruf | 417,21 | 4,61 | 170,42 |
| Menhir del Pla de les Pruneres | 61,20 | 0,43 | 300,75 |

de Castellruf actualment està a la plaça de Santa Maria de Martorelles, perquè als anys seixanta del segle passat va ser traslladat al poble. Originalment estava molt a prop del dolmen de Castellruf. Hem respectat la seva ubicació actual, però, pel que fa a la resta de valors i als càlculs, hem emprat les dades del dolmen proper al menhir, ja que són les dades més «reals» per a la ubicació originària del menhir.

En primer lloc, el que hem realitzat és una anàlisi visual de la distribució sobre un mapa. Com podem veure al mapa a simple vista, els jaciments no estan agrupats i presenten una distribució més o menys homogènia a la part nord, però més concentrada al vessant sud-est; hi destaca una certa concentració a la zona de les actuals poblacions de Mollet del Vallès i Santa Maria de Martorelles.

En segon lloc, per a analitzar les característiques d'aquestes entitats, n'hem calculat amb GRASS l'altura, el gradient i l'aspecte. Juntament amb això, i tenint en compte que tant dòlmens com menhirs s'han considerats fites o marques en el paisatge, també hem calculat la seva accessibilitat i les seves línies de visió. En presenten els resultats a les taules 10 i 11, mostrades a continuació. La primera correspon a l'aspecte, el gradient i l'altura; i la segona, a la visibilitat i l'accessibilitat, amb valors normalitzats de 0 a 1.

Els resultats de l'anàlisi de les variables són força inusuals i difícils d'interpretar. En primer lloc, podem observar com el jaciment de Can Llobateres, quant a visibilitat i accessibilitat, presenta uns patrons molt diferenciats de la resta. Aquest fet pot estar relacionat amb la dubtosa qualificació d'aquest jaciment com megàlit.

TAULA 6.11. Valors de les línies de visió i de l'accessibilitat dels sis jaciments estudiats; es presenten els valors predeterminats i normalitzats d'aquestes dues variables

| *Nom* | *LOS* | *LOS norm.* | *Accessibilitat* | *Acc. norm.* |
|---|---|---|---|---|
| Can Llobateres | 2435,00 | 0,04 | 857,00 | 0,87 |
| Menhir de Castellruf | 47743,00 | 0,75 | 793,00 | 1,00 |
| Megàlit de Roca Sereny | 18412,00 | 0,29 | 1291,00 | 0,00 |
| Sepulcre Megalític de Serracavallera | 50816,00 | 0,79 | 1024,00 | 0,54 |
| Dolmen de Castell Ruf | 47743,00 | 0,75 | 793,00 | 1,00 |
| Menhir del Pla de les Pruneres | 16368,00 | 0,25 | 830,00 | 0,93 |

Així, en línies generals podem dir que aquestes construccions estan ubicades en localitzacions d'altures molt variades. Cal dir, però, que en el cas dels menhirs no presenten una altura gaire elevada, i això no implica que estiguin en llocs poc visibles. D'altra banda, pel que fa al gradient, aquests jaciments estan en localitzacions on el terreny no és gaire escarpat; com podem veure, la dada més elevada del gradient és de 17,65º. I pel que fa a l'aspecte, curiosament, tots estan situats en zones orientades en un arc de 120º disposat de sud a nord-oest. Aquestes orientacions són de difícil interpretació, però creiem que es tracta d'un factor a tenir en compte, ja que els resultats entre tots els individus són massa similars. De fet, com ja hem comentat abans, coincideixen en part amb les orientacions dels jaciments del neolític final.

I pel que fa als índexs de visió i accessibilitat, els valors obtinguts són força interessants. En primer lloc, podem veure que totes aquestes construccions presenten uns valors prou elevats de visibilitat o bé al contrari, força baixos. Però, tot i així, de ben segur que si aquestes entitats van ser contemporànies eren prou visibles a la plana del Vallès, ja que en diversos casos les visibilitats s'encavalquen. Hem elaborat un mapa sumant les visions de tots plegats (figura 24), on es palesa la visibilitat d'aquestes construccions en el paisatge. També s'hi pot observar com, en el cas de Can Llobateres, les tendències de línies de visió són molt diferents a les de la resta.

I pel que fa a l'accessibilitat, hi ha valors extrems i completament oposats. En primer lloc, tenim el dolmen i el menhir de Castellruf, que

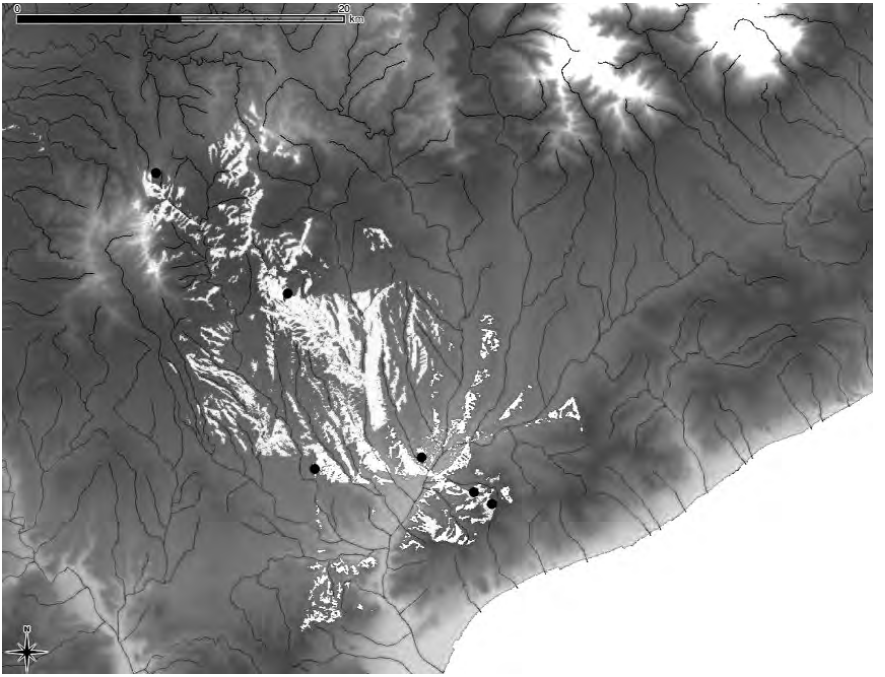



FIGURA 24. *Línies de visió acumulades dels megàlits ubicats dins la zona de treball.*

presenten una excel·lent accessibilitat, i també una molt bona visibilitat. Contràriament, el megàlit de Roca Sereny mostra el cas oposat, amb el major valor de costos acumulats per a poder accedir-hi. Pel que fa al seu grau de visibilitat, és bastant baix. Els casos restants també són curiosos, ja que el menhir del Pla de les Pruneres, tot i tenir una visibilitat relativa, presenta una alta accessibilitat. I el sepulcre megalític de Serracavallera, en canvi, té un grau mitjà d'accessibilitat, però té la visibilitat més elevada de totes.

Així doncs, per concloure, després d'aquesta anàlisi podem observar que el megalitisme és un fenomen complex i de difícil interpretació. Tot i això, amb la nostra reduïda mostra hem pogut intuir una sèrie de patrons espacials relacionats amb aquestes construccions. D'entrada, la visibilitat i l'accessibilitat semblen factors importants; la segona, amb més importància que la primera. Però també cal destacar la importància de la visibilitat, ja que en la meitat dels casos és molt elevada. Altres

estudis han proposat, a través d'anàlisis realitzades a partir de la ubicació dels megàlits, un ús pautat de la topografia per a incrementar la visibilitat del monument (García Sanjuán, 2005: 261).

En segon lloc, i en relació amb el cas anterior, l'accessibilitat sembla tenir un paper important, per bé que no sempre. Seria interessant estudiar una mostra més àmplia de jaciments per a esbrinar la correlació entre aquestes dues variables.

I finalment, trobem interessants els valors donats per l'aspecte, ja que mostren un interval interessant pel que fa a l'orientació del terreny on s'ubiquen aquests monuments. Possiblement aquest factor estigui relacionat amb l'orientació dels mateixos monuments o amb les pràctiques rituals associades, que ara com ara no som capaços d'interpretar.

### 6.8.1. Hàbitats, estructures d'emmagatzematge i contextos funeraris

En aquest apartat volem estudiar les relacions entre llocs d'hàbitat, estructures d'emmagatzematge i llocs d'enterrament. Normalment, es fa una separació entre aquests llocs, sobretot entre espais d'enterrament i d'hàbitat, però en aquest cas hem de tenir present que en els jaciments de la nostra zona d'estudi molts cops aquests tres tipus d'estructures estan molt pròximes entre si, quan no estan plenament integrades unes amb les altres en un mateix espai. Per aquest motiu, hem volgut estudiar les característiques de les ubicacions d'aquestes estructures. Atès que hi ha estructures com ara cubetes o retalls indeterminats que són difícils d'interpretar, per a fer aquestes anàlisis ens hem limitat a escollir les estructures que a parer nostre són més representatives. En primer lloc, per a l'hàbitat hem triat els grans retalls, perquè, encara que són confusos, en principi s'han interpretat com restes de cabanes. Pel que fa a l'emmagatzematge, hem triat les sitges, ja que són les estructures més clares per a aquesta funció. I a l'últim, pel que fa als contextos funeraris, hem triat totes les estructures o els espais relacionats amb el tracte donat als difunts, tant en el cas de la inhumació com en el de la incineració.

Així doncs, un cop realitzades aquestes cerques a la base de dades, tenim 38 estructures d'hàbitat, 70 conjunts d'estructures d'emmagatzematges i 61 contextos funeraris de diverses cronologies, distribuïts segons es mostra a la figura 25. Les variables a estudiar han estat les

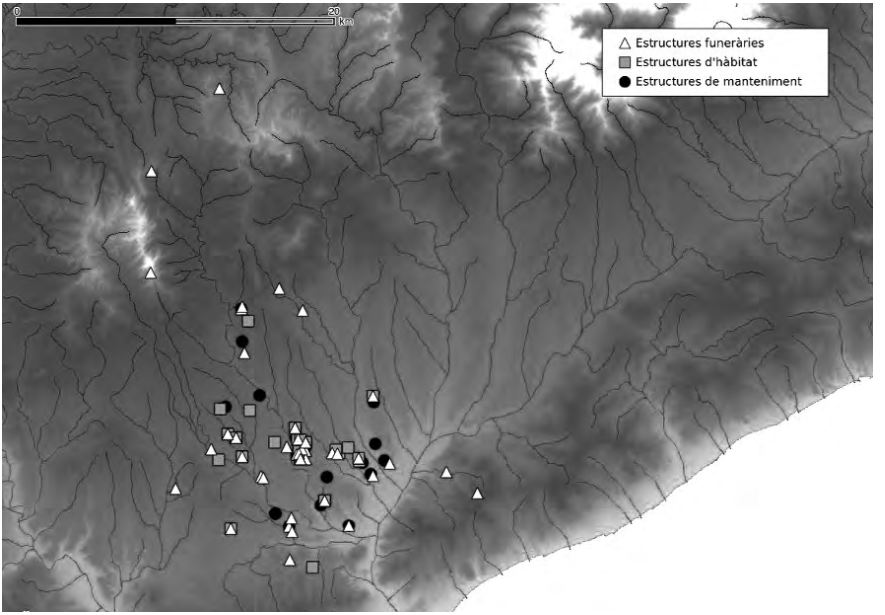



FIGURA 25. *Distribució de les estructures d'hàbitat, d'emmagatzematge i funeràries.*

següents: altura, aspecte, gradient, distància al riu, accessibilitat i línies de visió. En una primera anàlisi, no hem separat les estructures per cronologies, ja que la nostra intenció era observar com és distribuïen aquestes estructures pel territori globalment. Cal dir que es tracta d'una anàlisi exploratòria, donat que la mostra que tenim no és gaire extensa i una part dels jaciments comparteixen els dos o tres tipus d'espais analitzats.

