

# **SIG I ARQUEOLOGIA: El riu Llobregat i la seva relació amb el territori en l'època romana**

---

**Memòria Treball Fi de Carrera**

Autor: **Albert Moral Quintana**  
Dirigit per: **Anna Muñoz Bolas**

9 de juny de 2008  
Enginyeria Informàtica de Gestió  
UOC

Dedico aquest treball  
a l'Araceli, l'Ariadna  
i l'Abril.

## Resum

Els sistemes d'informació geogràfica (SIG) han resultat ser de gran utilitat per a realitzar estudis de medi ambient, geogràfics, demogràfics, per a la gestió del territori, i inclús per a una gestió empresarial més eficient, entre d'altres. Cada vegada s'apliquen a camps més diversos com el que es presenta en aquest treball: l'arqueologia. En aquest projecte s'ha realitzat un sistema d'informació geogràfica amb l'objectiu d'estudiar el tram final del riu Llobregat i la seva relació amb el territori durant l'època romana.

Abans de la realització d'aquest sistema d'informació, però, s'han introduït tots els aspectes teòrics que tenen una relació directa amb ell. Per començar s'han definit els propis sistemes d'informació geogràfica i s'han comparat amb altres sistemes d'informació com ara gestors de bases de dades o sistemes de disseny tipus CAD; també s'han analitzat els dos principals tipus de dades amb les que treballen: les dades vectorials i les dades tipus raster.

Com que els SIG es basen sempre en zones geogràfiques reals, totes les dades estan georeferenciades i s'ha dedicat un apartat sencer al tema de la cartografia. Aquesta disciplina consta de dues parts ben diferenciades: la reducció de les dades reals sobre un el·lipsoide de referència, i la projecció d'aquestes dades sobre un pla. S'han vist les dues parts amb força detall.

També s'ha fet un repàs de les característiques principals del programari utilitzat per a la realització d'aquest SIG: el Geomedia Pro 6.0. S'ha definit i s'han detallat alguns dels seus principals components.

Finalment s'ha creat el propi sistema d'informació geogràfica. Per a la seva realització s'han introduït diverses capes d'elements: una capa amb totes les vies romanes conegudes, una altra capa amb un centenar de jaciments ibèrics i romans, una altra capa amb les ortofotografies de la zona, i una darrera capa amb els mapes topogràfics de tot el Baix Llobregat, des de Martorell fins a la desembocadura del riu.

Amb tots aquests elements i d'altres dades arqueològiques i geològiques s'han fet diferents anàlisis. En primer lloc s'ha estudiat la conca del riu i la seva desembocadura durant l'època romana; seguidament s'ha creat una consulta interactiva amb informació associada d'alguns dels jaciments; i finalment s'ha introduït un model digital de terreny, a partir del qual s'han analitzat les conques de drenatge del riu i s'han realitzat vistes en tres dimensions de tota la zona.

## Resumen

Los sistemas de información geográfica (SIG) han resultado ser de gran utilidad para realizar estudios sobre el medio ambiente, estudios geográficos, demográficos, de gestión del territorio, e incluso para una gestión empresarial más eficiente. Cada vez se aplican a campos más diversos como el que se presenta en este trabajo: la arqueología. En este proyecto se ha realizado un sistema de información geográfica con el objetivo de estudiar el tramo final del río Llobregat y su relación con el territorio durante la época romana.

Antes de la realización de este sistema de información se han introducido todos los aspectos teóricos que tienen una relación directa con él. Para empezar se han definido los propios sistemas de información geográfica y se han comparado con otros sistemas de información como pueden ser los gestores de bases de datos o los sistemas de diseño tipo CAD; asimismo se han analizado los dos principales tipos de datos con los que trabajan: los datos vectoriales i los datos tipo raster.

Como los SIG se basan siempre en zonas geográficas reales, todos los datos están georeferenciados, y se ha dedicado un apartado entero al tema de la cartografía. Esta disciplina consta de dos partes bien distintas: la reducción de los datos reales sobre un elipsoide de referencia, y la proyección de estos datos sobre un plano. Las dos partes se han visto con bastante detalle.

También se han repasado las características principales del programa utilizado para la realización de este SIG: el Geomedia Pro 6.0. Se ha definido y se han detallado algunos de sus componentes principales.

Finalmente se ha creado el propio sistema de información geográfica. Para su realización se han introducido varias capas de elementos: una capa con todas las vías romanas conocidas, otra capa con un centenar de yacimientos ibéricos y romanos de la zona, otra capa con las ortofotografías de la zona, y una última capa con los mapas topográficos del Baix Llobregat, desde Martorell hasta la desembocadura del río.

Con todos estos elementos y otros datos arqueológicos y geológicos se han realizado distintos análisis: en primer lugar se ha estudiado la cuenca del río y su desembocadura durante la época romana; después se ha creado una consulta interactiva con información asociada de algunos yacimientos; y finalmente se ha introducido un modelo digital del terreno, a partir del cual se han analizado las cuencas de drenaje del río y se han realizado vistas en tres dimensiones de toda la zona.

## Index de continguts

<b>Resum</b> .....	<b>2</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>3</b>
<b>Index de continguts</b> .....	<b>4</b>
<b>Index de figures</b> .....	<b>6</b>
<b>Capítol 1. Introducció</b> .....	<b>7</b>
<b>Capítol 2. Planificació</b> .....	<b>8</b>
2.1. Relació de tasques.....	<b>8</b>
2.2. Diagrama de Gantt.....	<b>11</b>
<b>Capítol 3. SIG</b> .....	<b>12</b>
3.1. Definició d'un SIG .....	<b>12</b>
3.2. Models de dades utilitzats per un SIG.....	<b>13</b>
3.2.1. El model vectorial .....	<b>14</b>
3.2.2. El model raster .....	<b>14</b>
3.3. Comparació entre els SIG i altres models de dades .....	<b>15</b>
3.3.1. Comparació entre els SIG i els sistemes CAD .....	<b>15</b>
3.3.2. Comparació entre els SIG i els sistemes gestors de bases de dades....	<b>15</b>
3.3.3. Topologia.....	<b>16</b>
<b>Capítol 4. Cartografia</b> .....	<b>17</b>
4.1. Definició de cartografia .....	<b>17</b>
4.2. La forma de la Terra.....	<b>17</b>
4.2.1. L'esfera .....	<b>18</b>
4.2.2. L'el·lipsoide .....	<b>18</b>
4.2.3. El geoide .....	<b>19</b>
4.2.4. Els datum .....	<b>21</b>
4.3. Les projeccions .....	<b>22</b>
4.3.1. Classificacions de les projeccions .....	<b>22</b>
4.3.2. La projecció Universal Transversal Mercator ( UTM ) .....	<b>24</b>
<b>Capítol 5. Geomedia Professional 6.0</b> .....	<b>27</b>
5.1. Descripció del Geomedia Professional 6.0 .....	<b>27</b>
5.2. Components del Geomedia Professional 6.0 .....	<b>27</b>
5.2.1. Geoworkspace .....	<b>27</b>
5.2.2. Els magatzems de dades .....	<b>27</b>
5.2.3. Entitats i classes d'entitats .....	<b>28</b>
5.2.4. Elements per la visualització .....	<b>28</b>
<b>Capítol 6. Projecte</b> .....	<b>29</b>
6.1. Presentació del projecte .....	<b>29</b>
6.1.1. Els romans a Hispània .....	<b>29</b>
6.1.2. El <i>Rubricatum flumen</i> .....	<b>30</b>

6.2. Construcció del SIG .....	31
6.2.1. La capa dels jaciments .....	31
6.2.2. La capa de les vies romanes .....	32
6.2.3. La capa de les ortofotografies .....	32
6.2.4. La capa dels mapes topogràfics.....	34
6.3. Anàlisi del SIG.....	36
6.3.1. Estudi de la conca i la desembocadura del riu Llobregat en l'època romana .....	36
6.3.2. Consulta interactiva de la informació associada als jaciments.....	39
6.3.3. Visualització del relleu a partir d'un MDT del Baix Llobregat.....	41
6.3.4. Càlcul de les conques de drenatge .....	44
6.3.5. Generació de vistes 3D .....	49
6.4. Conclusions i línies futures de treball.....	50
<b>Capítol 7. Glossari.....</b>	<b>52</b>
<b>Capítol 8. Referències .....</b>	<b>54</b>

## Index de figures

1	Diagrama de Gantt del projecte.....	11
2	Components bàsics d'un SIG.....	12
3	Representació de les dades d'un SIG amb el model vectorial.....	14
4	Organització de la informació d'un SIG en el model raster.....	15
5	Reducció i projecció de les mesures de la superfície terrestre.....	17
6	El·lipsoide .....	18
7	Comparació de la superfície terrestre, el geoide i l'el·lipsoide .....	19
8	El geoide terrestre .....	20
9	El geoide a la península ibèrica .....	20
10	El·lipsoide local i el·lipsoide global .....	20
11	Projecció de l'el·lipsoide terrestre sobre un pla .....	22
12	Projeccions segons la superfície a projectar.....	23
13	Projeccions segons el focus de llum .....	23
14	Projecció d'un fus en el sistema UTM .....	24
15	Desplegament d'un fus en el sistema UTM .....	24
16	Mapamundi quadriculat segons els fusos i les bandes UTM .....	25
17	Resolució i representació de les coordenades UTM .....	26
18	Evolució del delta del Llobregat des del segle I fins a l'actualitat.....	31
19	Llegenda dels diferents tipus de jaciments .....	32
20	Pantalla completa del geomedia amb les tres capes superposades.....	33
21	Ampliació de la imatge del SIG .....	34
22	SIG amb al·capa dels mapes topogràfics incorporada.....	35
23	Evolució del delta del Llobregat des del segle III aC fins al segle I dC .....	36
24	Evolució del delta del Llobregat des del segle III dC fins al segle VI dC.....	37
25	Mapa geològic del delta del Llobregat .....	37
26	Situació de l'embarcador romà <i>Les Sorres</i> .....	38
27	Traçat del riu Llobregat i línia de costa en època dels romans.....	39
28	Obertura de la pantalla de les propietats dels jaciments.....	40
29	Obertura del document associat a un jaciment .....	40
30	Dos exemples de fitxes d'informació sobre els jaciments.....	41
31	Visualització del MDT en el GIS.....	42
32	Visualització del relleu que conté el MDT .....	42
33	Comparació de dos relleus amb diferents contrastos i brillantors.....	42
34	Els tres talls del terreny d'on s'obtenen els perfils.....	43
35	Els tres perfils de la conca del riu Llobregat .....	43
36	Anomalies del MDT original.....	44
37	Valors que poden tenir les cel·les de la capa <i>Downhill</i> .....	45
38	Capa <i>Downhill</i> en escala de grisos.....	45
39	Capa <i>Downhill</i> acolorida.....	45
40	Capa <i>Flow Accumulation</i> .....	46
41	Capa <i>Stream Segments</i> .....	47
42	Capa de les conques.....	48
43	Càlcul de les àrees de les conques del Baix Llobregat.....	48
44	Vista en 3D del Baix Llobregat en temps dels romans des del mar.....	49
45	Vista en 3D del Baix Llobregat en temps dels romans des de l'interior.....	50

## Capítol 1

### Introducció

Aquest projecte que aquí es presenta es basa en la realització d'un sistema d'informació geogràfica amb totes les seves etapes creatives: recollida de les dades; introducció de les dades en el programa informàtic, el Geomedia Professional 6.0; formulació d'una hipòtesi de treball; anàlisi d'aquestes dades i obtenció d'unes conclusions finals.

Abans d'explicar com és aquest sistema d'informació geogràfica i el seu anàlisi posterior, s'ha incorporat tota una part teòrica que introdueix els sistemes d'informació geogràfica, defineix els principals conceptes de cartografia i descriu breument el Geomedia Professional 6.0.

Respecte als sistemes d'informació geogràfics s'explica què són i com són, quins model de dades poden utilitzar, quines diferències hi ha amb altres sistemes de dades i quina relació tenen aquests sistemes amb la topologia.

A l'apartat de cartografia es defineixen els conceptes més importants d'aquesta disciplina, i es mostra el procés que se segueix des que es recullen les dades geogràfiques sobre la superfície de la Terra, el pas d'aquestes dades al geoide, el pas a la seva vegada d'aquestes dades a un el·lipsoide de referència, i finalment la projecció d'aquestes dades sobre un pla per a l'obtenció d'un mapa.

A continuació es descriu breument l'eina informàtica que s'ha usat per a la creació del sistema d'informació geogràfica: el geomedia pro 6.0. Es fa una descripció del mateix i s'esmenten els seus principals components.