Hem mostrat els resultats en forma de taula (consulteu les taules 12 a 15). Cal dir que en els casos de l'accessibilitat i de les línies de visió hem normalitzat els valors perquè siguin més comprensibles; van del 0 a l'1. En el cas de l'accessibilitat, a més a més hem invertit els valors inicials, per la qual cosa el 0 seria nul·les visibilitat i accessibilitat i l'1, la màxima en tots dos casos.

El que podem observar en aquestes taules és la semblança de totes aquestes característiques en els grups analitzats. Trobem l'excepció en el gradient i en la distància als rius en els contextos funeraris, tot i que en

TAULA 12. Resultats pocedents de calcular el gradient i la distància al riu de la totalitat de la mostra

| | | *Altura* | | | | *Aspecte* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Dades* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. Std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. Std.* |
| Emmagatzematge | 70 | 55,23 | 331,18 | 166,00 | 51,03 | 7,12 | 340,56 | 211,06 | 81,54 |
| Habitats | 38 | 91,19 | 309,89 | 165,73 | 45,49 | 3,81 | 340,56 | 188,71 | 96,54 |
| Funerari | 61 | 55,23 | 943,47 | 205,94 | 156,38 | 33,54 | 340,56 | 216,36 | 64,04 |

TAULA 13. Resultats procedents de calcular l'altura i l'aspecte de la totalitat de la mostra

| | | *Gradient* | | | | *Distància riu* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Dades* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. Std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. Std.* |
| Emmagatzematge | 70 | 0,39 | 9,05 | 3,05 | 1,99 | 49,91 | 1013,13 | 454,29 | 193,71 |
| Habitats | 38 | 0,76 | 11,29 | 3,60 | 3,60 | 12,52 | 1057,31 | 462,63 | 241,36 |
| Funerari | 61 | 0,89 | 36,24 | 4,78 | 5,30 | 31,72 | 1182,30 | 466,79 | 245,24 |

TAULA 14. Resultats procedents de calcular l'accessibilitat i l'accessibilitat normalitzada de la totalitat de la mostra

| | | *Accessibilitat* | | | | *Accessibilitat normalitzada* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Dades* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. Std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. Std.* |
| Emmagatzematge | 70 | 826,00 | 1086,00 | 896,90 | 59,87 | 0,41 | 0,93 | 0,79 | 0,12 |
| Habitats | 38 | 847,00 | 1067,00 | 903,40 | 56,85 | 0,45 | 0,89 | 0,78 | 0,11 |
| Funerari | 61 | 793,00 | 1291,00 | 925,41 | 105,31 | 0,00 | 1,00 | 0,73 | 0,21 |

TAULA 15. Resultats procedents de calcular la visibilitat i la visibilitat normalitzada de la totalitat de la mostra

| | | *Accessibilitat* | | | | *Accessibilitat normalitzada* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Dades* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. Std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. Std.* |
| Emmagatzematge | 70 | 571,00 | 55889,00 | 28692,00 | 15086,40 | 0,01 | 0,87 | 0,45 | 0,24 |
| Habitats | 38 | 571,00 | 55889,00 | 25750,40 | 15029,70 | 0,01 | 0,87 | 0,40 | 0,24 |
| Funerari | 61 | 571,00 | 55889,00 | 25411,80 | 17315,80 | 0,01 | 0,87 | 0,40 | 0,27 |

ambdós casos la desviació estàndard és molt elevada i, per tant, la mostra no és gens homogènia.

Atès que les variables analitzades donen uns resultats molt similars, però amb una desviació estàndard alta, hem decidit analitzar la mostra segons les cronologies per a estudiar els resultats. El problema és que aquesta divisió ens força a treballar amb un nombre molt petit de dades per cronologia i, per aquest motiu, hem de considerar aquesta anàlisi com exploratòria, i no pas definitiva. Començarem analitzant les estructures d'emmagatzematge, seguides de les d'hàbitat i dels contextos funeraris.[56]

Un cop analitzats els resultats, ens trobem amb el fet, ja previst, que la mostra de què disposem és massa petita i no hi ha grans diferències. La situació és semblant a la del cas anterior. També detectem patrons que havíem analitzat de manera global, com la tendència dels espais d'hàbitat i de manteniment del neolític final a situar-se en llocs no gaire propers als rius. D'altra banda, en el cas del neolític mitjà i el primer ferro és totalment al contrari. Quant a l'accessibilitat, els espais d'hàbitat en presenten la millor, mentre que la de les estructures de manteniment és lleugerament menor en aquest període.

El que podem dir amb aquestes dades és que la diferència entre les estructures de manteniment i les d'hàbitat és gairebé inexistent. Presenten trets molt semblants; a més a més, són similars entre espais de les mateixes cronologies. Com hem dit, però, no són resultats concloents, perquè les dades són insuficients per a treballar-hi estadísticament amb un marge de confiança raonable.

Pel que fa als contextos funeraris, difereixen lleugerament dels anteriors, tot i que no presenten una uniformitat clara. En totes les cronologies l'aspecte està orientat en l'eix sud-oest, fet força inusual. D'altra banda, cal destacar que en la majoria dels casos es troben més allunyats dels cursos fluvials que no pas hàbitats i sitges, i amb un gradient diferenciat. També són curiosos els casos del bronze final i del primer ferro. En el primer, les necròpolis són igual d'accessibles i de visibles que en la resta d'estructures; en canvi, en el primer ferro aquestes dues variables disminueixen i sembla que no tinguin tanta importància.

56. Per l'extensió d'aquests resultats, n'hem situat les taules a l'annex IV.

Amb aquesta anàlisi exploratòria volíem comprovar si podíem detectar patrons a una escala d'estructures menor. Els resultats no han estat gens concloents, ja que la mostra disponible en alguns casos és molt petita i no permet elaborar comparacions. Així i tot, s'intueixen certs patrons en les dades, que amb una mostra més amplia és podrien treballar més a fons. També les anàlisis de tipus microespacial en jaciments i paratges com Can Roqueta o la Bòbila Madurell permetrien aportar noves informacions sobre aquestes qüestions.

# 7. Conclusions

Com hem vist, amb el cas d'estudi presentat hem volgut explorar les diverses incògnites, tant metodològiques com pràctiques, que plantejàvem a l'inici del treball. Les preguntes inicials, doncs, estaven relacionades amb el poblament durant la prehistòria recent, però també amb quins mètodes i quins recursos teníem al nostre abast per a elaborar aquesta aproximació.

Els objectius de la recerca, en estreta relació amb les hipòtesis de treball, tenien dos vessants: per un costat, explotar totes les eines al nostre abast per a estudiar les comunitats prehistòriques assentades a la zona de la conca del riu Ripoll; i per un altre, analitzar de ben a prop, tot i que des d'una perspectiva prou àmplia, les restes que queden a disposició dels investigadors per a poder elaborar la recerca. En altres paraules i a grans trets, amb aquest treball hem volgut desenvolupar una metodologia per a estudiar les pautes de poblament d'un territori concret. Per aquesta tasca hem emprat els sistemes d'informació geogràfica, una eina molt valuosa i potent, si es fa servir dins d'un model científic acurat i adaptat a les necessitats de la recerca que s'estigui duent a terme. Aquest fet ens ha permès l'estudi de certes qüestions que de cap altra manera hauria estat possible, però també, a banda de la recerca metodològica, hem analitzat el poblament prehistòric a partir de variables de diversa natura, relacionades amb la geografia, el paisatge i també amb el comportament humà.

Així doncs, volem recalcar la importància tant de la recerca mateixa com de la integració de les eines emprades per a dur-la a terme amb

una metodologia concreta. La creació d'un model geogràfic per a estudiar el poblament ha permès validar i contrastar hipòtesis, com també suggerir-ne de noves tenint en compte els resultats de les anàlisis i la relació de les dades obtingudes, així com dels patrons que s'hi han detectat.

Tant l'anàlisi espacial com el GIS són eines fonamentals que permeten realitzar recerques molt diverses, tot integrant dades amb orígens diversos. Aquesta riquesa permet introduir en les línies d'investigació matisos que d'altra manera no serien possibles. La geoestadística ha tingut, en particular, un paper fonamental en la nostra recerca, ja que mitjançant aquest recurs hem pogut observar comportaments i tendències en la mostra que, a simple vista, no hauríem pogut deduir.

Amb aquesta recerca, doncs, resulta evident que cal un enfocament pluridisciplinari per tal de poder estudiar les qüestions referents al poblament prehistòric, com en moltes altres problemàtiques relacionades amb la recerca arqueològica. Així doncs, ens agradaria destacar aquesta característica del nostre treball, ja que la capacitat d'integrar dades i tècniques provinents de disciplines diferents ha estat especialment interessant de cara als resultats finals. Si ens haguéssim quedat en el plantejament tradicional de l'estudi del territori, ens hauríem limitat a definir les localitzacions dels jaciments sobre un mapa, fet que en darrer terme és una tasca purament descriptiva i que no aprofita el potencial analític dels sistemes d'informació geogràfica ni té en compte el context teòric de la recerca. Les possibilitats que ofereixen el GIS i d'altres disciplines relacionades amb aquest ens permeten realitzar una millor aproximació als comportaments de les comunitats prehistòriques, especialment si estan integrats dins d'un model geogràfic correctament definit.

D'altra banda, creiem que aquests recursos estan molt poc explotats encara avui dia dins l'arqueologia. Hi ha pocs treballs en el nostre àmbit que hagin estudiat un cas d'estudi particular i que hagin anat més enllà de la localització geogràfica dels elements analitzats. En bona mesura, però, aquesta escassetat de treballs segurament prové de la manca de tradició, de metodologia i de coneixement de les eines disponibles, més que no pas de falta de qüestions a tractar.

Pel que fa a la recerca realitzada en aquest treball, creiem que hem aconseguit acomplir els objectius proposats en un principi. En primer

lloc, hem desenvolupat una metodologia pròpia per a poder-nos aproximar a les característiques del poblament prehistòric antic, així com a les seves possibles transformacions. En futurs treballs esperem poder-hi afegir noves variables a analitzar i disposar d'una mostra més amplia per a estudiar més en profunditat aquestes qüestions. El model geogràfic proposat, doncs, és prou escaient al tipus de dades de què disposem actualment, tot i que cal dir que en alguns casos és massa parcial.

Una de les aplicacions més interessants derivades de la nostra recerca és l'estudi a escala mesoespacial d'una gran quantitat de jaciments que ja no existeixen, o que no es poden visitar perquè van ser excavats en intervencions preventives relacionades amb activitats de construcció de nous edificis. Tot aquest patrimoni, que en alguns casos no ha estat publicat, ha de ser posat en context amb la resta de jaciments del conjunt. Pensem que es tracta de l'única via possible per a fer estudis de poblament de manera correcta. D'altra banda, com a línia de recerca futura volem dur a terme prospeccions a zones poc urbanitzades a fi de poderne completar el registre. Som conscients que, si disposem d'aquest nombre de jaciments a estudiar, en part és per les grans obres que s'han dut a terme en el nostre país i en especial en la zona del Vallès. Això ha permès fer grans descobertes, però al mateix temps tot aquest patrimoni ha desaparegut i ja ens és impossible accedir-hi físicament.

En segon lloc, mitjançant una aplicació simple del mètode Monte-Carlo hem pogut determinar que el poblament prehistòric no presenta unes característiques aleatòries, sinó uns patrons particulars. Això ho hem pogut comprovar també per cronologies, on encara s'acusaven més les diferències entre elles i els punts aleatoris. En conseqüència, hi hem pogut constatar determinades similituds entre les tendències observades entre el neolític mitjà i el primer ferro, on hi ha una certa preferència per zones planes properes a rius. D'altra banda, també hem pogut veure com al primer ferro hi ha un augment en el nombre de jaciments i tots presenten una major accessibilitat. La recerca de zones agrícoles explotables podria estar relacionada amb aquesta tria d'indrets. Aquest fet sobta força, tenint en compte que en les mateixes cronologies i en zones no gaire llunyanes els assentaments es troben preferentment en turons i zones elevades. De la mateixa manera, durant el neolític final i el III mil·lenni hi ha un canvi de patrons de poblament respecte al període anterior. En

aquestes cronologies els assentaments presenten tendències similars: se situen en llocs preferentment més escarpats i no tan accessibles. Podríem dir que s'estableix un canvi en el model d'ocupació del territori diferent al del neolític mitjà. Així, la similitud de resultats entre els jaciments del neolític final i els del III mil·lenni segurament està relacionada amb la indefinició cronològica del registre arqueològic d'aquestes èpoques. De fet, no podem oblidar que en part estem parlant de dues etapes que s'encavalquen en el temps. També en aquestes cronologies es dóna el fet inusual d'establir-se en territoris on l'aspecte està orientat cap al sud-sud-oest. Aquesta qüestió és força curiosa i per aquest motiu en futurs treballs hi volem aprofundir. A tall d'hipòtesi, proposem que el grau d'insolació d'aquestes zones en pot ser una resposta. Caldran futurs estudis per a definir més aquest tema.

En l'estudi que hem proposat sobre el megalitisme, hem observat una tendència similar pel que fa a l'orientació. Aquesta anàlisi s'ha combinat amb la de la visibilitat, que en aquest cas ens ha permès determinar una de les possibles funcions d'aquests elements com a fites en el paisatge. Mitjançant la suma de totes les visions hem pogut intuir des d'on es podrien veure aquestes entitats en la plana del Vallès. Un tema molt interessant a tractar seria la reconstrucció del paisatge prehistòric per tal de determinar com afecta a la visió i a l'accessibilitat. En tot cas, amb la petita mostra analitzada hi hem pogut detectar certs patrons, entre els quals destaca la visibilitat. També sorprenen els diversos graus d'accessibilitat que presenten, ja que són valors molt extrems i diversos.

I en relació amb el darrer estudi proposat, hi hem obtingut igualment resultats interessants pel que fa a la diferenciació —o no— dels espais d'hàbitat, d'emmagatzematge i els contextos funeraris. Mitjançant la geoestadística i l'anàlisi espacial hem pogut determinar com els espais d'hàbitat i on se situen les estructures d'emmagatzematge comparteixen característiques en molts casos. D'altra banda, els contextos funeraris mostren una més gran disparitat respecte als dos tipus anteriors.

Altrament, ens agradaria remarcar dues de les eines emprades en les anàlisis: les línies de visió i l'accessibilitat. Aquests dos conceptes han estat prou discutits pels investigadors que treballen en anàlisi espacial, especialment en el panorama anglosaxó. La seva utilització resulta molt

útil, sempre tenint-ne en compte les limitacions. Tots dos conceptes tracten d'humanitzar el paisatge, perquè en darrer terme estan relacionats amb el comportament humà. Aquest fet és rellevant, sobretot en el cas de l'accessibilitat, perquè és un terme molt jove, nascut de la voluntat d'analitzar més «humanament» la geografia, per a evitar caure en qüestions purament topogràfiques.

Per acabar, volem fer uns apunts a les línies de recerca futures. Aquest treball és la base sobre la qual s'ampliaran els estudis per a analitzar una zona d'estudi és àmplia. Les anàlisis fetes han servit per a desenvolupar una metodologia de recerca adient al caràcter de la tipologia de les dades recollides per a una investigació d'aquesta mena. Una de les qüestions que volem desenvolupar més endavant és la reconstrucció del paisatge antic a la conca del riu Besòs. Es tracta d'una tasca complexa, ja que caldrà incorporar-hi moltes variables. Tot i això, es tractaria d'un tema realment interessant, per tal com ens permetria conèixer més profundament la interacció de les comunitats pretèrites amb el medi. De fet, a partir del cas d'estudi i de les dades recollides hem pogut detectar que la zona del Vallès té una personalitat pròpia pel que fa al registre arqueològic. La informació recopilada per a definir i omplir la base de dades ja apuntava aquesta característica del territori, i les anàlisis fetes durant l'estudi de cas han permès interpretar bona part de la seva casuística particular.

En relació amb aquesta qüestió, també volem dur a terme campanyes de prospecció en les zones menys antropitzades, tant per la possibilitat de detectar nous jaciments, com per a comprovar l'estudi dels existents. Finalment, una anàlisi a escala micro d'un jaciment particular permetrà interpretar millor les dades recollides pel model geogràfic, com també estudiar i entendre de manera més convenient les característiques particulars que no puguin ser detectades a nivell mitjà.

Igualment, amb aquestes intervencions també voldríem estudiar els possibles recursos minerals de la zona, tant lítics com metàl·lics, donat que de ben segur en alguns casos van ser explotats a l'antiguitat i estan relacionats amb la ubicació dels assentaments. En relació amb el paisatge antic, també caldrà reconstruir correctament les conques hidrogràfiques actuals, perquè en bona part estan modificades per les necessitats agrícoles actuals i no tenen el seu cabal original. També la reconstrucció

de les vies de pas antigues ens pot donar informació sobre el nostre cas d'estudi, atès que normalment són entitats fossilitzades en el paisatge i algunes encara es continuen utilitzant avui en dia.

D'altra banda, l'ampliació de la mostra de treball en un futur ens permetrà tenir unes dades més fiables per a totes les cronologies. La població amb què hem treballat ens ha permès realitzar totes les anàlisis, però en alguns casos ha estat insuficient per a extreure conclusions basades en estudis estadístics. També cal recalcar que el tema de les atribucions cronològiques és una qüestió a treballar i a concretar més profundament. Som conscients de les mancances en el registre i que no tots els jaciments presenten unes etapes clares. Més endavant seria convenient estudiar més a fons el tema de les datacions de carboni 14 per a afinar molt més les cronologies amb les quals treballem, ja que són la base de la nostra recerca. Considerem aquesta qüestió primordial, perquè és una de les bases metodològiques per a tirar endavant aquest projecte, de la mateixa manera que també tenim presents les dificultats que comporta elaborar aquest tipus d'estudi amb jaciments reocupats amb múltiples fases i amb una manca d'estratigrafia vertical.

En conclusió, volem destacar que el fet que bona part del contingut teòric del treball estigui dedicat als sistemes d'informació geogràfica no és una coincidència. Creiem que la definició de models geogràfics és una condició bàsica per a treballar amb aquestes eines a través del desenvolupament d'una correcta metodologia. També ens ha semblat oportú explorar les consideracions de caire tècnic, perquè no és possible explotar al màxim el potencial dels GIS sense entendre com funcionen i quines eines ens aporten durant la nostra recerca. És des d'aquesta perspectiva que hem decidit introduir-hi apartats específics dedicats al programari utilitzat, especialment QGIS i GRASS, donat que actualment no són gaire emprats dins del món arqueològic, en ampli contrast amb el seu potencial.

Per acabar, doncs, volem destacar que l'ús de sistemes d'informació geogràfica dins d'una metodologia correcta és essencial per a la recerca futura en arqueologia, especialment en treballs que abastin més d'un jaciment. Sens dubte és una eina de treball bàsica que qualsevol estudi sobre societats passades ha de tenir en compte i aprofitar de la millor manera possible.

# 8. Bibliografia


AGUSTÍ, J; CABRERA, L.; MOYÀ, S. (1985): «Sinopsis estratigràfica del Neógeno de la fosa del Vallès-Penedès», a *Paleontologia i Evolució* 18, pp. 57-81.

ARIS, R. (1978): *Mathematical modelling techniques*, Pitman.

ARTIGUES CONESA, P. L.; BRAVO PÓVEZ, P.; HINOJO GARCÍA, E. (2006-2007): «Excavacions arqueològiques a Can Gambús 2, Sabadell: Vallès Occidental», a *Tribuna d'Arqueologia* 2006-2007, Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació de la Generalitat de Catalunya, pp. 111-140.

BARCELÓ, J. A.; MAXIMIANO CASTILLEJO, A. M.; VICENTE CAMPOS, O. (2006): «La multidimensionalidad del espacio arqueológico: teoría, matemáticas y visualización», a GRAU MIRA, I. (ed.), *La aplicación de los SIG en la arqueología del Paisaje,* anejo a la revista *Lucentum* 15, Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 29-40.

BARCELÓ , J. A. (2008): «La seqüència crono-cultural de la prehistòria catalana. Anàlisi estadística de les datacions radiomètriques de l'inici de l'holocè a l'edat del ferro», a *Cypsela* 17, pp. 65-88.

BARDET, E. I RAMADA, X. (1985): «Can Llobateras. Un ejemplo del horizonte Neolítico final-Calcolítico», a *Estudios de la Antigüedad* 2, pp. 59-68.

BENTLEY, R.; MASCHNER, H. (2003): *Complex Systems and Archaeology,* University of Utah Press.

BERMÚDEZ SÁNCHEZ, J.; MAYORAL HERRERA, V.; CHAPA BRUNET, T. (2006): «Aplicación de SIG al estudio de modelos de ocupación en la prehistoria reciente del bajo Jarama, Madrid», a GRAU MIRA, I. (ed.), *La aplicación de los SIG en la arqueología del Paisaje*, anejo a la revista *Lucentum* 15, Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 201-209.

BEVAN, A. I CONOLLY, J., (2004): «GIS, archaeological survey and landscape archaeology on the Island of Kythera, Greece», a *Journal of Field Archaeology* 29, pp.123-138.

BLANCO MARTÍN, C. J., (2009): «Percepción», a REYES, R. (ed.), *Diccionario crítico de Ciencias Sociales,* Universidad Complutense de Madrid, <http://www.ucm.es/info/eurotheo/diccionario/P/percepcion.htm> (consulta 16/8/2010).