Finalment es descriu el Sistema d'Informació Geogràfica d'aquest projecte, amb les diferents capes que el componen. Aquest Sistema d'Informació Geogràfica té relació amb la història, i tracta d'estudiar i entendre com era el riu Llobregat en l'època dels romans, ara fa uns 2000 anys. Per a la seva realització es disposa de les dades dels jaciments descoberts al voltant del riu, de les dades de les vies romanes, d'ortofotomapes actuals, i de mapes topogràfics també actuals.

Amb totes aquestes dades introduïdes a aquest Sistema d'Informació Geogràfica es fan varies anàlisis diferents. En primer lloc es dedueix com era el riu Llobregat i la seva desembocadura en l'època romana, i s'acaba dibuixant el traçat del riu i la línia de la costa en la zona de la seva antiga desembocadura. Posteriorment s'introdueix un hiperenllaç a uns quants jaciments, de tal manera que en clicar-hi a sobre s'obté informació associada dels mateixos. I finalment s'introdueix un model digital del terreny que envolta el riu, s'obté el relleu de la zona i diferents perfils de la mateixa. Amb aquest model digital es calculen les conques de drenatge del riu i es generen vistes en tres dimensions de tota la zona d'estudi.



## Capítol 2

### Planificació

Tot projecte necessita una bona planificació per ser dut a terme en el temps corresponent. En primer lloc cal veure les tasques que caldrà realitzar i a cadascuna d'elles se li assigna unes hores de realització. Després cal veure quina relació hi ha entre les diferents tasques amb algun diagrama com ara el de Gantt.

En aquest apartat es presenta la relació de tasques d'aquest projecte i finalment el diagrama de Gantt corresponent.

#### 2.1 Relació de tasques

Aquesta és la relació de tasques i subtasques en què s'ha dividit la realització d'aquest projecte. Hi ha cinc tasques principals: PAC1, PAC2, PAC3, PAC4 i el debat virtual. Totes elles estan dividides en subtasques, cadascuna de les quals s'ha planificat entre una data d'inici i una data final; s'ha estimat el nombre d'hores que caldran per a la seva realització, i el nombre de planes que s'hi dedicaran en la memòria final del projecte.

##### PAC 1

- **Elaboració del Pla de Treball**

**Inici:** 2/03/2008 **Final:** 11/03/2008

**Hores empleades:** 10 **Planes dedicades:** 0

Es tracta d'elaborar el pla de treball, la planificació del projecte que es durà a terme durant tot el semestre. Al final es lliurarà el document "Pla de Treball".

##### PAC 2

- **Instal·lació del programari**

**Inici:** 12/03/2008 **Final:** 12/03/2008

**Hores empleades:** 3 **Planes dedicades:** 0

Instal·lació del programari que necessitem per a fer aquest treball: *Geomedia® PRO 6.0*.

- **Estudi conceptes de la tecnologia GIS i de cartografia**

**Inici:** 13/03/2008 **Final:** 16/03/2008

**Hores empleades:** 12 **Planes dedicades:** 5

Estudi i familiarització dels conceptes de la tecnologia GIS, així com l'estudi dels principals conceptes de cartografia.

- **Recerca de fonts de dades cartogràfiques**

**Inici:** 17/03/2008 **Final:** 23/03/2008

**Hores empleades:** 12 **Planes dedicades:** 10

Ampliació i millora de l'inventari de jaciments. Recerca de fotografies de jaciments, embarcadors, ponts... i de qualsevol altra informació històrica. Recollida de toponímia antiga de la zona d'estudi

- **Digitalització del traçat del riu en l'època romana**  
**Inici:** 24/03/2008 **Final:** 30/03/2008  
**Hores empleades:** 12 **Planes dedicades:** 10  
A partir de mapes topogràfics antics de Catalunya, mapes d'usos de sòl i les antigues vies romanes es tracta de fer una digitalització del traçat del riu en l'època romana.
- **Incorporació de dades de referència actual**  
**Inici:** 31/03/2008 **Final:** 8/04/2008  
**Hores empleades:** 12 **Planes dedicades:** 5  
Finalment a les dades ja obtingudes s'hi incorporen dades de referència actuals: mapes topogràfics, ortofotomapes i un model digital del terreny (MDT)
- **Lliurament esborrany PAC2**  
**Data:** 8/04/2008  
Lliurament de tota la feina realitzada fins al moment que considerarem com a PAC2.
- **Correccions i lliurament PAC2**  
**Inici:** 9/04/2008 **Final:** 15/04/2008  
**Hores empleades:** 6  
Correccions de l'esborrany amb les indicacions de la consultora i lliurament del document final.

### PAC 3

- **Instal·lació de dos mòduls del programari**  
**Inici:** 16/04/2008 **Final:** 16/04/2008  
**Hores empleades:** 2 **Planes dedicades:** 0  
Es tracta d'instal·lar els mòduls GRID i Terrain del programari Geomedia® PRO 6.0 perquè els necessitem en aquesta part del treball.
- **Generació de vistes 3D i perfils del terreny**  
**Inici:** 17/04/2008 **Final:** 4/05/2008  
**Hores empleades:** 25 **Planes dedicades:** 15  
Es tracta de generar vistes 3D del riu on es vegin clarament els diferents jaciments, les corbes de nivell i la toponímia corresponent. També cal generar un perfil del terreny corresponent a la zona d'estudi.
- **Anàlisi de la conca hidrogràfica del Llobregat**  
**Inici:** 5/05/2008 **Final:** 13/05/2008  
**Hores empleades:** 15 **Planes dedicades:** 15  
Es tracta de simular les crescudes del riu Llobregat en l'època dels romans, delimitar i calcular les zones inundables.

- **Lliurament esborrany PAC3**

**Data:** 13/05/2008

Lliurament de tota aquesta feina que considerarem com a PAC 3.

- **Correccions i lliurament definitiu PAC3**

**Inici:** 14/05/2008 **Final:** 20/05/2008

**Hores empleades:** 10

Correccions de l'esborrany amb les indicacions de la consultora i lliurament del document final.

#### **PAC 4**

- **Realització de la presentació virtual**

**Inici:** 21/05/2008 **Final:** 28/05/2008

**Hores empleades:** 12 **Planes dedicades:** 0

Realització de la presentació virtual que es farà amb power point, amb un tamany de 20 diapositives.

- **Finalització de la memòria**

**Inici:** 29/05/2008 **Final:** 2/06/2008

**Hores empleades:** 12 Finalització de la memòria del treball final de carrera. En total ocuparà 60 planes.

- **Lliurament esborrany PAC 4**

**Data:** 2/06/2008

Lliurament de la presentació virtual i la memòria del projecte a la consultora, per a una valoració prèvia al lliurament definitiu.

- **Correcció i lliurament definitiu PAC4**

**Inici:** 3/06/2008 **Final:** 9/06/2008

**Hores empleades:** 12

Lliurament de la presentació virtual, la memòria del projecte i els lliurables corresponents a la implementació.

#### **Debat virtual**

- **Debat virtual**

**Inici:** 23/06/2008 **Final:** 27/06/2008

**Hores empleades:** 12

Durant quatre dies, el tribunal té dret a fer les preguntes que cregui oportunes sobre el projecte realitzat. Cal respondre-les en 24 hores.

## 2.2 Diagrama de Gantt

Aquest és el diagrama de Gantt corresponent al Pla de Treball d'aquest projecte:

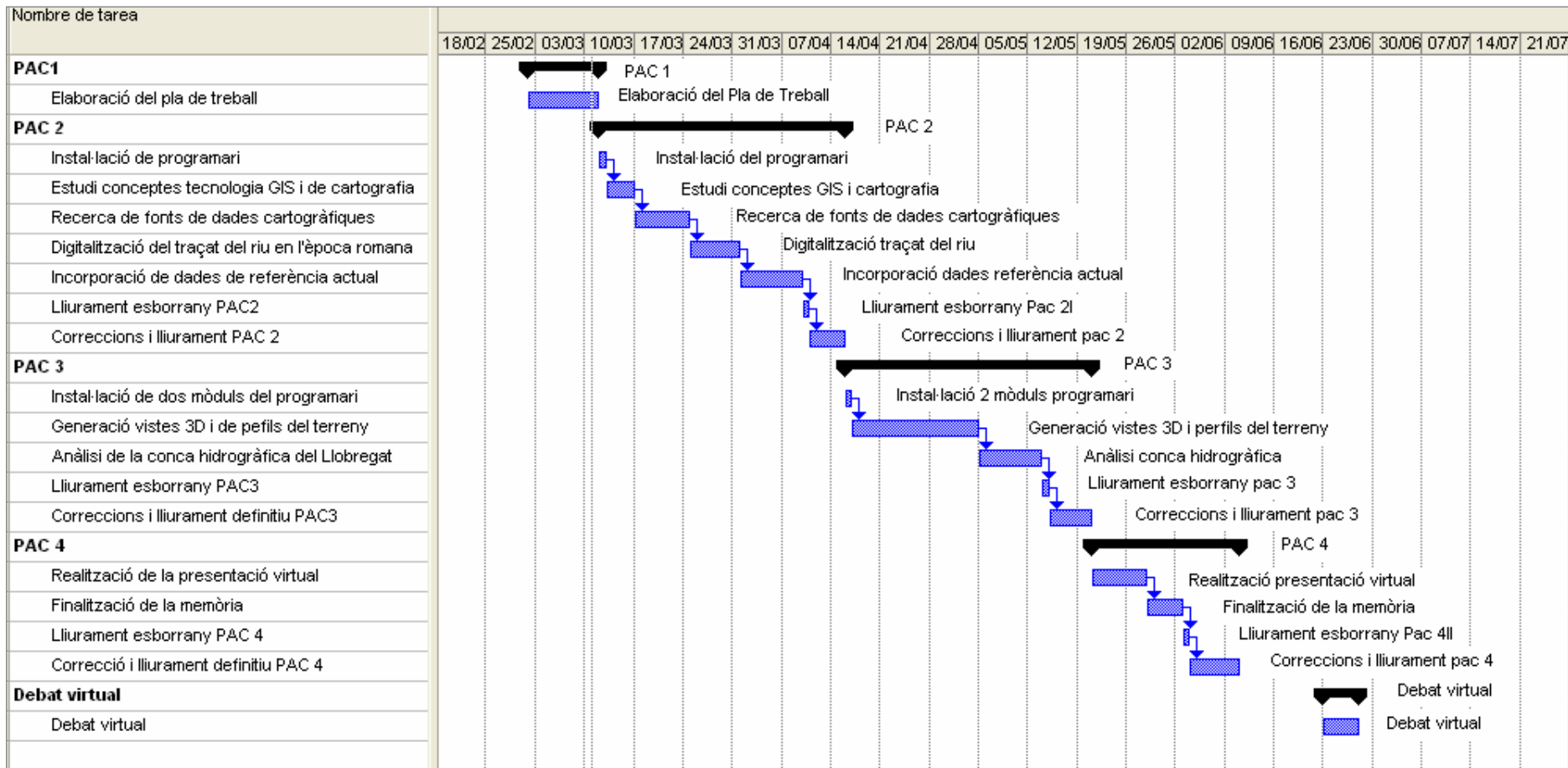


Fig. 1 Diagrama de Gantt del projecte.

## Capítol 3

### SIG

En aquest apartat es defineixen els SIG i s'expliquen les seves característiques principals. A continuació es veuen amb una mica de detall els dos principals models de dades utilitzats pels SIG: el model vectorial i el model raster. Posteriorment es comparen els SIG amb altres sistemes de dades: els sistemes CAD i els gestors de bases de dades. Finalment s'introdueixen nocions de topologia

#### 3.1 Definició d'un SIG

El terme SIG procedeix de l'acrònim de Sistema d'Informació Geogràfica (traducció literal de l'anglès GIS: Geographical Information System).

La definició més estesa de SIG és que es tracta d'un conjunt format per maquinari (hardware), programari (software) i procediments per a capturar, utilitzar, manipular, analitzar i representar dades referenciades geogràficament, amb l'objectiu de resoldre problemes de gestió i planificació [1].

Un SIG està format per cinc components bàsics: un maquinari adient, un programari adequat, un equip humà responsable del treball, uns mètodes per dur a terme el projecte i, el més important, les dades geogràfiques amb les quals es basa tot el SIG.