BORDAS, A.; MARTÍN, A.; POU, R.; MARTÍ, M.; DÍAZ, J., (1996): «La cultura de los «Sepulcros de Fosa» en el Vallès: Los yacimientos de «Bòbila Madurell» y «Camí de Can Grau» (Sant Quirze del Vallès y la Roca del Vallès, Barcelona)», a *Congrés de Neolític de la Península Ibèrica*, *Rubricatum* 1, pp. 519-526.

BRATLEY, P.; BENNETT, L.; LINUS, E., (1987): *A Guide to Simulation*. Springer-Verlag.

BROWN, C.; WITSCHEY, W; LIEBOVITCH, L., (2005): «The Broken Past: Fractals in Archaeology», a *Journal of Archaeological Method and Theory* 12, 1, pp. 37-78.

CARLÚS, X.; LÓPEZ CACHERO, J.; OLIVA, M.; PALOMO, A.; RODRÍGUEZ, A.; TERRATS, N.; LARA, C.; VILLENA, N., (2007): *Cabanes, sitges i tombes. El paratge de Can Roqueta (Sabadell, Vallès Occidental) del 1300 al 500 ANE*, Quaderns d'Arqueologia 4, Museu d'Història de Sabadell.

CARLÚS, X.;TERRATS, N.; VICENTE, O., (2007): *Mapa Arqueològic de Sabadell*, Museu d'Història de Sabadell - Ajuntament de Sabadell, Sabadell (recurs electrònic).

CARLÚS, X. I TERRATS, N., (2003): «El poblament prehistòric i antic a la conca mitjana del riu Ripoll: dels caçadors-recol·lectors a l'antiguitat tardana», a *Arraona* 27, pp. 26-45.

CARNAP, R.; MORGENSTERN, O.; WIENER, N., (1974:) *Matemáticas en las ciencias del comportamiento,* Alianza Editorial, Madrid.

CLOP, X.; FAURA, J. M.; GANGONELLS, M.; MOLIST, M.; NAVARRO, C., (1998): *El Pla de la Bruguera - Centre de distribució SONY. Una necròpoli d'incineració de la Primera Edat del Ferro a Castellar del Vallès (Castellar del Vallès, Vallès Occidental)*, Excavacions Arqueològiques a Catalunya 15, Barcelona.

CLOP, X.; FAURA, J. M., (1997): «Ritual funerari i societat durant la Primera Edat del Ferro al Vallès. El Pla de la Bruguera - Centre de Distribució SONY (Castellar del Vallès)», a *Arraona* 20, Sabadell, pp. 9-32.

COLL, J. M.; MOLINA, J. A.; ROIG, J., (1993): «El poblament protohistòric de la conca alta del riu Ripoll: de l'edat del ferro a la fi del món ibèric. Primeres dades», a *Limes* 3, pp. 41-52.

CONOLLY, J. I LAKE, M., (2009): *Sistemas de información geográfica aplicados a la arqueología*, Ed. Bellaterra.

CURRY, M. R., 1998: *Digital places: living with geographic information technologies.* Routledge, Londres.

DEAN, J.; GUMERMAN, G.; EPSTEIN, J.; AXTELL, R.; SWEDLUND, A.; PARKER, M.; MCCARROLL, S., (2000): «Understanding Anasazi culture change through agent-based modeling», a *Dynamics in human and primate societies: agent-based modeling of social and spatial processes*, Oxford University Press, pp. 179-205.

DEMERS, M., 2003: *Fundamentals of Geographic Information Systems. Second Edition*, John Wiley & Sons, Inc., New Mexico State University.

DIMITRIOS, A.; APOSTOLOS, S.; THEODOROS, A.; KONSTANTINOS, A., (e.p.): «Integrated GIS, Remote Sensing and Geomorphologic Approaches for the Reconstruction of the Landscape Habitation of Thessaly during the Neolithic Period», a *Journal of archaeological Science.*

ESTEVE, X., (2006): «El recorrido acumulado: Una propuesta metodológica para el análisis del caudal potencial de las redes fluviales y su aplicación en la prehistoria reciente del Penedès (Catalunya)», a GRAU MIRA, I. (ed.), *La aplicación de los SIG en la arqueología del Paisaje*, anejo a la revista *Lucentum* 15, Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 99-108.

FAIRÉN JIMÉNEZ, S., (2004): «¿Se hace camino al andar? Influencia de las variables medioambientales y culturales en el cálculo de caminos óptimos mediante SIG», a *Trabajos de Prehistoria* 61, 2, pp. 25-40.

FLANNERY, K., (1973): «Archaeology with a Capital 'S'», a REDMAN, C.L (ed.), *Research and Theory in Current Archaeology*, John Wiley, Nova York, pp. 47-53.

FRANCÈS, J., (1995): «Noves excavacions al sector est del jaciment del poliesportiu de la UAB (Cerdanyola, Vallès Occidental)», a *Revista d'Arqueologia de Ponent* 5, pp. 147-178.

FRANCÈS , J., (2005): «Evolució de les formes d'hàbitat a la franja central de la costa catalana durant el primer mil·lenni a.n.e.», a *Revista d'arqueologia de Ponent* 15, Universitat de Lleida, pp. 59-78.

FRANCÈS , J.; GUÀRDIA i LLORENS, M.; MAJÓ, T.; SALA, O., (2006): «L'hipogeu calcolític del carrer París de Cerdanyola del Vallès», a *Tribuna d'Arqueologia* 2006-2007, pp. 315-333.

GARCÍA SANJUÁN, L., 2005: *Introducción al reconocimiento i análisis arqueológico del territorio*, Ariel Prehistoria, Barcelona.

GARCÍA SANJUÁN, L.; METCALFE-WOOD, S.; RIVERA JIMÉNEZ, T.; WHEATLEY, D. W., 2006: «Análisis de pautas de visibilidad en la distribución de monumentos megalíticos de Sierra Morena Occidental», a GRAU MIRA, I. (ed.), *La aplicación de los SIG en la arqueología del Paisaje,* anejo a la revista *Lucentum* 15, Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 181-200.

García Sanjuán, L.; Wheatley, D. W.; Murrieta Flores, P.; Márquez Pérez, J., (2009): «Los SIG y el análisis espacial en Arqueología. Aplicaciones en la Prehistoria Reciente del Sur de España», a Nieto Prieto, F. X. i Cau Ontiveros, M. A. (eds.), *Arqueologia Nàutica Mediterrània. Monografies del Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya* 8, CASC, Girona, pp. 163-180.

Gillings, M. i Wheatley, D., (2001): «Seeing is not believing: unresolved issues in archaeological visibility analysis», a Slapšak, B. (ed.), *On the good use of geographical information systems in archaeological landscape studies. Proceedings of the COST G2 Working Group 2 round table Luxembourg*, Office for Official Publications of the European Communities 25-36, <http://eprints.soton.ac.uk/28803> (consulta 22/08/2010).

Gilbert, N., (2007): *Agent-Based Models*, Sage Publications, Quantitative Applications in Social Sciences, Londres.

González, P.; Martín, A.; Mora, R. (coords.), (1999): *Can Roqueta. Un establiment pagès prehistòric i medieval (Sabadell, Vallès Occidental)*, Excavacions Arqueològiques a Catalunya 16, Barcelona.

Grau Mira, I., (2006): «Transformaciones culturales y modelos espaciales. Aproximaciones SIG a los paisajes de la romanización», a Grau Mira, I. (ed.), *La aplicación de los SIG en la arqueología del Paisaje,* anejo a la revista *Lucentum* 15, Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 211-226.

Greene, B., (2006): *El Universo elegante: supercuerdas, dimensiones ocultas y la búsqueda de una teoría fina*l, Editorial Crítica, Barcelona.

Hlásny, T., (2005): «Spatio-temporal modelling and simulations in GIS - The principles», a *International Symposium GIS Ostrava 2005, January 23rd to 26rt, Proceedings,* <http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2005/Sbornik/cz/Referaty/hlasny_keynote.pdf> (consulta 18/8/2010).

Hodder, I., (1979): *Spatial Analysis in archaeology*, Cambridge University Press.

Hodder, I., (1994): *Interpretación en arqueología: corrientes actuales*, Crítica, Barcelona.

Kiel, L.; Elliott, E., (2010): *Chaos Theory in the Social Sciences*. The University of Michigan Press.

Klamkin, M. (ed.), (1987): *Mathematical modelling: Classrooms Notes in Applied Mathematics*, Society for Industrial & Applied Mathematics.

Kohler, T.; Parker, S., (1986): «Predictive Models for Archaeological Resource Location», a *Advances in Archaeological Method and Theory* 9, pp. 397-452.

Kohler, T.; Van der Leeuw, S., (2009): *The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems*. School for Advanced Research.

Llenas i Avellaneda, M., 2003: «Estudi geològic i paleontològic del riu Ripoll al terme municipal de Sabadell», a *Arraona* 27, pp. 14-25.

LLOBERA, M., (2000): «Understanding Movement: A pilot model towards the sociology of movement», a LOCK, G. (ed.), *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies,* IOS Press, Amsterdam, pp. 65-84.

LOCK, G., (coord.), (2000): Beyond the map: Archaeology a*nd Spatial Technologies.* IOS Press, Amsterdam.

— (2001) «Theorising the practice or practicing the theory: archaeology and GIS», a *Archaeologia Polona. Special Theme: archaeology and archaeological science* 39, pp. 165-164.

— (2009): « Archaeological computing then and now: theory and practice, intentions and tensions», a *Archeologia e Calcolatori* 20, 2009, pp. 75-84.

LONGLEY, P., GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J. i RHIND, D. W. (2006): *Geographic Information Systems and Science*, John Wiley & Sons Inc.

LÓPEZ CACHERO, J., (2005): *La necrópolis de Can Piteu - Can Roqueta (Sabadell) en el contexto del Bronce Final y la Primera Edad del Hierro en el Vallès: estudio de los materiales cerámicos*, Universitat de Barcelona, <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-1011105-131607> (tesi doctoral inèdita).

— (2006): *Aproximació a la societat durant el bronze final i la primera edat del ferro: el cas de la necròpolis de Can Piteu - Can Roqueta (Sabadell, Vallès Occidental, Barcelona)*, Societat Catalana d'Arqueologia, Barcelona.

MARCET, R. i PETIT, M. A., (1985): «Assentaments d'habitació a l'aire lliure de la Comarca del Vallès. Del Neolític al Bronze Final», a *Estudios de Antigüedad* 2, Bellaterra, pp.93-146.

MARTÍN, A., (1985): «De la cultura de los Sepulcros de Fosa al grupo de Veraza en el Vallès», a *Estudios de la Antigüedad* 2, pp. 35-70.

— (1992): «La economía de producción a lo largo del Neolítico en Catalunya», a MOURE, A. (ed.), *Elefantes, ciervos y ovicaprinos. Economía y aprovechamiento del Medio en la Prehistoria de España y Portugal*, Universidad de Cantabria, Santander, pp. 202-228.

MARTÍNEZ BEA, M., (2006): «Arte rupestre y GIS en los alrededores de Santolea (Teruel)», a GRAU MIRA, I. (ed.), *La aplicación de los SIG en la arqueología del Paisaje,* anejo a la revista *Lucentum* 15, Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp.171-180.

MAYA, J. L., (1990): «¿Bronce Final o Primera Edad del Hierro? La problemática en el marco de la Depresión Prelitoral», *Limes* 0, pp. 31-43.

MITCHELL, M., (2009): *Complexity: A guided tour.* Oxford University Press.

MLEKUZ, D., (2004): «Listening to the landscapes: modelling soundscapes in GIS», a *Internet Archaeology* 16, <http://intarch.ac.uk/journal/issue16/6/toc.html> (consulta 8/8/2010).

OLIVA, M. i TERRATS, N., (2009): *Memòria d'excavació del jaciment arqueològic de Can Roqueta - Can Revella (Sabadell i Barberà del Vallès, Vallès Occidental)*, Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació de la Generalitat de Catalunya (inèdit).

PETIT, M. A., (1986): *Contribución al estudio de la Edad del Bronce en Cataluña (comarcas del Moianès, Vallès oriental, Vallès Occidental, Maresme, Barcelonès y Baix Llobregat)*, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra (tesi doctoral inèdita, 4 vols.).

— (1990): «Les primeres etapes del Bronze al Vallès», a *Limes* 0, Cerdanyola del Vallès, pp. 23-30.

— (1992-1993): «El Bronce final y la transición hacia la primera Edad del Hierro en la región central-costera de Cataluña», a *Bajo Aragón, Prehistoria: segundos encuentros de prehistoria aragonesa* IX-X, Caspe-Zaragoza, 1986, pp. 255-272.

PRIGOGINE, I., (2008): *Las leyes del caos*, Drakontos Bolsillo, Barcelona.

RIBÉ, G., 1999: «Territorios y poblamiento del Vallès (Catalunya) en el neolítico (5500-3500 cal. BC): aproximación arqueoespacial», a *II Congrés del Neolític a la Península Ibèrica, Saguntum PLAV* extra 2, pp.307-314.

ROIG, J. I COLL, J. M., (2006-2007): El paratge arqueològic de Can Gambús 1: Sabadell, Vallès Occidental, a *Tribuna d'Arqueologia* 2006-2007, Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació de la Generalitat de Catalunya, pp. 85-109.

ROIG, J.; COLL, J. M.; GIBAJA, J. F.; CHAMBÓN, P.; VILLAR, V.; RUIZ, J.; TERRADAS, X.; SUBIRÀ, M. A., (2010): «La necrópolis de Can Gambús-1 (Sabadell, Barcelona). Nuevos conocimientos sobre las prácticas funerarias durante el Neolítico medio en el Noreste de la Península Ibérica», a *Trabajos de Prehistoria* 67, vol. 1, pp. 59-84.

RÍOS, S., 1995: *Modelización*, Alianza Universidad, Madrid.

RUBIO CAMPILLO, X., (2008): *Almenar 1710. Una victòria anglesa a Catalunya,* Llibres de Matrícula, Calafell.

— (2009): *Modelització i simulació aplicades a la recerca i interpretació de camps de batalla*, Universitat de Barcelona, <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0720109-092434> (tesi doctoral inèdita).

RUBIO CAMPILLO, X. i HERNÀNDEZ, F. X., (2009): *Talamanca 1714. Arqueologia d'una batalla*, Llibres de Matrícula, Calafell.

RUESTES I BITRIÀ, C., (2006): « El poblamiento ibérico y romano en la Layetania litoral (del río Besòs a la riera de Teià)», a GRAU MIRA, I. (ed.), *La aplicación de los SIG en la arqueología del Paisaje,* anejo a la revista *Lucentum* 15, Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 207-246.

SÁNCHEZ-ELIPE, M., (e.p.): «(Re)Pensando el pasado. Un acercamiento postestructuralista a los sujetos de la Protohistoria», *Estrat Crític* 4.

SNOW, C., (1977): *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Alianza Editorial, Madrid.

STEELE, J., (2009): «Human Dispersals: Mathematical Models and the Archaeological Record», a *Human Biology*, 81, 2-3, pp. 121–140.

STEWART, I., (2007): *¿Juega Dios a los dados?*, Drakontos Bolsillo, Barcelona.

TARRÚS GALTER, J., (2003): «Els constructors de megàlits a Catalunya: cistes i dòlmens entre els mil·lennis V-III cal ane», a *Cota Zero. Dossier: Miquel Tarradell. Quaranta anys de Les arrels de Catalunya* 18, pp. 54-75.

— (2005): «Els monuments megalítics del marge dret del riu Cardener (Bages). En memòria de Miquel Cura i Morera», a *Pyrenae* 36, 2, pp. 41-85.

TERMCAT, CENTRE DE TERMINOLOGIA, (2003): *Diccionari de geografia física*. TERMCAT, Barcelona.

TERRATS, N., (2007): *Memòria d'excavació del jaciment arqueològic de Can Filuà (Santa Perpètua de la Moguda, Vallès Occidental)*, Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació de la Generalitat de Catalunya (inèdit).

THOMAS, J., (2000): *Interpretive archaeology: a reader*, Leicester University Press, 2000.

TILLEY, C. (ed.), (1990): *Reading the material culture: structuralism, hermeneutics and post-structuralism*, Blackwell, Oxford.

WAGSTAFF, M., (2006): «Network Analysis and Logistics: Applied Topology», a *General Issues in the Study of Medieval Logistics*, Brill Academic Publishers, pp. 69-92.

WHEATLEY, D. I GILLINGS, M., (2000): «Vision, perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archaeological visibility», a LOCK, G. (ed.), *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, IOS Press, Amsterdam, pp. 65-84.

— (2002): *Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Applications of GIS.*

WHEATLEY , D. i MURRIETA FLORES, P., (2008): «Grandes piedras en un mundo cambiante: Los monumentos megalíticos en sus paisajes», PH 67, *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, agosto 2008 (especial monográfico), Junta de Andalucía.

ZHANG, H.; BEVAN, B.; FULLER, D. I FANG, Y., (2010): «Archaeobotanical and GIS-based approaches to prehistoric agriculture in the upper Ying valley, Henan, China», a *Journal of Archaeological Science* 37, pp. 1480-1489.

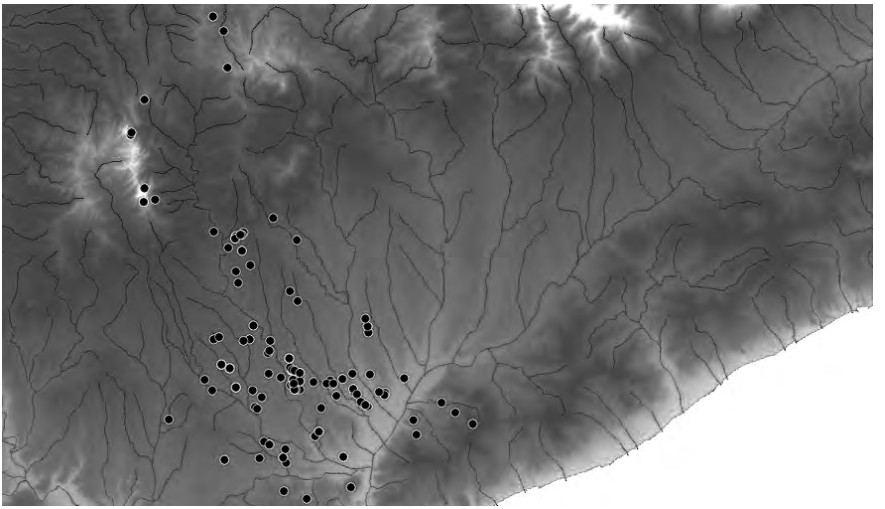
# Annex I. Taula de materials

Mostrem a continuació el llistat complet de materials compresos a la taula corresponent de la base de dades (ID/tipus_mat).

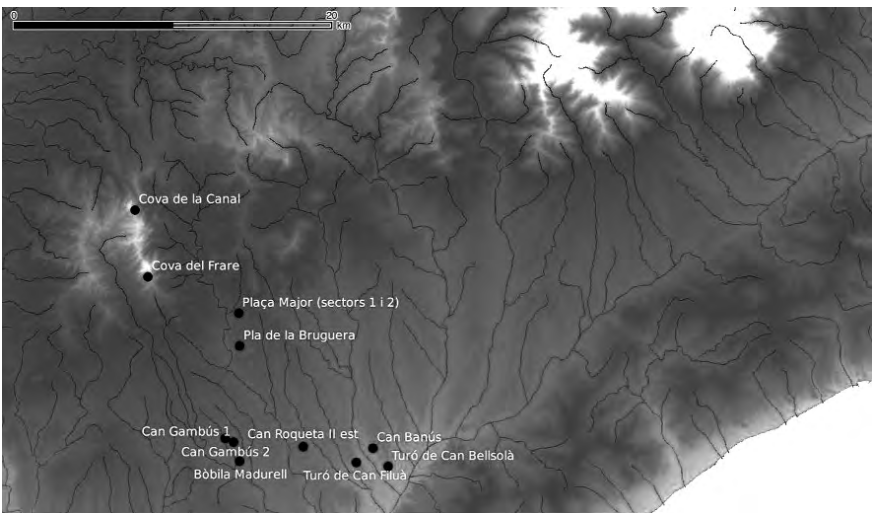
0 Campaniforme
1 Chassey (incisions)
3 Decoració bigotis
4 Vasos boca quadrada
5 Treilles (triangles gravats)
6 Obsidiana
7 Sílex melat
8 Variscita
9 Nanses tubulars
10 Decoració crestes
11 Perforacions al peu (I ferro)
12 Apèndix de botó
13 Llengüetes perforades
14 Llengüetes
15 Mugrons
16 Dentalia
17 Pectem
18 Pastilles repussades
20 Acanalats simples
21 Acanalats complexos
22 Cordons impresos
23 Cordons incisos
24 Pintura
25 Meplats
26 Raspallat
27 Tenalles
28 Agulla
29 Botó metàl·lic
30 Navalla
31 Punta de sageta
32 Braçalet
33 Pinces
34 Anelles
35 Fíbula de doble resort
36 Ganivet metàl·lic
37 Sivelles
38 Simpulum
39 Espasa
40 Llança
41 Tapadora
42 Destral polida
43 Botons d'os amb perforació en V
44 Indústria lítica
45 Decoració cardial
47 Incisions
48 Molins
50 Fauna
51 Restes antropològiques
52 Fangs / Material constructiu
53 Nansa de cinta
54 Punxó metàl·lic
55 Punxó d'os
56 Incisions a la vora
57 Grup del NE
58 Cordons llisos
59 Mamellons

60 Polipodis
62 Fíbula serpentiforme
63 Fíbula de pivot
64 Destral tubular
65 Puntes de sageta amb aletes i peduncle
66 Glicimeris
68 Nanses de pont
69 Pondus
70 Ungulacions
71 Urnes troncocòniques
72 Malacofauna
73 Restes de bronze
74 Escòries
75 Denes
76 Montboló
77 Molinot
78 Veraza
79 Materials fenicis
80 Engrutats
81 Impressions
82 Plats tapadora
83 Agulla metàl·lica
84 Virolla
85 Fíbula de resort bilateral
86 Destral de ferro
87 Motlle
88 Botó d'os
89 Restes de coure
90 Punxons de coure
91 Fusaiola
92 Formatgera