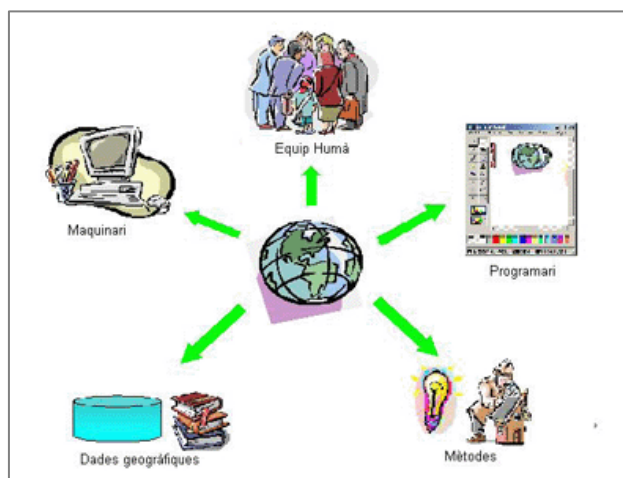


Fig. 2 Components bàsics d'un SIG

El que diferencia un SIG d'un sistema d'informació en general és que el SIG funciona amb informació geogràfica. Un sistema d'informació en general (com per exemple les dades d'una empresa) conté tan sols dades temàtiques (clients, proveedors, facturació etc.), un SIG també conté dades temàtiques però amb la particularitat que les ha de localitzar i delimitar geogràficament. És a dir, ha de treballar amb cartografia i amb bases de dades a la vegada, unint ambdues parts i constituint amb tot això una sola base de dades geogràfica. Podria dir-se que la informació amb què treballa un SIG conté dues vessants diferents: la vessant espacial i la vessant temàtica de les dades.

Els camps d'aplicació d'un SIG estan creixent de forma gairebé exponencial però la major part d'ells es troben dins d'un d'aquests tres àmbits:

- Aplicacions científiques: ciències mediambientals, geografia, demografia, geologia, història (com és el cas d'aquest treball) etc.
- Aplicacions de gestió: cartografia, ordenació del territori, evaluació de recursos, previsió de desastres naturals etc.
- Aplicacions empresarials: màrketing, estratègies de distribució etc.

### **3.2 Models de dades utilitzats per un SIG**

La construcció d'una base de dades geogràfica implica un procés d'abstracció per passar de la complexitat del món real a una representació simplificada assequible pel llenguatge dels ordinadors. Aquest procés d'abstracció comença amb la concepció de la base de dades, generalment estructurada en capes. Cal seleccionar quines seran les diferents capes temàtiques que inclourà el SIG.

Però l'estructuració de la informació espacial provinent del món real en capes té cert nivell de dificultat. En primer lloc, el nivell d'abstracció que requereixen les màquines implica treballar amb primitives bàsiques de dibuix, de tal manera que tota la complexitat de la realitat ha de ser reduïda a punts, línies o polígons. En segon lloc existeixen relacions espacials entre els diferents objectes geogràfics, és el que s'anomena topologia, que en realitat és el model matemàtic lògic utilitzat per a definir les relacions espacials entre aquests objectes. El SIG redueix la topologia a nocions tan senzilles com saber els polígons als qual pertany una línia determinada, o saber quina agrupació de línies forma una carretera determinada per posar dos exemples.

Per tant s'ha vist que per a simplificar la realitat el SIG ha d'usar models. Existeixen, bàsicament, dos models diferents per a aquesta simplificació de la realitat: el model vectorial i el model raster. La utilització d'un o altre model està condicionada pel tipus de dades espacials a representar i pel tipus de problema a resoldre o fenomen a analitzar. I, és clar, en un mateix SIG hi ha capes modelitzades en forma vectorial i capes modelitzades en forma raster. Val a dir que també hi ha altres tipus de models no tan usats com aquests dos. Pot citar-se el model orientat a objectes, però en aquest treball no se'n parlarà gens.

En els següents subapartats es descriuen i es comparen el model vectorial i el model raster.

### 3.2.1 El model vectorial

El model vectorial defineix l'espai segons la seva geometria en forma de punts, línies i polígons i les seves propietats topològiques en forma de nodes, arcs i polígons. Al seu torn, els punts es representen per les seves coordenades, mentre que les línies i el polígons es representen mitjançant una llista ordenada de vèrtexs (parells de coordenades). En tot cas, cadascuna de les formes (punts, línies i polígons) té associada uns atributs.

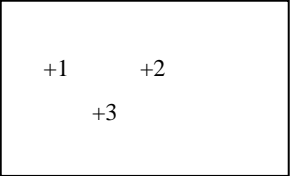
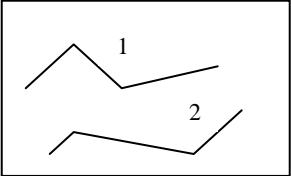
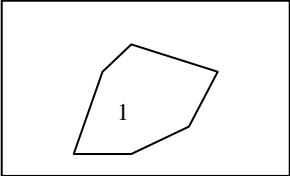
Punts		Línies		Polígons	
					
<u>Punt</u>	<u>Coordenades (x,y)</u>	<u>Línia</u>	<u>Coordenades (x,y)</u>	<u>Polígon</u>	<u>Coordenades(x,y)</u>
1	2,4	1	1,5 2,7 3,5 5,6	1	3,1 2,4 3,5 6,4
2	4,4	2	2,1 3,2 6,1 7,3		5,3 4,1
3	3,3				

Fig. 3 Representació de les dades d'un SIG amb el model vectorial

En general, el model de dades vectorial és adequat per a treballar amb objectes geogràfics amb límits ben establerts, com poden ser finques, carreteres, comarques etc.[2]

### 3.2.2 El model raster

El model raster basa la seva funcionalitat en una concepció implícita de les relacions de veïnatge entre els objectes geogràfics. Aquest model defineix l'espai com una malla o retícula formada per cel·les d'igual tamany (anomenades també píxels). Com pot veure's en l'exemple de la figura 3, una imatge raster de la contaminació d'un riu s'estructura en una matriu de dades, on a cada cel·la hi ha un número que indica el grau de contaminació.

Com que la malla és regular i es coneix la posició en coordenades del centre d'una de les cel·les, es pot dir que tots els píxels estan georeferenciats.

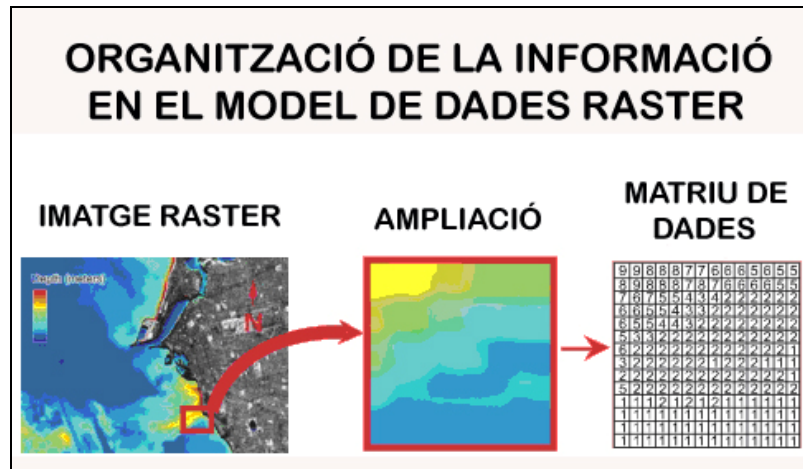


Fig. 4 Organització de la informació d'un SIG en el model raster

El model raster és especialment útil per a la descripció d'objectes geogràfics amb límits difusos, com per exemple la dispersió d'un nuvol de contaminants, on els contorns del nivell de contaminació no són absolutament nítids.

### 3.3 Comparació entre els SIG i altres sistemes de dades

En aquest apartat es comparen els SIG amb dos altres sistemes de dades molt importants: els sistemes de disseny assistit per ordinador (CAD, Computer Aided Design), i els sistemes gestors de bases de dades.

#### 3.3.1 Comparació entre els SIG i els sistemes CAD

Els sistemes CAD estan pensats bàsicament per al desenvolupament i disseny gràfic, concentrant-se en la representació i manipulació d'informació geomètrica. Aquests sistemes també poden crear i emmagatzemar mapes però, a diferència dels SIG, no poden establir relacions entre els objectes representats. En definitiva, no són sistemes d'informació, només són sistemes gràfics.

#### 3.3.2 Comparació entre els SIG i els sistemes gestors de bases de dades

Els Sistemes Gestors de Bases de dades són sistemes desenvolupats per emmagatzemar i manipular grans volums d'informació alfanumèrica, però no disposen de funcionalitats gràfiques. Tot i que tant els SIG com els sistemes gestors de bases de dades emmagatzemen i manipulen dades dins d'una base de dades, els SIG es diferencien dels gestors de bases de dades en tres punts bàsics: tenen una interfície cartogràfica; gestionen una base de dades geogràfica que descriu el món en termes geogràfics i que conté estructures per representar i emmagatzemar dades espacials; i permeten fer consultes geoespacionals complexes.



### **3.4 Topologia**

No es pot entendre la capacitat d'anàlisi espacial dels SIG sense l'ús de la topologia. Segons el diccionari [3], la topologia és 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.

En el context dels SIG, la topologia fa referència a les propietats de les formes geomètriques que romanen invariables quan aquestes formes són sotmeses a canvis morfològics d'escala o projecció. Entre les propietats topològiques més importants hi ha la connectivitat, l'adjacència, l'ordre, la inclusió, la proximitat, la pertinença i la intersecció. Així doncs, els sistemes d'informació geogràfica fan servir la topologia per descriure, emmagatzemar i analitzar les relacions espacials que hi ha entre els diferents elements geogràfics expressats de forma geomètrica amb l'ús de punts, línies i polígons.

## Capítol 4

### Cartografia

En aquest apartat s'expliquen les nocions bàsiques associades amb la cartografia. En primer lloc es defineix el concepte de cartografia, a continuació es veu el procés de reducció de dades, i finalment es veuen les principals projeccions que s'utilitzen per a la realització de mapes.

#### 4.1 Definició de Cartografia

La Cartografia es defineix com l'art de traçar mapes o cartes geogràfiques. [3]

Aquesta definició aparentment tan senzilla amaga una enorme complexitat a l'hora de representar una superfície molt irregular com és la Terra sobre un pla. En aquest procés hi ha dues parts ben diferenciades: per un costat hi ha la reducció de les dades mesurades sobre la superfície terrestre i que cal passar-les a un objecte matemàtic i imaginari que s'anomena el·lipsoide de referència; i per un altre costat hi ha la projecció de les dades que es troben en aquest el·lipsoide de referència sobre un pla.

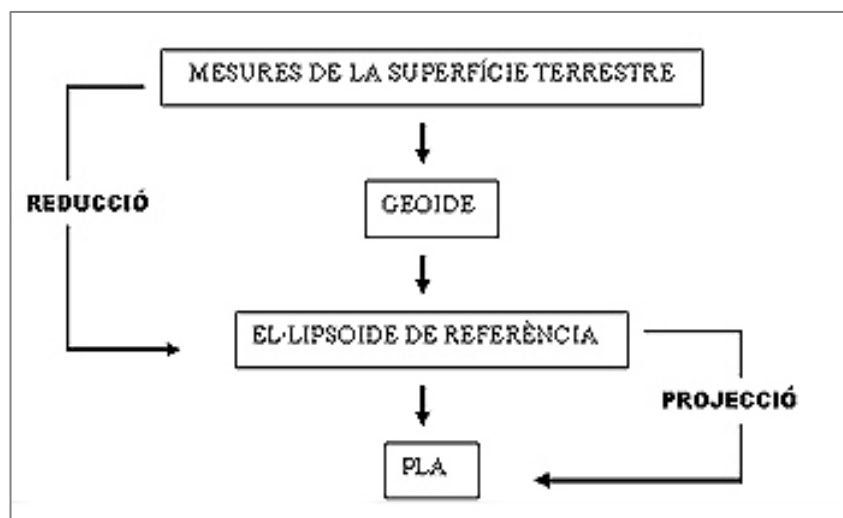


Fig 5 Reducció i projecció de les mesures de la superfície terrestre.

#### 4.2 La Forma de la Terra

Durant milers d'anys es va considerar que la Terra era plana, tal com semblava a simple vista, sense més complicacions. Però ara fa uns 2600 anys alguns pensadors grecs van començar a qüestionar-ho, i des d'aleshores la forma i les dimensions del

nostre planeta han estat sempre un punt d'interès científic. Actualment hi ha tota una ciència que s'hi dedica: la Geodèsia, una de les branques de la geofísica, que estudia la forma i les dimensions de la superfície terrestre [3].

#### 4.2.1 L'esfera

En una primera aproximació es podria considerar que la Terra és una esfera, però això només serviria per a fer mapes de molt poc detall. De fet el nostre planeta és significativament més ample a l'Equador que no pas als Pols. Ja al segle XVII els científics es van adonar d'aquesta forma de la Terra i van començar a mesurar-la amb força precisió. Actualment se sap que les dimensions de la Terra són [4]:

<b>Radi equatorial:</b>	6378 km
<b>Radi polar:</b>	6356 km
<b>Aplanament:</b>	1/297

#### 4.2.2 L'el·lipsoide

Un cop descartada la forma esfèrica, una bona aproximació matemàtica de la Terra és un el·lipsoide de revolució. Es tracta d'una superfície que s'obté al fer rotar una el·lipse sobre un dels seus eixos, en aquest cas sobre l'eix menor.

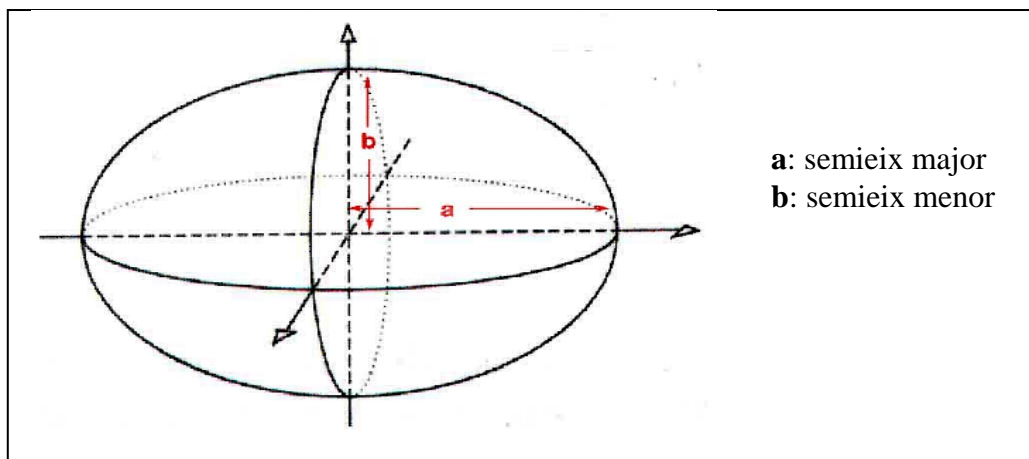


Fig. 6 El·lipsoide

Un el·lipsoide queda ben determinat per dos paràmetres: el seu semieix major (a) i el seu semieix menor (b). A partir d'aquests dos paràmetres se'n defineixen dos de nous: el factor d'aplanament f i l'excentricitat de l'el·lipse transversal:

**Factor d'aplanament:**  $f = \frac{a-b}{a}$

**Excentricitat:**  $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$

com que el factor d'aplanament és molt petit, s'acostuma a treballar amb la seva inversa:  $1/f$ .

L'el·lipsoide és una figura matemàtica que aproxima la forma de la Terra i que és molt pràctic treballar-hi, però evidentment la Terra no és un el·lipsoide. Hi ha una forma més real, que a més està relacionada amb el camp gravitatori terrestre: el geoide.

### 4.2.3 El Geoide

Tot i que l'el·lipsoide és una figura matemàtica senzilla, no és adequada per a mesurar alçades. Com que la major part de la Terra està coberta per mars i oceans (un 70%), la superfície de referència per excel·lència per a mesurar alçades és el nivell mitjà del mar. És per això que es va introduir una nova figura anomenada Geoide [5].

Es defineix el geoide com la superfície teòrica de la Terra que uneix tots els punts d'igual gravetat. La forma així creada suposa la continuació per sota dels continents, de la superfície dels oceans i mars, suposant l'absència de mareas, la superfície dels oceans en calma i sense perturbacions exteriors (sense efectes de marea ).

Al contrari del que es podria imaginar, aquesta superfície no és uniforme, sinó que presenta una sèrie d'irregularitats degudes a la diferent composició mineral i densitat de l'escorça terrestre. A més, grans masses de roca i certs tipus de material també poden canviar el vector de gravetat. Tot això implica que existeix una distància diferent de cada punt de la superfície del geoide al centre de la Terra.

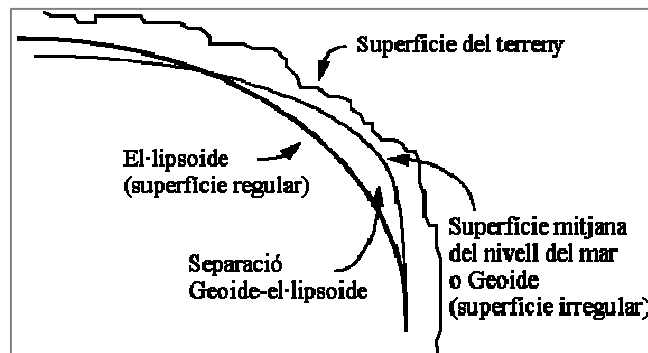


Fig. 7 Comparació de la superfície terrestre, el geoide i l'el·lipsoide.

El càlcul del geoide terrestre no és pas senzill i cada país mesura la seva porció de geoide. A partir de mesures del camp gravitatori en cada punt es pot anar calculant la diferència entre la superfície real de la Terra, la superfície de l'el·lipsoide de referència i la superfície del geoide, que com s'ha dit es fa coincidir amb la superfície mitjana del nivell del mar en els oceans.

Un cop calculat, el geoide terrestre presenta la següent forma ( molt exagerada):

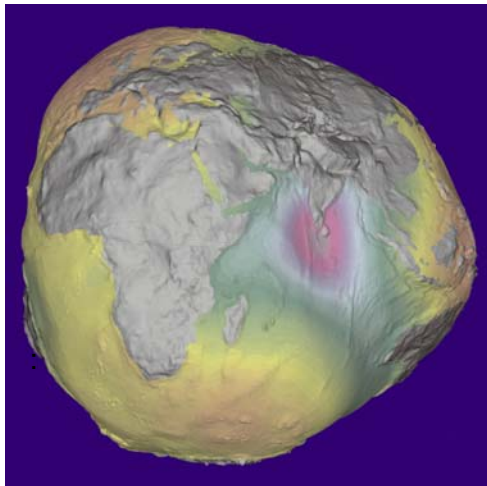


Fig. 8 El geode terrestre

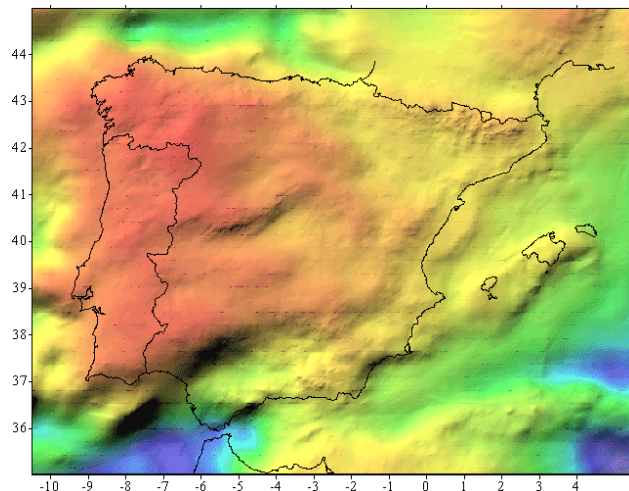


Fig. 9 El geode a la península ibèrica.

Com que les dades es redueixen a un el·lipsoide, a la pràctica el que es fa és triar l'el·lipsoide que millor encaixi localment amb la superfície del geode en cada regió terrestre. Això es fa minimitzant les diferències entre l'el·lipsoide i el geode en la zona d'interès pel mètode dels mínims quadrats. D'aquesta manera no es té un sol el·lipsoide de referència, sinó que cada regió treballa amb el que millor li encaixa en el seu territori

A la figura 9 es pot veure la diferència entre un el·lipsoide global (el de la dreta), que s'ajusta a tota la Terra, amb un el·lipsoide local (el de l'esquerra), que s'ajusta millor a una zona determinada de la Terra. Per passar d'un a l'altre cal aplicar tot de fórmules matemàtiques de canvi de coordenades [6].

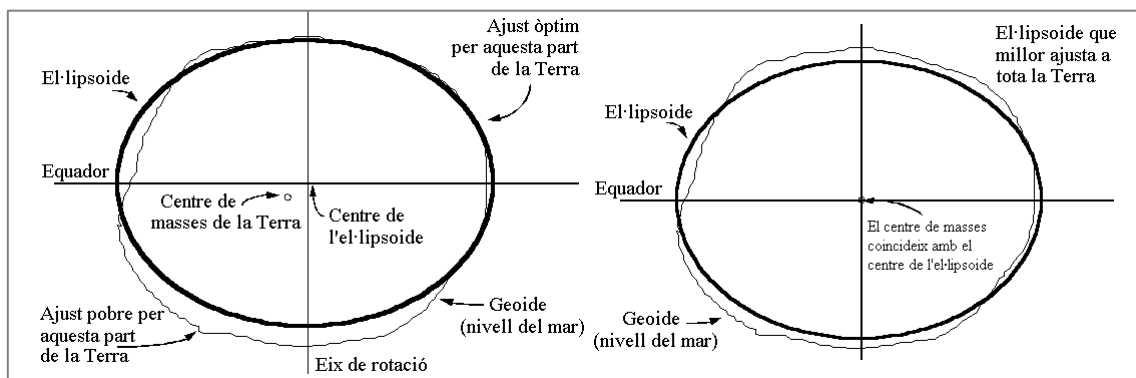


Fig. 10 El·lipsoide local i el·lipsoide global.

Aquests són alguns dels el·lipsoïdes de referència més importants i que més s'han utilitzat en diferents zones de la Terra:

Nom de l'el·lipsoide	a (metres)	b (metres)	1/f
Australian National	6378160.000	6356774.719	298.250000
Bessel 1841	6377397.155	6356078.963	299.152813
Clarke 1866	6378206.400	6356583.800	294.978698

Clarke 1880	6378249.145	6356514.870	293.465000
Everest 1956	6377301.243	6356100.228	300.801700
Fischer 1968	6378150.000	6356768.337	298.300000
GRS 1980	6378137.000	6356752.314	298.257222
International 1924 (Hayford)	6378388.000	6356911.946	297.000000
SGS 85	6378136.000	6356751.302	298.257000
South American 1969	6378160.000	6356774.719	298.250000
WGS 72	6378135.000	6356750.520	298.260000

#### 4.2.4 Els Datum

A més, però, per a poder assignar coordenades geogràfiques als diferents punts de la superfície terrestre cal lligar l'el·lipsoide de referència amb el geoide. Això es fa a partir d'un punt on l'el·lipsoide i el geoide coincideixen i són tangents: el punt fonamental. D'aquesta manera neix el concepte de Datum, que és el conjunt format pels paràmetres a i b de l'el·lipsoide de referència, les coordenades geogràfiques (latitud i longitud) del punt fonamental, i la direcció que defineix el Nord.

Alguns datums destacats són els següents:

- **ED50 (European Datum 1950)**

Aquest datum va néixer l'any 1950 perquè durant la segona guerra mundial els països aliats es van trobar amb la necessitat de connectar internacionalment les seves diferents xarxes (fins aleshores, cada país tenia la seva pròpia). Està basat en l'el·lipsoide de referència de Hayford (també anomenat Internacional) de 1924 i el seu punt fonamental es troba a Postdam (Alemanya). Els paràmetres d'aquest datum són:

**a:** 6378388

**b:** 6356911.946

**punt fonamental:** longitud= 13° 03' 58,741'' E latitud= 52° 22' 51,446'' N

**la direcció de referència** la defineixen els meridians i es dirigeix cap el nord magnètic.

Aquest ha estat el datum oficial de molts països europeus des de la seva creació. També ha estat el datum oficial de Catalunya i d'Espanya fins el 29 d'agost de 2007, des d'aleshores, seguint les recomanacions europees, s'ha adoptat un nou datum: el ETRS89. Tot i això, la major part de mapes encara es troben amb datum ED50.

- **WGS84 (World Geodetic System 1984)**

Aquest és un dels datums més utilitzats avui dia perquè és el datum que usa el sistema nordamericà de satèl·lits GPS (Global Position System). Utilitza com a el·lipsoide de referència el GRS80, tot i que s'ha fet alguna petita modificació posterior.