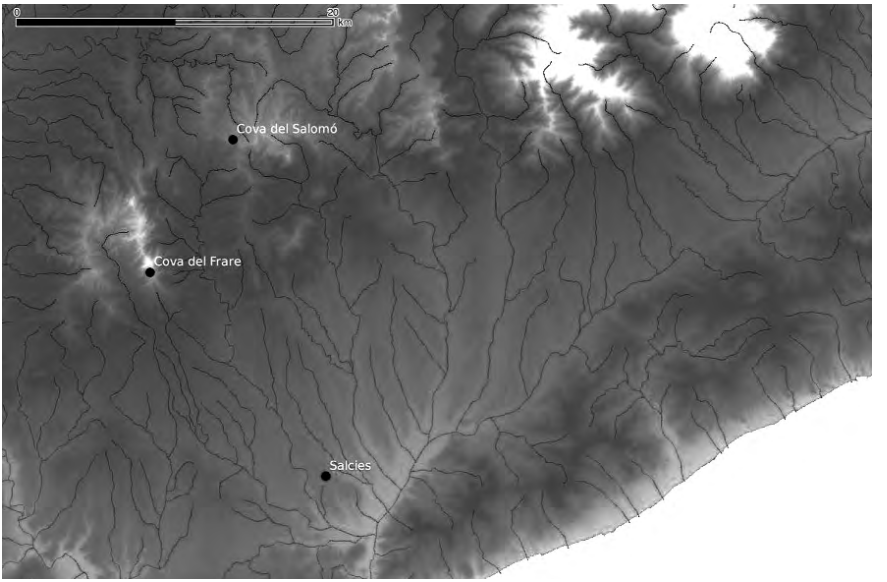
# Annex II. Cartografia de les cronologies estudiades



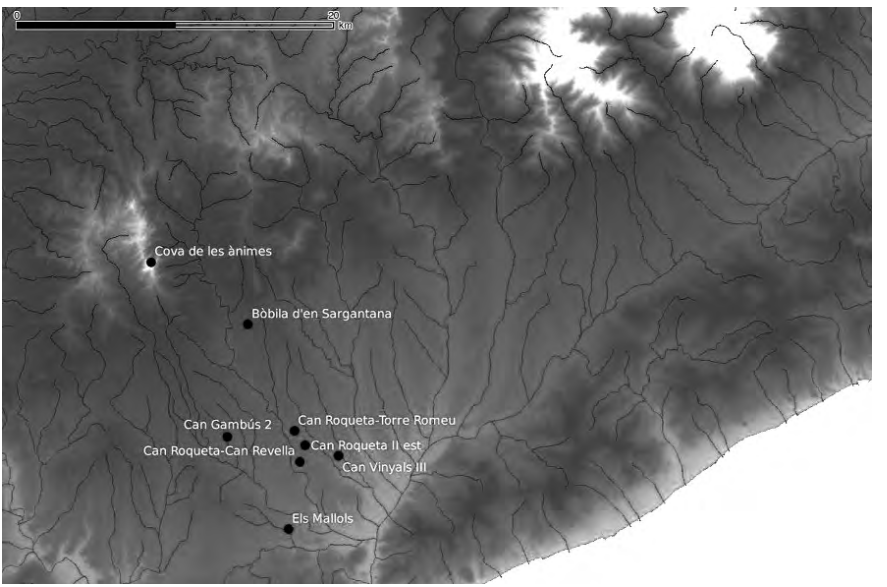
*Jaciments analitzats en el cas d'estudi.*