- **ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*)**

Aquest és un sistema geodèsic de referència tridimensional, emprat com un estàndard per a la georeferenciació GPS d'alta precisió a Europa. Es basa també en l'el·lipsoide de referència GRS80 i és gairebé coincident amb el sistema WGS84 encara que no són idèntics. La diferència es troba en què ETRS89 està centrat a Europa i es mou juntament amb la placa tectònica Eurasiàtica. Així l'any 2000 la diferència entre aquests dos datums era d'uns 25cm i augmenta a raó d'uns 2'5 cm cada any, la mateixa distància en què se separen les plaques tectòniques europea i americana.

### 4.3 Les projeccions

Una vegada passades les mesures de la superfície terrestre sobre un el·lipsoide de referència, per a obtenir-ne un mapa de qualsevol zona de la Terra, o de tota ella, cal fer una projecció d'aquest el·lipsoide sobre un pla. Es tracta d'un procediment matemàtic més o menys complex segons sigui el tipus de projecció a realitzar.

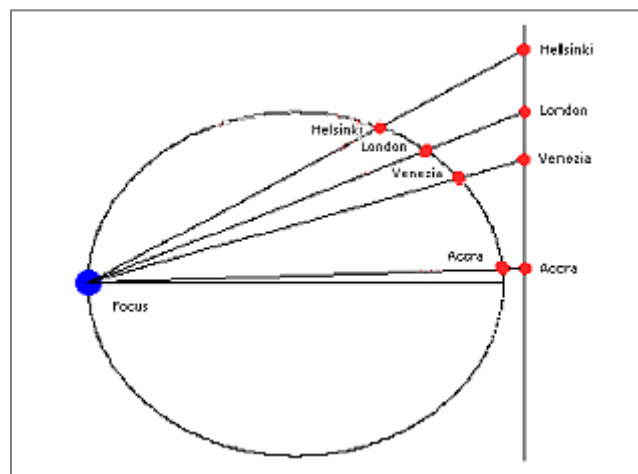


Fig.11 Projecció de l'el·lipsoide terrestre sobre un pla.

Hi ha diferents tipus de projeccions perquè hi ha diferents interessos en la realització dels mapes. No és el mateix fer un mapa de tot el globus terraquí que d'una regió força petita com pot ser Catalunya. A més, en tota projecció apareixen distorsions perquè la geometria d'una esfera o d'un el·lipsoide és diferent de la geometria d'un pla. Així, en una projecció s'haurà d'escollir quina característica interessa més que no surti distorsionada. Evidentment no pot ser que cap d'elles no es distorsioni.

#### 4.3.1 Classificacions de les projeccions

Es pot diferenciar bàsicament tres tipus de classificacions de projeccions: segons la superfície on es farà la projecció, segons on es trobi el focus de la projecció i segons quin paràmetre es mantingui sense distorsió. Ara es veurà amb més detall.

- **Superfície on es fa la projecció**

La projecció es fa bàsicament sobre un pla, un cilindre o un con. El cilindre i el con poden desplegar-se i acaben convertint-se en un pla. Matemàticament tenen la mateixa mètrica.



Fig. 12 Projeccions segons la superfície a projectar.

- **Perspectiva de la projecció**

És important també on es troba el focus, la font de llum de la projecció. Bàsicament hi ha tres perspectives:

- a) **l'ortogràfica**, on la font de llum es troba a l'infinit i els raigs de llum són paral·lels entre ells.
- b) **l'estereogràfica**, on la font de llum es troba en el lloc diametralment oposat al del punt de tangència.
- c) **la gnomònica**, on la font de llum es troba en el centre de la Terra.

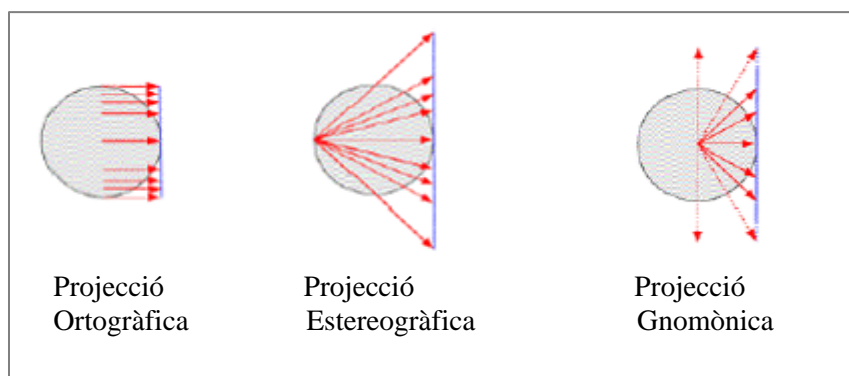


Fig. 13 Projeccions segons el focus de llum.

- **Element que es conserva en la projecció**

En tota projecció d'una esfera sobre un pla hi ha, a la força, distorsions. Ara bé, pot escollir-se quin element geomètric és important que es conservi i quins no



ho són tant. Així, segons l'element que es conservi hi ha bàsicament tres tipus de projeccions:

a) **la projecció equidistant**

Aquesta projecció representa correctament les distàncies entre dos punts de l'esfera, però les distàncies entre més de dos punts mai seran correctes. Un exemple d'aquest tipus és la projecció equirectangular.

b) **la projecció equivalent**

Aquesta projecció representa correctament les àrees. Són exemples d'aquest tipus la projecció Bonne, la projecció Sinusoidal o la projecció Peters.

c) **la projecció conforme**

Aquesta projecció conserva correctament els angles i no distorsiona les formes. Són exemples d'aquest tipus la projecció Mercator, la projecció UTM o la projecció Lambert.

### 4.3.2 La Projecció Transversal Universal Mercator (UTM)

Com s'ha vist hi ha moltes maneres de projectar una esfera (o un el·lipsoide) sobre un pla. Ara s'explicarà el sistema de projecció més usat avui en dia a nivell mundial: la projecció UTM.

Com que pretén ser un sistema de representació de tota la Terra, es tracta d'una projecció composta: es divideix la Terra en 60 zones, anomenades fusos, de 6° longitudinals cadascuna i centrades en un meridià diferent; a cada fus se li aplica una projecció cilíndrica tangent al meridià; i finalment s'uneixen les 60 projeccions i s'obté un mapa sencer de la Terra.

Aquesta projecció és conforme, és a dir que conserva els angles, però distorsiona totes les superfícies sobre els objectes originals i les distàncies existents. L'error és zero a l'equador però augmenta amb la latitud. Com que l'error a les zones polars seria massa gran, aquesta projecció es talla a 84°N i 80°S, i per tant els pols no queden representats.



Fig. 14 Projecció d'un fus en sistema UTM

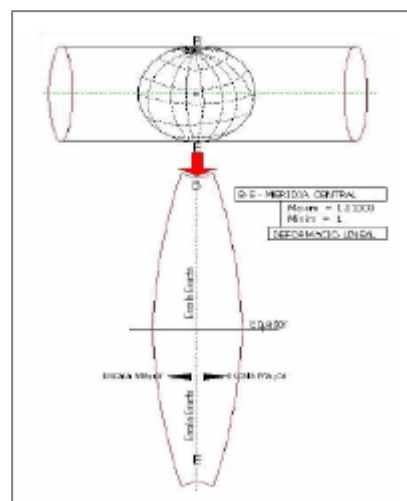


Fig. 15 Desplegament d'un fus projectat

Cada fus es divideix en 20 bandes, i el resultat final és una quadrícula de gairebé tota la superfície terrestre de 60 columnes (una per cada fus) i 20 files. Cada fus té un número ( de l'1 al 60) i cada banda té una lletra (de la C a la M per l'hemisferi sud, i de la N a la X per l'hemisferi nord). Cada quadrícula terrestre està ben identificada.

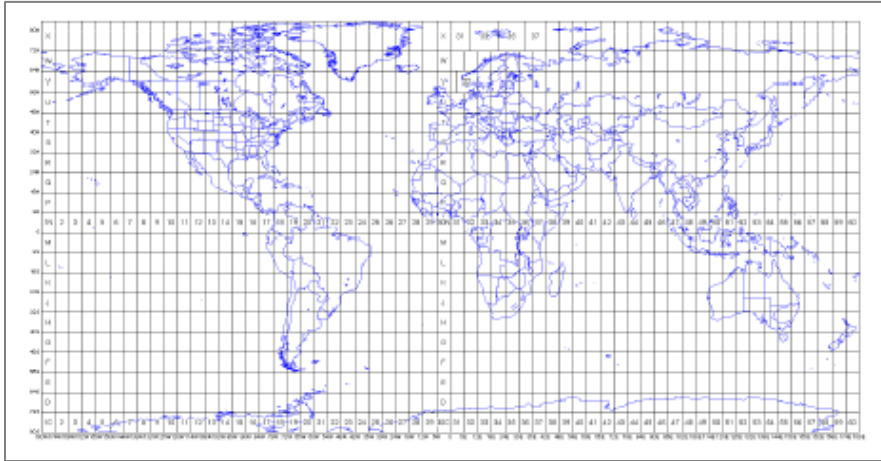


Fig. 16 Mapamundi quadrícula segons els fusos i les bandes UTM.

Perquè un punt de la Terra quedi ben identificat amb la projecció UTM cal que es doni:

- El número del fus (exemple: 31).
- L'hemisferi (N o S).
- Un número sencer que dóna la coordenada horitzontal (X ) dins del fus, mesurat des de l'oest cap a l'est.
- Un número sencer que dóna la coordenada vertical (Y). Sempre es mesura de sud cap a nord, i per l'hemisferi sud l'origen (0) és a la primera quadrícula més al sud (quadrícula C) mentre que per a l'hemisferi nord l'origen és a l'equador.
- Evidentment, cal saber també el datum amb el que s'han reduït les dades (exemple: ED50).

Cal destacar que, al contrari del que pot semblar, en el sistema de coordenades UTM no es designa un punt, sinó un quadrat, la superfície del qual ve determinada per la resolució utilitzada. És a dir, si la resolució és d'un metre, el quadrat que es determina té una superfície d'un metre quadrat, i si la resolució és d'un quilòmetre es determina un quadrat d'un quilòmetre quadrat de superfície.

La resolució està implícita en el nombre de dígits de les coordenades X i Y. Normalment ambdues coordenades s'indiquen amb un sol nombre d'entre 7 i 13 dígits. Els primers dígits són per a la coordenada X, i els següents són per a la coordenada Y. Cal tenir en compte que la coordenada X sempre té un dígit menys que la coordenada Y.

Tal com es pot observar en la figura 16, si el nombre té 7 dígits, els 3 primers són per a la coordenada X, els 4 següents són per a la coordenada Y, i la resolució és d'1 km<sup>2</sup>. En canvi, si el nombre té 13 dígits, els 6 primers són per a la coordenada X, els 7 següents són per a la coordenada Y i la resolució és d'1 m<sup>2</sup>.

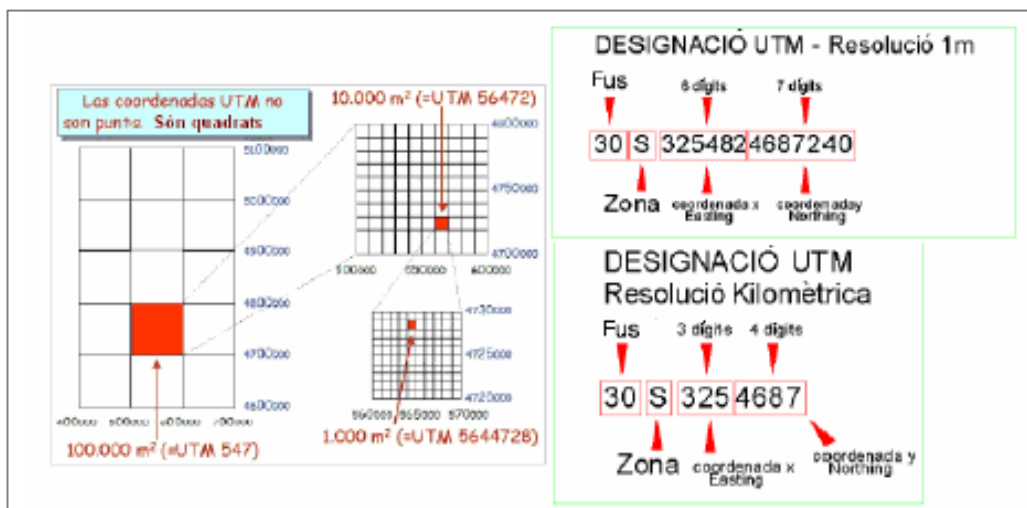


Fig. 17 Resolució i representació de coordenades UTM

## Capítol 5

### **Geomedia Professional 6.0**

En aquest apartat es fa una breu introducció al programa que s'ha utilitzat per a la realització del SIG d'aquest projecte: el Geomedia Professional 6.0. Es fa una descripció del mateix i s'esmenten els seus principals components.

#### **5.1 Descripció de Geomedia Professional 6.0**

Geomedia Professional és un programa per a la creació de SIGs de nova generació basat en la tecnologia JUPITER de la companyia INTERGRAPH. Dissenyat pels sistemes operatius de Microsoft: Windows 2000, XP i posteriors. És una potent eina per la manipulació i l'anàlisi de dades geogràfiques. Permet combinar dades de distintes procedències i diferents formats en un mateix entorn. Es poden realitzar consultes complexes de dades tant espacials com atributs d'altres procedències. Permet també crear noves vistes de mapes com a resultat de combinacions dels ja existents. Una característica molt important és que és un entorn obert, al que podem afegir funcionalitats extres amb eines de desenvolupament de software comercials com Visual Basic, Delphi o Visual C.

#### **5.2 Components de Geomedia Professional 6.0**

##### **5.2.1 Geoworkspace**

Geomedia basa el seu funcionament en una sèrie de components, el més important dels quals és l'anomenat Geoworkspace. Un Geoworkspace és el marc de treball on es recolza tota la informació del SIG que s'està dissenyant. És el nucli de Geomedia, i és el primer que s'ha de crear a l'hora de començar a treballar. Dins del seu entorn es realitzen les connexions amb les fonts de dades (magatzems), es contenen les finestres de mapa i dades, les finestres de composició, la llegenda i la informació del sistema de coordenades, entre d'altres. Els Geoworkspaces es guarden en fitxers amb l'extensió .gws. Quan es crea un Geoworkspace es fa a partir d'una plantilla. Es poden crear plantilles personalitzades per la seva posterior utilització, o es poden utilitzar les que Geomedia proporciona.

##### **5.2.2 Els magatzems de dades**

Un altre component important són els magatzems. Els magatzems, tal i com el seu nom indica, és el lloc físic on s'emmagatzemen les dades amb les que el SIG ha de treballar, tant les dades geogràfiques com les dades temàtiques. Per fer-ho cal indicar al Geoworkspace que es connecti amb aquests magatzems de dades. Els magatzems poden ser de diversa índole, poden ser bases de dades relacionals, com

Microsoft Access, ORACLE, etc., o poden ser d'altre naturalesa com fitxers CAD, ArcView o ArcInfo.

Existeixen dos tipus de magatzems: els de només lectura, i els de lectura i escriptura. La llista dels principals magatzems de dades permessos per Geomedia Professional en la seva versió 6.0 són: Access, ARC/INFO, Shapefile de ArcView, CAD, FRAMME, MapInfo, (MGDM)Entorno Modular GIS (MGE), MGE Data Manager (MGDM), MGE Segment Manager, ODBC Tabular, Model de objectes de Oracle, Servidor SQL i Servidor d'arxiu de text.

### 5.2.3 Entitats i classes d'entitats

Per a la manipulació de la informació dels magatzems hi ha les entitats. Les entitats són les diferents ocurrències d'una determinada classe d'entitat. El manual de Geomedia [7] defineix una entitat com: entitat geogràfica que es representa en un mapa per mitjà d'una geometria i es defineix en la base de dades mitjançant atributs no gràfics. Instància única d'una entitat dins d'una classe d'entitat.

Per exemple una classe d'entitat pot ser 'ciutats' i les diferents entitats seran: 'Barcelona', 'Tarragona', 'Sitges' etc. Una entitat és una instància o un objecte d'una classe d'entitat en concret.

### 5.2.4 Elements per la visualització

Un cop definides les entitats, tal i com veiem en l'apartat anterior, cal visualitzar-les o referenciar-les per fer consultes, etc. Per tal d'aconseguir-ho Geomedia té dos components fonamentals: La finestra del mapa i la finestra de dades.

#### La finestra del mapa

La finestra del mapa és la superfície en que es visualitzen les representacions gràfiques de les diferents entitats i consultes. Està composta per tres elements, la llegenda, la barra d'escala i la fletxa nord.

L'element més important és la llegenda, la qual ens permet interactuar i configurar les diferents entitats i objectes que es poden visualitzar en la finestra del mapa. Per exemple podem activar o desactivar la visualització d'una classe d'entitat, podem fer que els elements es visualitzin segons una escala, podem agrupar per diferents criteris les entitats visualitzades. La llegenda està composta per dues parts: Una barra de títol que podem canviar, i un cos on existeix una entrada per cada entitat que es pot visualitzar en el mapa. Aquestes entrades tenen un títol i un tipus d'estil que la representa.

La barra d'escala i la fletxa nord, són dues eines auxiliars que ens permeten conèixer l'escala en que es visualitza el mapa i la direcció nord en tot moment

#### Finestra de dades

La finestra de dades permet navegar per les dades de les diferents entitats que hi ha disponibles en el SIG. Es poden veure les dades seleccionant l'entitat de qualsevol connexió o categoria que sigui accessible.

## Capítol 6

### Projecte

En aquest apartat es descriu el projecte que aquí es desenvolupa. En primer lloc es fa una presentació del projecte acompanyada d'una introducció històrica, tant de l'arribada i l'estada dels romans al nostre país, com del riu Llobregat en aquella època. Posteriorment es mostra la construcció del SIG, amb les diferents capes d'informació que s'hi ha anat afegint. I finalment es fan diferents anàlisi del SIG: s'estudia com devia ser el riu Llobregat i la seva desembocadura en temps dels romans; s'incorporen hiperllinks d'informació a uns quants jaciments; s'introdueix un MDT (model digital del terreny) per veure el relleu del terreny i obtenir-ne diferents perfils; s'estudien les conques de drenatge d'aquest tram final del riu; i finalment s'obtenen vistes en tres dimensions de tota aquesta zona.

#### 6.1 Presentació del Projecte

L'objectiu principal d'aquest projecte és construir un SIG que permeti l'anàlisi de la relació del llit del riu Llobregat amb la ubicació dels jaciments arqueològics i les vies de transport del Baix Llobregat en l'època romana. Per tant es tracta d'un SIG amb aplicacions en la investigació de la història.

Per a situar el context històric en el què es basarà aquest SIG, en el següent apartat es fa un petit resum de l'arribada i l'estada dels romans a la península ibèrica [8] [9].

##### 6.1.1 Els romans a Hispània

Abans de l'arribada dels romans, els habitants de gran part de Catalunya eren els ibers. Aquests eren pobles diversos que tenien trets culturals comuns. Com altres pobles mediterranis del moment (grecs, fenicis, etruscos...), posseïen una civilització complexa i desenvolupada, amb xarxes urbanes i comercials. A Catalunya van aparèixer cap a l'any 650 aC i es van anar desenvolupant fins arribar a la seva plenitud cultural entre els anys 450 aC i 200 aC, moment en que arribaren els romans i acabaren amb la seva cultura en un procés que durà uns dos-cents anys.

L'arribada dels romans a *Hispània* tingué lloc l'any 218 aC durant la segona guerra púnica entre els romans i els cartaginesos capitanejats per Anníbal. Aquell any, un poderós exèrcit romà desembarcà a *Emporiae* (Empúries) per tallar els passos pirinencs i la comunicació d'Anníbal amb les bases hispanes. Els romans bastiren a *Tàrraco* (Tarragona) una nova base estratègica per a expedicions interiors, també abastable per mar. Els combats pel domini del litoral van ser aferrissats, però els romans s'imposaren als cartaginesos i als seus aliats (alguns dels pobles ibers).

Poc després, l'any 197 aC, es va iniciar una revolta general contra els romans. Exèrcits indígenes bloquejaren *Emporiae* per impedir l'arribada de reforços. El 195 a.c. un exèrcit comandat pel cònsol Cató desembarcà a la ciutat i derrotà els ibers. Cató pacificà el territori i els romans afermaren el control de les rutes costaneres i terrestres entre *Emporiae* i *Tàrraco*. Un cop assegurat el domini militar començà un llarg procés de romanització que s'estengué al llarg de gairebé dos segles.

Així, *Hispania* passà a ser una província romana més, amb tots els seus drets i els seus deures. La població va anar perdent la seva cultura ibèrica i s'anà romanitzant, adoptant els costums, les lleis i la llengua dels romans: el llatí.

Les actuals comarques del Barcelonès, Baix Llobregat i la conca del *Rubricatum flumen* (el riu Llobregat) es van convertir en una zona molt important arran de la fundació de *Bàrcino* (Barcelona) entre els anys 10 aC i 15 aC. Pocs anys abans, August s'havia proclamat emperador posant fi a la República, i en una visita a la capital *Tàrraco*, va fundar diverses ciutats i va manar construir noves variants de la *Via Augusta* i d'altres vies, com ara l'eix del *Rubricatum flumen*. En aquest context es fundà *Bàrcino*, no com un simple municipium sinó com una colònia. Una colònia representava una sucursal de Roma poblada per colons vinguts de l'Imperi per a explotar-ne els recursos. El territorium de *Bàrcino* arribava fins a *Ad Fines* (Martorell), però la seva influència anava més enllà, perquè només *Tàrraco* i potser *Dertosa* (Tortosa) i *Emporiae* eren colònies.

A casa nostra, l'imperi romà durà uns set-cents anys, fins a principis del segle V. L'any 409 d.c. un altre poble, els visigots, va irrompre a la península ibèrica acabant amb l'hegemonia romana.

### 6.1.2 El *Rubricatum flumen*

De tota la costa central catalana, el riu de major envergadura era –i és- el *Rubricatum flumen*, el riu Llobregat. Neix a la Serra del Cadí a la població de Castellar de n'Hug (Berguedà). Recorre 70 km fins a desembocar a El Prat de Llobregat, i els seus principals afluents són el Cardener, l'Anoia i la riera de Rubí, que li aporten part dels 20,77 m<sup>3</sup>/s de cabal mitjà.

Sobre la navegabilitat d'aquest riu en època romana no existeixen gaires dubtes sobretot després de la localització de petits embarcadors a ambdues ribes del riu, com el localitzat al Pont del Diable. Permetia una navegabilitat regular entre la seu desembocadura i el seu encreuament amb la *Via Augusta*, a les rodalies de l'actual ciutat de Martorell. La navegabilitat a partir d'aquest punt sembla força més complicada donada la morfologia del riu i dels seus afluents.

Una de les principals funcions dels rius navegables era sens dubte la seva relació amb el territori. D'aquesta manera els materials transportats per aquest medi s'havien de poder exportar per terra mitjançant una ben dissenyada xarxa de comunicacions terrestres. És per aquest motiu que el punt final de navegació d'un riu devia coincidir amb l'encreuament d'una via o bé amb un nus viari com eren les ciutats.

El riu Llobregat acaba formant un delta degut als sediments que arrossega des de la seva part més alta i que diposita en la seva desembocadura. Aquest delta, però, no ha estat sempre tan ampli com és actualment, sinó que ha patit una transformació al llarg

dels últims vint segles. Durant aquest període de temps, el delta ha anat creixent, i la terra ha anat guanyant terreny al mar. Així doncs, tal com es pot veure a la figura 17, ara fa uns dos mil anys, el delta del *Rubricatum flumen* era bastant menys extens que no ho és en l'actualitat, i enlloc de formar un delta, desembocava al mar formant un estuari.



Fig. 18 Evolució del delta del Llobregat des del segle I fins a l'actualitat

## 6.2 Construcció del SIG

Tal com ja s'ha comentat, en aquest projecte s'ha de construir un SIG amb tot de dades de l'entorn del riu Llobregat, des de la ciutat de Martorell fins a la seva desembocadura al Prat de Llobregat.

Per a la construcció d'aquest SIG s'han anat creant les diferents capes d'informació geogràfica següents: una capa amb la localització i la informació dels jaciments ibers i romans trobats al voltant del riu Llobregat; una altra capa amb les vies romanes més importants de Catalunya; i una altra capa amb els ortofotomapes de tot el voltant del riu Llobregat des de Martorell fins a la seva desembocadura.

Aquestes són la descripció de cadascuna d'aquestes capes del SIG:

### 6.2.1 La capa dels jaciments

Se'ns ha proporcionat un full de càlcul Excel amb les dades sobre els jaciments arqueològics descoberts al voltant del riu Llobregat (municipi del jaciment, nom del jaciment, coordenades UTM del jaciment, tipologia del jaciment etc.). Només ha calgut



ampliar algunes d'aquestes dades consultant l'Inventari del Patrimoni Arqueològic de Catalunya [10].