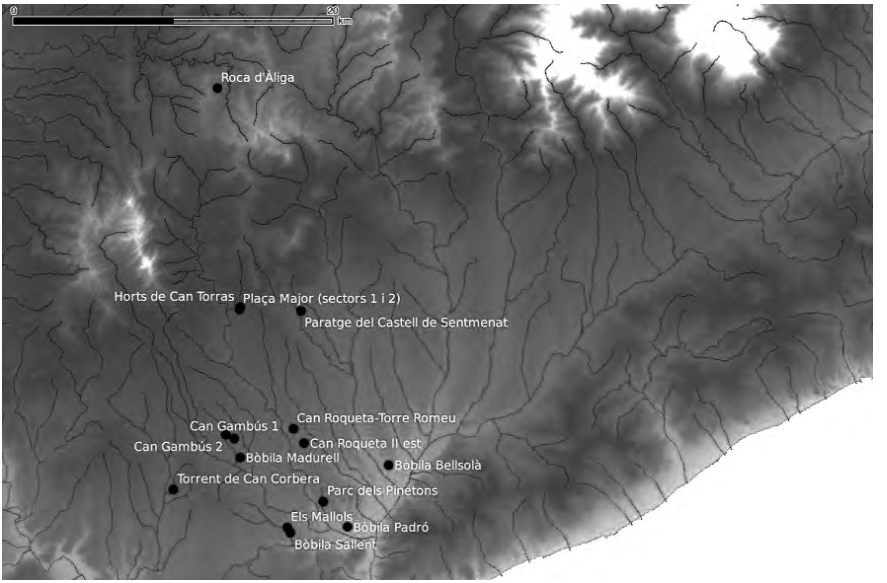

*Jaciments del neolític antic cardial.*



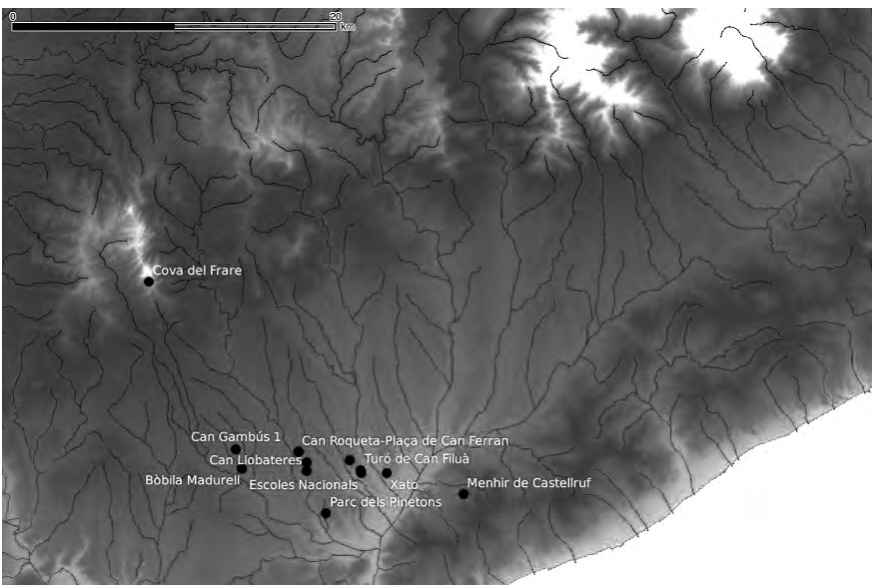

*Jaciments del neolític antic epicardial.*



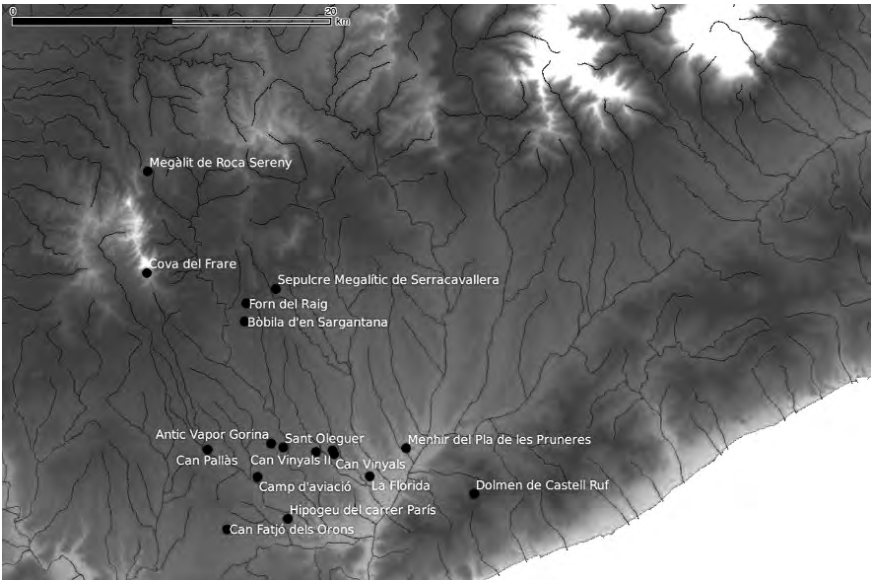

*Jaciments del NAE*



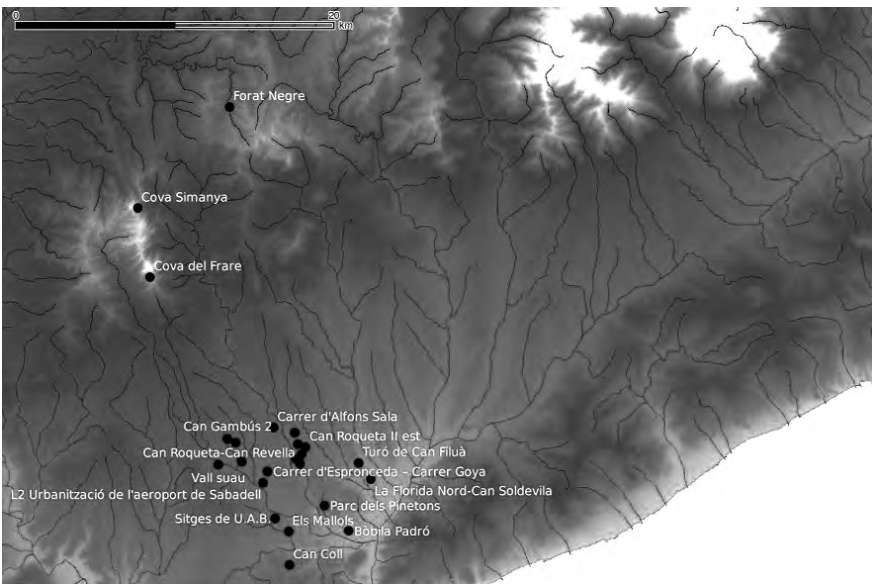

*Jaciments del neolític mitjà.*



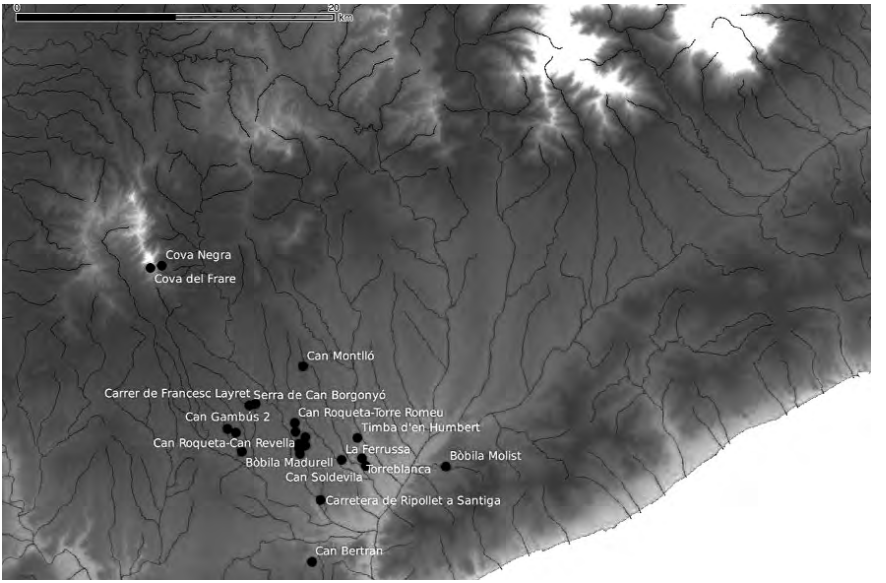

*Jaciments del neolític final.*



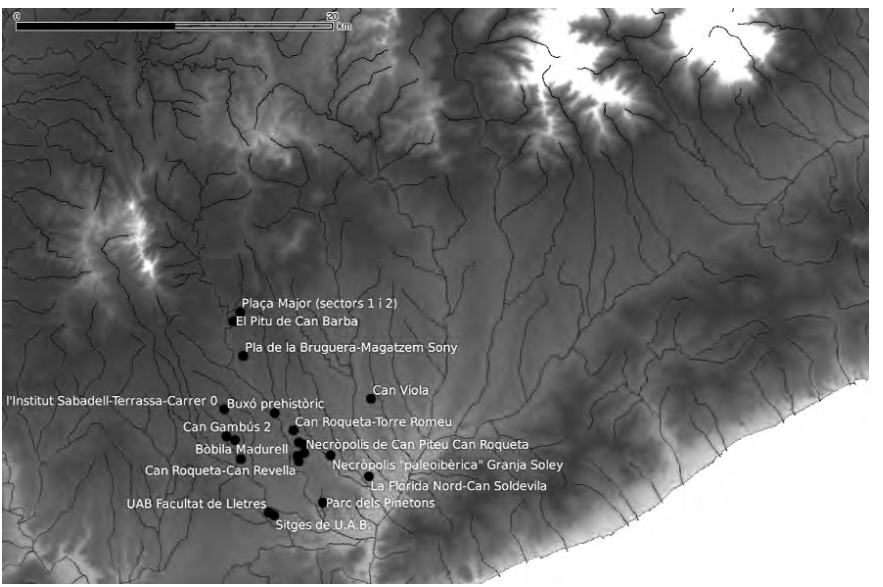

*Jaciments del III mil·leni.*




*Jaciments del bronze inicial.*




*Jaciments del bronze final.*




*Jaciments del primer ferro.*

# Annex III. Codi desenvolupat

Codi desenvolupat per a calcular les línies de visió de tots els jaciments analitzats (definits a la capa vectorial valles_los) i emmagatzemar el valor acumulat a la seva taula.

```
#!/bin/bash

echo 'INICIANT LOS'

for category in `seq 0 200`;
    do
        x=`v.db.select map=valles_los columns=x where='cat='$category'' -c`
        y=`v.db.select map=valles_los columns=y where='cat='$category'' -c`
        echo 'CALCULANT LOS PER CATEGORIA: '$category' amb coordenades: '$x','$y'…'
        mapName='los_cat_'$category
        r.los input=valles_altures output=$mapName coordinate=$x,$y —o
        r.mapcalc «los_sum=if(isnull('$mapName'),null(),1)»
        value=`r.sum rast=los_sum`
        value=`echo $value | sed «s/SUM = //g»`
        echo 'VISIÓ ACUMULADA DES DE:'$category' -> '$value
        v.db.update map=valles_los column=los value=$value where='cat='$category''
        echo 'FET'
    done
echo 'ACABAT LOS'
```

Càlcul d'accessibilitat per a cada jaciment, segons la fórmula descrita al text. L'algoritme calcula, per a cada jaciment, les rutes de mínim cost des de cada punt de la graella artificial i, posteriorment, n'estima la mitjana per a calcular el resultat final.

```
#!/bin/bash

echo 'INICIANT ACCESSIBILITY'

# regió: n=4627000 s=4583000 w=409000 e=464000
n=4627000
s=4583000
w=409000
e=464000
res=4000
# sumem resolució per a evitar el marc
let n=$n-$res
let s=$s+$res
let w=$w+$res
let e=$e-$res

#maxAverage=0
categories=`v.db.select map=valles_accessibility columns=cat -c`
for category in $categories;
    do
        x=`v.db.select map=valles_accessibility columns=x where='cat='$category'' -c`
        y=`v.db.select map=valles_accessibility columns=y where='cat='$category'' -c`
        echo 'CALCULANT ACCESSIBILITAT PER CATEGORIA: '$category' amb coordenades:
'$x','$y'…'
        costMapName='cost_cat_'$category
        r.cost input=valles_gradient output=$costMapName coordinate=$x,$y —o
        totalCost=0
        numPoints=0
        for indexX in `seq $w $res $e`;
        do
```

```
            for indexY in `seq $s $res $n`;
            do
                        r.drain in=$costMapName coordinate=$indexX,$indexY out=min_cost —o
                        value=`r.sum rast=min_cost`
                        value=`echo $value | sed «s/SUM = //g»`
                        value=`echo $value | sed «s/.000000//g»`
                        let totalCost=$totalCost+$value
                        let numPoints=$numPoints+1
                        echo ‘Cost from category:’$category ‘ with coords:’$x,$y ‘
to:’$indexX,$indexY’ is: ‘$value ‘ and sum:’$totalCost
            done
        done
        let numPoints=$numPoints-1
        let averageCost=$totalCost/$numPoints
        echo ‘Average cost for category:’$category ‘ with coords:’$x,$y ‘ is: ‘$averageCost’ with
total:’$totalCost’ for samples:’$numPoints
        v.db.update map=valles_accessibility column=average value=$averageCost
where=’cat=’$category’’
    done
g.remove min_cost
echo ‘ACABAT ACCESSIBILITY’
```

# Annex IV. Anàlisi segons cronologia

| | | *Altura* | | | | *Aspecte* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 70 | 55,23 | 331,18 | 166,00 | 51,03 | 7,12 | 340,56 | 211,06 | 81,54 |
| Neo. antic cardial | 7 | 87,94 | 331,18 | 198,85 | 82,89 | 202,61 | 249,14 | 224,11 | 17,31 |
| Neo. antic epicardial | 1 | 123,06 | 123,06 | 123,06 | - | 45,71 | 45,71 | 45,71 | - |
| NAE | 5 | 151,90 | 309,89 | 205,04 | 54,43 | 203,54 | 298,30 | 239,25 | 37,73 |
| Neolític mitjà | 4 | 89,17 | 188,28 | 138,76 | 42,71 | 59,74 | 255,14 | 193,97 | 79,20 |
| Neo final | 3 | 70,38 | 210,96 | 152,89 | 59,94 | 202,61 | 220,75 | 214,29 | 8,27 |
| III mil·lenni | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bronze inicial | 15 | 55,23 | 210,96 | 151,15 | 44,28 | 33,54 | 314,17 | 206,92 | 85,74 |
| Bronze final | 10 | 92,85 | 210,96 | 159,15 | 35,89 | 33,54 | 332,20 | 209,23 | 93,34 |
| Primer ferro | 11 | 79,90 | 237,76 | 169,13 | 39,79 | 59,74 | 340,56 | 225,63 | 82,13 |

Altura i aspecte de les estructures d'emmagatzematge.

| | | *Gradient* | | | | *Distància riu* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. td.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. td.* |
| General | 70 | 0,39 | 9,05 | 3,05 | 1,99 | 49,91 | 1013,13 | 454,29 | 193,71 |
| Neo. antic cardial | 7 | 1,90 | 6,82 | 4,19 | 1,60 | 65,78 | 669,72 | 503,10 | 202,59 |
| Neo. antic epicardial | 1 | 8,09 | 8,09 | 8,09 | - | 636,22 | 636,22 | 636,22 | - |
| NAE | 5 | 1,74 | 6,82 | 3,21 | 1,86 | 65,78 | 1013,13 | 573,83 | 301,41 |
| Neolític mitjà | 4 | 1,33 | 6,44 | 2,73 | 2,15 | 63,09 | 589,36 | 272,94 | 196,70 |
| Neo final | 3 | 2,96 | 3,63 | 3,32 | 0,27 | 402,18 | 505,00 | 442,48 | 44,82 |
| III mil·lenni | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bronze inicial | 15 | 0,89 | 6,82 | 2,87 | 1,81 | 65,78 | 669,72 | 447,66 | 168,62 |
| Bronze final | 10 | 0,97 | 5,66 | 2,40 | 1,29 | 142,37 | 627,69 | 469,69 | 147,79 |
| Primer ferro | 11 | 1,33 | 7,26 | 3,03 | 1,99 | 49,91 | 589,36 | 394,49 | 182,07 |

Gradient i distància al riu de les estructures d'emmagatzematge.

| | | *Accessibilitat* | | | | *Accessibilitat normalitzada* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 70 | 826,00 | 1086,00 | 896,90 | 59,87 | 0,41 | 0,93 | 0,79 | 0,12 |
| Neo antic cardial | 7 | 854,00 | 1086,00 | 949,86 | 88,15 | 0,41 | 0,88 | 0,69 | 0,18 |
| Neo antic epicardial | 1 | 834,00 | 834,00 | 834,00 | - | 0,92 | 0,92 | 0,92 | - |
| NAE | 5 | 854,00 | 1067,00 | 924,20 | 83,61 | 0,45 | 0,88 | 0,74 | 0,17 |
| Neolític mitjà | 4 | 871,00 | 954,00 | 897,00 | 33,19 | 0,68 | 0,84 | 0,79 | 0,07 |
| Neo final | 3 | 826,00 | 967,00 | 885,67 | 59,57 | 0,65 | 0,93 | 0,81 | 0,12 |
| III mil·lenni | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bronze inicial | 15 | 827,00 | 972,00 | 880,73 | 44,64 | 0,64 | 0,93 | 0,82 | 0,09 |
| Bronze final | 10 | 846,00 | 967,00 | 880,00 | 40,88 | 0,65 | 0,89 | 0,83 | 0,08 |
| Primer ferro | 11 | 833,00 | 990,00 | 904,64 | 52,90 | 0,60 | 0,92 | 0,78 | 0,11 |

Accessibilitat de les estructures d'emmagatzematge.