El nombre total de jaciments arqueològics és de 110 . Tots ells es troben al voltant del riu Llobregat i són de l'època ibèrica i/o romana. De tipus de jaciments (tipologia) n'hi ha 15 de diferents i són aquests: Torre, sitja, embarcador, necròpolis, via, poblat, forn, pedrera, enterrament, mina, pont, aqüeducte, vil·la i termes. A més, hi ha uns quants jaciments que no tenen una tipologia determinada i s'anomenen indeterminats. Aquestes dades estaven col·locades en un full de càlcul i s'han passat a una base de dades (Acces en aquest cas). Des de la base de dades ja s'han pogut inserir al programa geomèdia i s'ha creat una llegenda específica per a cada tipus de jaciment.



Fig. 19 Llegenda dels diferents tipus de jaciments

## 6.2.2 La capa de les vies romanes

Aquest arxiu també ens ha estat proporcionat. Es tracta d'un arxiu generat amb el programa ESRI i que el geomèdia llegeix obrint una connexió de tipus Arcview. Un cop obert s'observen tot de vies romanes del territori de Catalunya, tant terrestres com marítimes.

## 6.2.3 La capa de les ortofotografies

Un ortofotomapa és una imatge fotogràfica del terreny amb el mateix valor cartogràfic que un plànol, que ha estat sotmesa a un procés de rectificació diferencial que fa possible realitzar la posada en escala i anivellació de les unitats geomètriques que el componen i eliminar, per tant, les distorsions degudes a la perspectiva, el moviment de la càmera i el relleu.

Per a la realització d'aquesta capa s'ha anat al lloc web de l'ICC, l'Institut Cartogràfic de Catalunya, que proporciona ortofotografies de tot Catalunya [11].

Per a treballar en aquest SIG s'han baixat 8 ortofotografies d'escala 1: 25.000. Es tracta de les ortofotografies que envolten el curs del riu Llobregat, des de Martorell fins a la seva desembocadura, i que contenen tots els jaciments que ens han proporcionat.

L'ICC divideix tot Catalunya en fulls. Aquests fulls estan numerats per files i columnes. Els fulls que ha calgut baixar, segons la nomenclatura de l'ICC són els següents: 7130, 7131, 7132, 7133, 7230, 7231, 7232 i 7233.

A la figura 18 pot observar-se el resultat aconseguit amb les tres capes superposades: la capa dels jaciments, la capa de les vies romanes i la capa de les ortofotos.

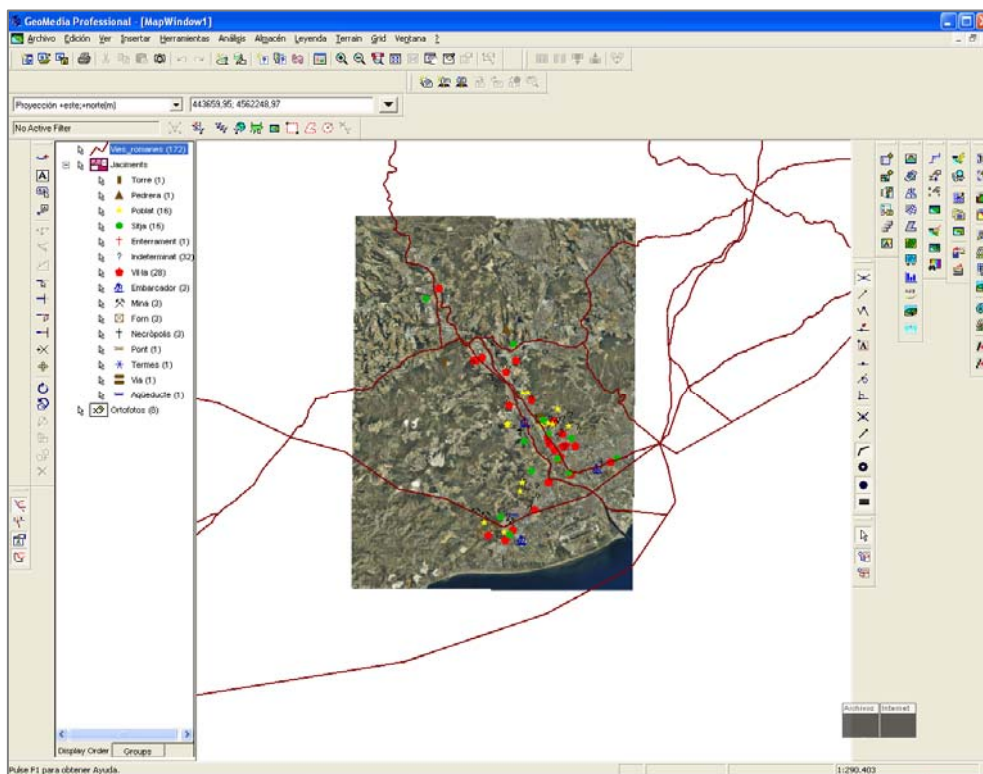


Fig. 20 Pantalla completa del geomedia amb les tres capes superposades

I a la figura 20 es mostra una ampliació de la imatge del SIG amb les tres capes superposades:



Fig. 21 Ampliació de la imatge del SIG

#### 6.2.4 La capa dels mapes topogràfics

Un mapa topogràfic és la representació d'una part de la superfície terrestre, com qualsevol altre mapa, amb la particularitat que mostra el relleu del terreny perquè conté les seves corbes de nivell. Aquestes corbes tenen indicades l'alçada sobre el nivell del mar i normalment les diferents alçades estan pintades amb diferents colors per donar més sensació de relleu, que és el que es coneix amb el nom d'hipsometria.

En aquest projecte s'haurà d'estudiar com era el traçat del riu Llobregat ara fa uns dos mil anys i serà molt útil tenir la topografia d'aquesta zona per veure tot el seu relleu. Per això s'ha creat una nova capa amb els mapes topogràfics de la zona.

Per a la realització d'aquesta capa s'ha anat, una vegada més, al lloc web de l'ICC, l'Institut Cartogràfic de Catalunya, que proporciona mapes topogràfics de tot Catalunya [11].

S'han baixat 19 mapes topogràfics d'escala 1: 10.000 (escala més petita que en el cas de les ortofotografies perquè els mapes topogràfics d'escala 1:25.000 no estaven disponibles). Es tracta dels mapes topogràfics que envolten el curs del riu Llobregat, des de Martorell fins a la seva desembocadura, i que contenen tots els jaciments que ens han proporcionat.

L'ICC divideix tot Catalunya en fulls. Aquests fulls estan numerats per files i columnes. Els fulls que ha calgut baixar, segons la nomenclatura de l'ICC són els següents: 14261, 14262, 14263, 14264, 14265, 14266, 14361, 14362, 14363, 14364, 14365, 14366, 14463, 14464, 14465, 14466, 14563, 14564 i 14565.

Totes aquestes imatges s'han inserit i georeferenciat en aquesta nova capa dels mapes topogràfics. A la figura 21 pot observar-se el resultat aconseguit amb les quatre capes sobreposades: la capa dels jaciments, la capa de les vies romanes, la capa de les ortofotos i la capa dels mapes topogràfics.

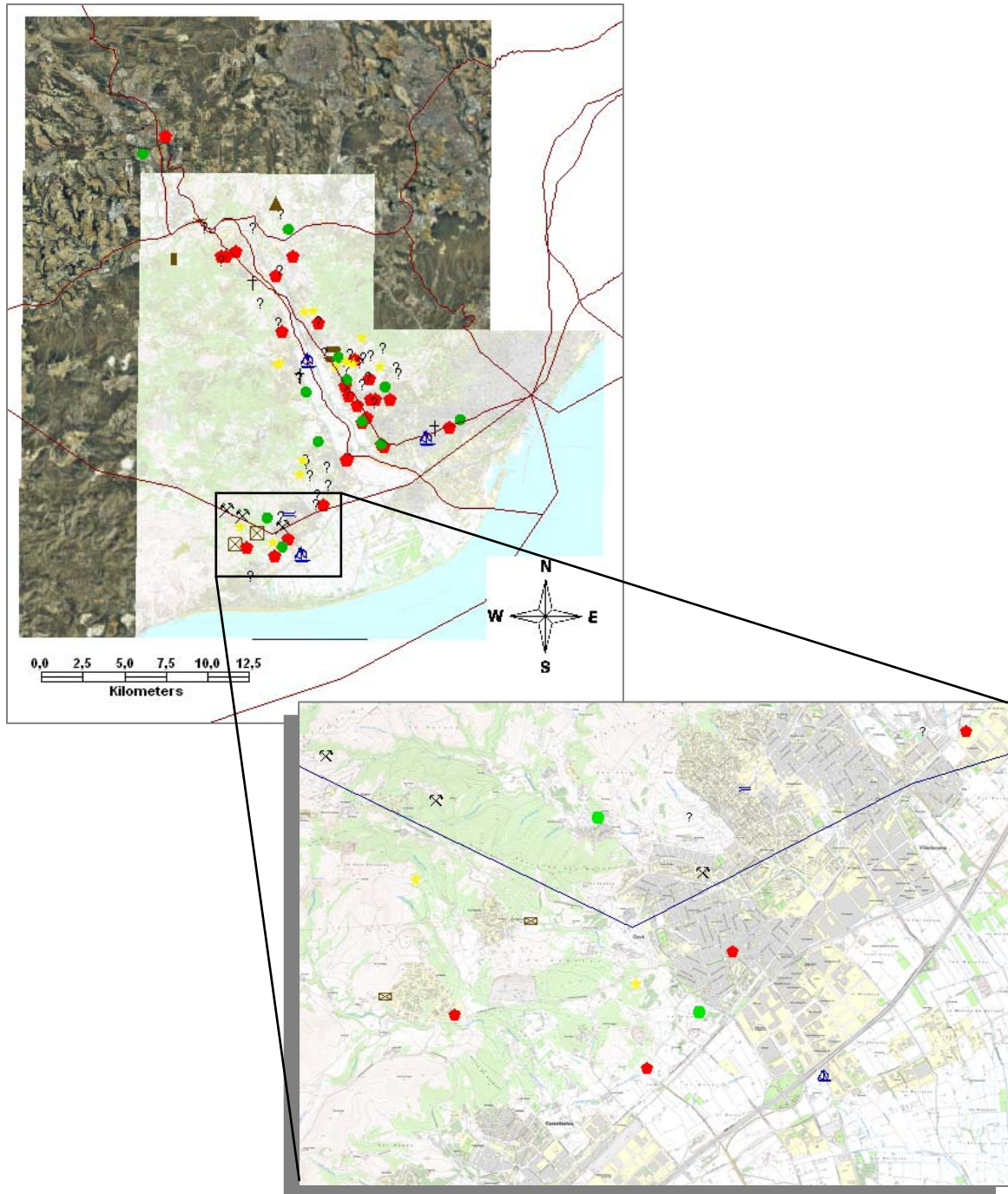


Fig. 22 SIG amb la capa dels mapes topogràfics incorporada i vista d'una zona ampliada

### 6.3 Anàlisi del SIG

Una vegada construït el SIG, es faran diferents anàlisi sobre el mateix.

En primer lloc s'estudiarà la conca i la desembocadura del riu Llobregat en l'època romana. A partir de diferents dades: la situació dels jaciments, el descobriment d'uns jaciments claus: els embarcadors, els mapes topogràfics i un mapa geològic de la zona es deduirà el traçat del riu i la línia de costa en la seva antiga desembocadura.

A continuació s'introduiran hiperlinks a alguns jaciments del SIG per a l'obtenció d'informació addicional d'aquests jaciments.

Posteriorment s'introduirà un MDT (Model Digital del Terreny) per a l'observació del relleu de la zona i l'obtenció de diferents perfils de la mateixa; s'estudiarà la conca de drenatge d'aquesta part final del riu; i s'obtindran vistes en tres dimensions de tota aquesta zona.

#### 6.3.1 Estudi de la conca i la desembocadura del riu Llobregat en l'època romana

Un cop carregades les quatre capes ja esmentades: la capa dels jaciments, la capa de les vies romanes, la capa de les ortofotografies i la capa dels mapes topogràfics, el primer objectiu d'aquest treball és l'estudi de la conca i la desembocadura del riu Llobregat en l'època romana.