| | | *LOS* | | | | *LOS normalitzada* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 70 | 571,00 | 55889,00 | 28692,00 | 15086,40 | 0,01 | 0,87 | 0,45 | 0,24 |
| Neo. antic cardial | 7 | 571,00 | 55889,00 | 21832,70 | 15850,20 | 0,01 | 0,87 | 0,34 | 0,25 |
| Neo. antic epicardial | 1 | 20082,00 | 20082,00 | 20082,00 | - | 0,31 | 0,31 | 0,31 | - |
| NAE | 5 | 571,00 | 55889,00 | 28691,80 | 19555,80 | 0,01 | 0,87 | 0,45 | 0,31 |
| Neolític mitjà | 4 | 1900,00 | 40525,00 | 18352,80 | 13960,60 | 0,03 | 0,63 | 0,28 | 0,22 |
| Neo final | 3 | 22541,00 | 36966,00 | 27378,30 | 6779,60 | 0,35 | 0,58 | 0,43 | 0,11 |
| III mil·lenni | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bronze inicial | 15 | 571,00 | 55889,00 | 30596,80 | 15248,40 | 0,01 | 0,87 | 0,48 | 0,24 |
| Bronze final | 10 | 14691,00 | 55889,00 | 29001,30 | 11994,30 | 0,23 | 0,87 | 0,45 | 0,19 |
| Primer ferro | 11 | 571,00 | 54277,00 | 30563,90 | 16397,90 | 0,01 | 0,85 | 0,48 | 0,26 |

Línies de visió de les estructures d'emmagatzematge.

| | | Altura | | | | Aspecte | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 38 | 91,19 | 309,89 | 165,73 | 45,49 | 3,81 | 340,56 | 188,71 | 96,54 |
| Neo. antic cardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. antic epicardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NAE | 1 | 94,47 | 94,47 | 94,47 | | 3,81 | 3,81 | 3,81 | 3,81 |
| Neolític mitjà | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. final | 5 | 91,19 | 210,96 | 150,51 | 46,50 | 59,74 | 277,08 | 206,29 | 77,04 |
| III mil·lenni | 3 | 106,43 | 309,89 | 197,65 | 84,38 | 10,16 | 269,54 | 101,15 | 119,19 |
| Bronze inicial | 10 | 99,25 | 210,96 | 166,09 | 35,54 | 27,27 | 298,30 | 174,76 | 92,53 |
| Bronze final | 9 | 119,75 | 210,96 | 176,59 | 27,04 | 33,54 | 298,30 | 168,51 | 86,32 |
| Primer ferro | 4 | 104,25 | 179,66 | 144,39 | | 248,66 | 340,56 | 290,94 | 33,61 |

Altura i aspecte de les estructures d'hàbitat.

| | | Gradient | | | | Distància riu | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 38 | 0,76 | 11,29 | 3,60 | 3,60 | 12,52 | 1057,31 | 462,63 | 241,36 |
| Neo. antic cardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. antic epicardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NAE | 1 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 272,68 | 272,68 | 272,68 | 272,68 |
| Neolític mitjà | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. final | 5 | 1,33 | 4,75 | 3,31 | 1,25 | 269,24 | 505,00 | 395,36 | 88,54 |
| III mil·lenni | 3 | 0,76 | 4,32 | 2,68 | 1,46 | 398,21 | 1013,13 | 785,22 | 275,09 |
| Bronze inicial | 10 | 1,33 | 6,82 | 3,67 | 2,09 | 65,78 | 669,72 | 416,16 | 223,63 |
| Bronze final | 9 | 1,33 | 11,29 | 3,78 | 3,09 | 12,52 | 627,69 | 433,83 | 218,95 |
| Primer ferro | 4 | 1,63 | 6,44 | 3,15 | 1,93 | 170,06 | 573,16 | 442,88 | 161,87 |

Gradient i distància al riu de les estructures d'hàbitat.

| | | *Accessibilitat* | | | | *Accessibilitat normalitzada* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 38 | 847,00 | 1067,00 | 903,40 | 56,85 | 0,45 | 0,89 | 0,78 | 0,11 |
| Neo. antic cardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. antic epicardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NAE | 1 | 847,00 | 847,00 | 847,00 | - | 0,89 | 0,89 | 0,89 | - |
| Neolític mitjà | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. final | 5 | 851,00 | 967,00 | 904,40 | 47,65 | 0,65 | 0,88 | 0,78 | 0,10 |
| III mil·lenni | 3 | 853,00 | 1067,00 | 953,67 | 87,82 | 0,45 | 0,88 | 0,68 | 0,18 |
| Bronze inicial | 10 | 854,00 | 988,00 | 906,10 | 53,49 | 0,61 | 0,88 | 0,77 | 0,11 |
| Bronze final | 9 | 854,00 | 986,00 | 902,78 | 52,35 | 0,61 | 0,88 | 0,78 | 0,11 |
| Primer ferro | 4 | 857,00 | 893,00 | 873,00 | 14,70 | 0,80 | 0,87 | 0,84 | 0,03 |

Accessibilitat de les estructures d'hàbitat.

| | | *LOS* | | | | *LOS normalitzada* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 38 | 571,00 | 55889,00 | 25750,40 | 15029,70 | 0,01 | 0,87 | 0,40 | 0,24 |
| Neo. antic cardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. antic epicardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NAE | 1 | 13903,00 | 13903,00 | 13903,00 | - | 0,22 | 0,22 | 0,22 | - |
| Neolític mitjà | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo final | 5 | 5976,00 | 32802,00 | 18558,60 | 8884,18 | 0,09 | 0,51 | 0,29 | 0,14 |
| III mil·lenni | 3 | 13694,00 | 27281,00 | 19013,00 | 5925,88 | 0,21 | 0,43 | 0,30 | 0,09 |
| Bronze inicial | 10 | 571,00 | 55889,00 | 25540,60 | 15115,90 | 0,01 | 0,87 | 0,40 | 0,24 |
| Bronze final | 9 | 571,00 | 55889,00 | 26487,90 | 17342,60 | 0,01 | 0,87 | 0,41 | 0,27 |
| Primer ferro | 4 | 14808,00 | 54277,00 | 35768,50 | 14321,60 | 0,23 | 0,85 | 0,56 | 0,22 |

Línies de visió de les estructures d'hàbitat.

| | | *Altura* | | | | *Aspecte* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 61 | 55,23 | 943,47 | 205,94 | 156,38 | 33,54 | 340,56 | 216,36 | 64,04 |
| Neo. antic cardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. antic epicardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NAE | 2 | 89,17 | 151,90 | 120,54 | 31,37 | 255,14 | 298,30 | 276,72 | 21,58 |
| Neolític mitjà | 16 | 55,23 | 760,37 | 224,43 | 157,28 | 59,74 | 314,17 | 204,76 | 51,82 |
| Neo final | 3 | 131,23 | 943,47 | 428,55 | 365,55 | 184,89 | 281,78 | 223,09 | 42,13 |
| III mil·lenni | 11 | 82,50 | 750,21 | 242,78 | 195,16 | 38,87 | 300,89 | 196,45 | 84,09 |
| Bronze inicial | 19 | 99,25 | 210,96 | 162,95 | 32,61 | 33,54 | 340,56 | 230,43 | 67,35 |
| Bronze final | 3 | 117,32 | 188,28 | 156,17 | 29,36 | 173,58 | 212,36 | 187,95 | 17,35 |
| Primer ferro | 6 | 95,06 | 272,80 | 176,30 | 53,30 | 177,91 | 298,30 | 216,33 | 39,29 |

Altura i aspecte de les estructures funeràries.

| | | *Gradient* | | | | *Distància riu* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 61 | 0,89 | 36,24 | 4,78 | 5,30 | 31,72 | 1182,30 | 466,79 | 245,24 |
| Neo. antic cardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. antic epicardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NAE | 2 | 1,41 | 2,65 | 2,03 | 0,62 | 63,09 | 573,16 | 318,13 | 255,04 |
| Neolític mitjà | 16 | 1,33 | 10,17 | 3,95 | 2,43 | 31,72 | 704,40 | 387,88 | 228,96 |
| Neo final | 3 | 3,36 | 36,24 | 15,13 | 14,96 | 505,00 | 1182,30 | 781,73 | 290,04 |
| III mil·lenni | 11 | 1,15 | 17,65 | 7,97 | 5,19 | 205,32 | 1057,31 | 483,98 | 249,67 |
| Bronze inicial | 19 | 0,89 | 6,82 | 2,86 | 1,89 | 65,78 | 669,72 | 472,09 | 172,01 |
| Bronze final | 3 | 1,74 | 5,80 | 3,27 | 1,80 | 144,76 | 842,40 | 525,51 | 288,37 |
| Primer ferro | 6 | 1,36 | 6,82 | 4,07 | 2,16 | 65,78 | 842,40 | 473,92 | 283,73 |

Gradient i distància al riu de les estructures funeràries.

| | | Accessibilitat | | | | Accessibilitat normalitzada | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 61 | 793,00 | 1291,00 | 925,41 | 105,31 | 0,00 | 1,00 | 0,73 | 0,21 |
| Neo antic cardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. antic epicardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NAE | 2 | 857,00 | 882,00 | 869,50 | 12,50 | 0,82 | 0,87 | 0,85 | 0,03 |
| Neolític mitjà | 16 | 822,00 | 1286,00 | 972,06 | 125,43 | 0,01 | 0,94 | 0,64 | 0,25 |
| Neo. final | 3 | 857,00 | 1208,00 | 1010,67 | 146,58 | 0,17 | 0,87 | 0,56 | 0,29 |
| III mil·lenni | 11 | 793,00 | 1291,00 | 948,09 | 128,59 | 0,00 | 1,00 | 0,69 | 0,26 |
| Bronze inicial | 19 | 854,00 | 972,00 | 884,21 | 39,78 | 0,64 | 0,88 | 0,82 | 0,08 |
| Bronze final | 3 | 860,00 | 877,00 | 869,33 | 7,04 | 0,83 | 0,87 | 0,85 | 0,01 |
| Primer ferro | 6 | 854,00 | 1034,00 | 905,33 | 71,37 | 0,52 | 0,88 | 0,77 | 0,14 |

Accessibilitat de les estructures funeràries.

| | | LOS | | | | LOS normalitzada | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cronologia* | *Mostra* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* | *Mínim* | *Màxim* | *Mitjana* | *Desv. std.* |
| General | 61 | 571,00 | 55889,00 | 25411,80 | 17315,80 | 0,01 | 0,87 | 0,40 | 0,27 |
| Neo. antic cardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Neo. antic epicardial | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NAE | 2 | 1900,00 | 32780,00 | 17340,00 | 15440,00 | 0,03 | 0,51 | 0,27 | 0,24 |
| Neolític mitjà | 16 | 571,00 | 55889,00 | 19285,60 | 18926,40 | 0,01 | 0,87 | 0,30 | 0,30 |
| Neo final | 3 | 2435,00 | 28963,00 | 18008,70 | 11311,90 | 0,04 | 0,45 | 0,28 | 0,18 |
| III mil·lenni | 11 | 1640,00 | 50816,00 | 25110,10 | 15549,40 | 0,02 | 0,79 | 0,39 | 0,24 |
| Bronze inicial | 19 | 571,00 | 55889,00 | 33571,20 | 15114,60 | 0,01 | 0,87 | 0,52 | 0,24 |
| Bronze final | 3 | 17345,00 | 40525,00 | 25474,30 | 10653,80 | 0,27 | 0,63 | 0,40 | 0,17 |
| Primer ferro | 6 | 571,00 | 55889,00 | 21595,70 | 18504,60 | 0,01 | 0,87 | 0,34 | 0,29 |

Línies de visió de les estructures funeràries.