Per a l'estudi de la desembocadura del riu Llobregat en l'època romana hi ha força bibliografia, tant geològica com arqueològica. Tots aquests estudis coincideixen a dir que en l'època romana no existia el delta actual del riu Llobregat, sinó que el riu acabava en forma d'estuari. El delta actual va començar a formar-se just en l'època romana, quan l'explotació de tota la conca del riu es va intensificar amb finalitats agrícoles i es van tallar els arbres del seu voltant. Aleshores, els sediments que arrossegava el riu es van incrementar i el riu els va anar dipositant a la seva desembocadura durant segles, d'una forma lenta però ininterrompuda. El gran creixement del delta tingué lloc als segles VII i VIII dC. La part dreta del delta es va formar abans que l'esquerra, i sembla que el curs del riu va anar variant des del sud cap al nord formant una plana que va anar estabilitzant la forma actual durant l'Edat Mitjana. Així ibers i romans van ser els iniciadors d'aquest procés d'explotació dels entorns del *Rubricatum flumen*, però el moment important de la formació del delta del riu va tenir lloc al final de l'època romana i sobretot durant l'Edat Mitjana [12].

A les figures 22 i 23 es pot veure una possible evolució d'aquest delta durant l'època romana segons l'arqueòleg Josep Maria Solias [12]:

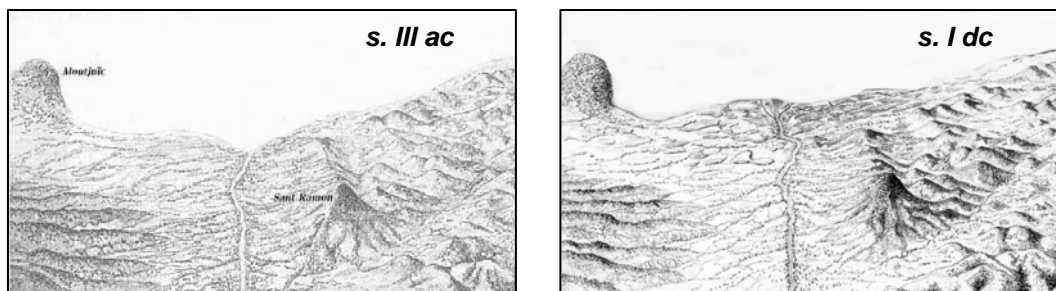


Fig. 23 Evolució del delta del Llobregat des del segle III aC fins al segle I dC

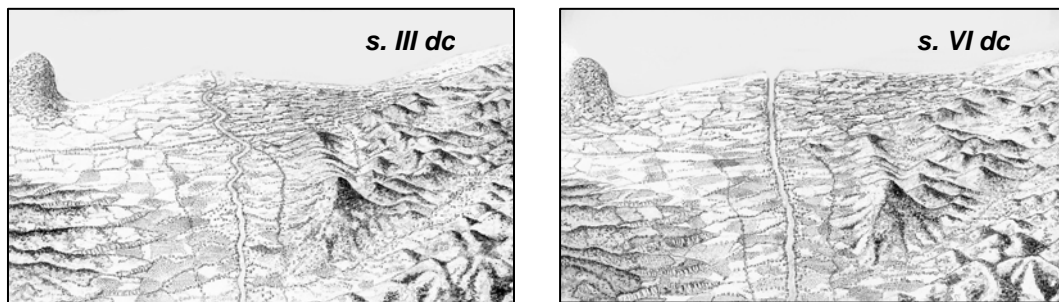


Fig. 24 Evolució del delta del Llobregat des del segle III dc fins al segle VI dc

Sabent que la sedimentació del delta del riu Llobregat va començar a l'època romana, una altra de les pistes que es pot anar a buscar és un mapa geològic de la zona. Per a l'obtenció d'aquest mapa geològic s'ha tornat, una vegada més, al lloc web de l'ICC [11]. En aquest mapa s'observa tota la capa sedimentària que va formar el delta del Llobregat i que en l'època romana encara no existia. Pot dir-se, *a grosso modo*, que el límit d'aquesta capa sedimentària havia de ser la línia de costa d'ara fa uns dos mil anys.

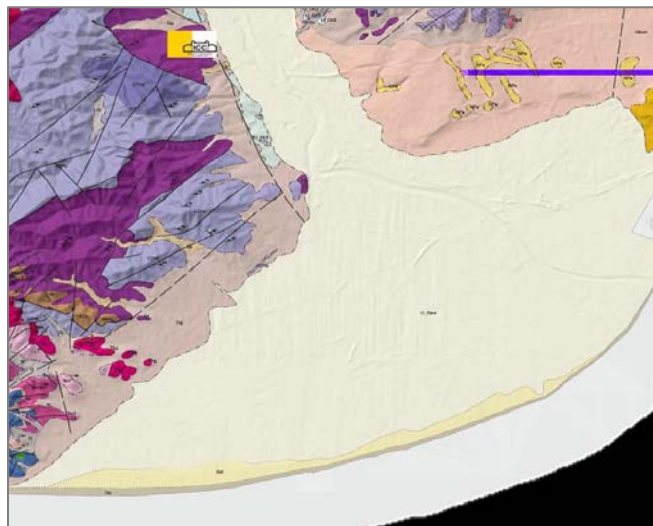


Fig. 25 Mapa geològic del delta del Llobregat

Una tercera pista que es té són els jaciments arqueològics romans i ibèrics trobats al Baix Llobregat que s'han utilitzat per a fer el SIG. Com pot veure's a la figura 12, els jaciments més propers al mar segueixen una línia imaginària al límit de l'actual delta del riu, i segueixen fidelment la línia de la capa sedimentària del propi delta. A més, s'han descobert dos embarcadors de l'època: l'un, conegut com *la Marina*, es troba al costat esquerre de la desembocadura del Llobregat en l'època romana, en ple Hospitalet de Llobregat actual; i l'altre, conegut com *Les Sorres*, és un jaciment ampli situat entre Gavà i Viladecans. Mentre que l'embarcador de la Marina era un port a tocar de la costa, resguardat dels vents directes perquè estava protegit per la muntanya de Montjuïc, l'embarcador de les Sorres era més aviat una zona d'ancoratge de naus grans i mitjanes, a certa distància de la costa.



Fig. 26 Situació de l'embarcador romà *Les Sorres*

Aquest embarcador de *les Sorres* ha resultat ser molt important per a l'època [13]. S'hi ha descobert una gran quantitat d'àmfores i d'àncores de vaixells. Va funcionar des del segle IV aC fins el segle V dC, però la seva màxima activitat tingué lloc des del segle II aC fins a la primera meitat del segle I dC. En aquella època aquesta zona del voltant del Baix Llobregat era gran exportadora de tota mena de productes agrícoles: vi, cereals, oli i fruita, cap a la resta de l'imperi romà i la seva metròpoli: Roma. Aquesta intensa activitat va disminuir de forma important durant la segona meitat del segle I dC sense que se'n coneguin les causes de forma clara .

Així doncs queda clar com era l'estuari que formava la desembocadura del *Rubricatum flumen* ara fa dos mil anys: el riu desembocava entre les poblacions actuals de St. Boi de Llobregat i Cornellà de Llobregat, i la línia de la costa seguia els jaciments trobats a banda i banda del riu, tot passant per l'embarcador de *La Marina* al costat esquerre i passant a uns centenars de metres de l'embarcador de *Les Sorres* al costat dret.

Per a l'estudi del curs del riu des de *Ad Fines* (Martorell) fins a la seva desembocadura, la pista més important que es té és la d'un altre embarcador situat a l'actual població de Molins de Rei. Aquest embarcador fluvial havia d'estar situat just a la riba del riu, i es troba a 23 m sobre el nivell del mar (el riu actual està a 19'5m sobre el nivell del mar en aquest mateix punt) . Evidentment la riba de l'altre costat del riu també havia d'estar a 23 m sobre el nivell del mar. Un cop situats a banda i banda del riu, s'ha dibuixat un trajecte força recte en direcció a la desembocadura, i seguint els meandres del riu en direcció a *Ad Fines*. Hi ha tres punts on el riu s'estreny i per allà la via romana travessava el riu: el pas del pont del diable –construït pels propis romans-, un altre pas entre les poblacions actuals de Pallejà i St. Andreu de la Barca, i un tercer pas entre Sant Andreu de la Barca i Martorell. En aquest dos últims no hi consta cap pont ni cap jaciment que testimonii la presència de ponts en l'època romana.

El resultat del traçat del riu i de la línia de costa d'ara fa dos mil anys s'han dibuixat en una nova capa del SIG. Es tracta de la línia de color blau marí que pot veure's en el mapa de la figura 26. En aquest mateix mapa també s'hi ha dibuixat el traçat actual del riu per poder-los comparar, és la línia de color blau cel.

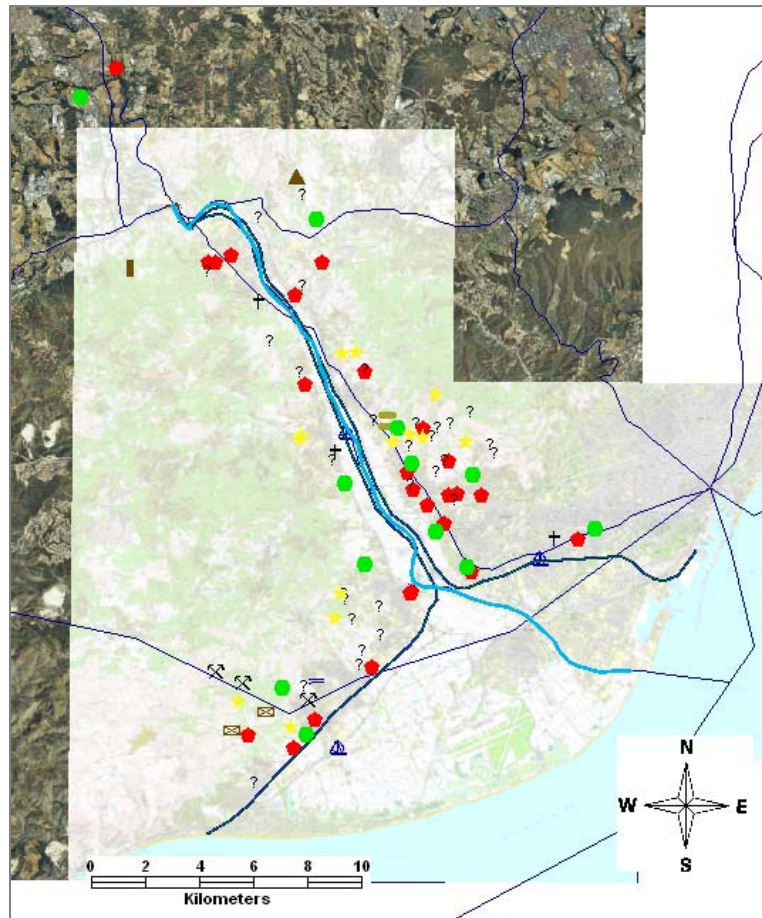


Fig. 27 Traçat del riu Llobregat i línia de costa en època dels romans

### 6.3.2 Consulta interactiva de la informació associada als jaciments

El aquest apartat del projecte es tractava d'obtenir informació associada als jaciments des del propi SIG fent un simple clic sobre cadascun d'ells.

La idea inicial era que, un cop dins del SIG, en clicar sobre el jaciment escollit, s'enllacés directament amb el document associat amb aquell jaciment i s'obris per a la seva lectura, sense haver de fer res més. Després de buscar informació i provar una gran quantitat d'opcions del programa, s'ha vist que aquesta opció tan directa no es pot fer sense haver de programar. Com que en aquest treball no se'ns demana de programar sobre el GIS, s'ha optat per la opció que més s'acosta a aquesta funcionalitat.

L'opció escollida és la següent: en fer un doble clic sobre cadascun dels jaciments s'obre la pantalla de les seves propietats, on es veuen els elements de la base de dades associats amb aquest jaciment. Es tracta d'incorporar un nou camp a la base de dades de tipus *hiperlink* amb l'adreça per trobar el lloc on hi ha guardat el document amb la informació del jaciment. Així per arribar a la informació del jaciment caldrà fer-ho en dues passes: la primera obrirà la finestra de les propietats, i la segona ja enllaçarà amb el document associat a aquell jaciment.



Com pot veure's a la figura 27, un cop s'ha fet un doble clic sobre un dels jaciments, s'obre la finestra de les propietats d'aquest jaciment. Pot apreciar-se que hi ha un nou camp de tipus hipertext amb un enllaç al document associat a aquest jaciment. En clicar-hi (figura 28) s'obre aquest document associat al jaciment.

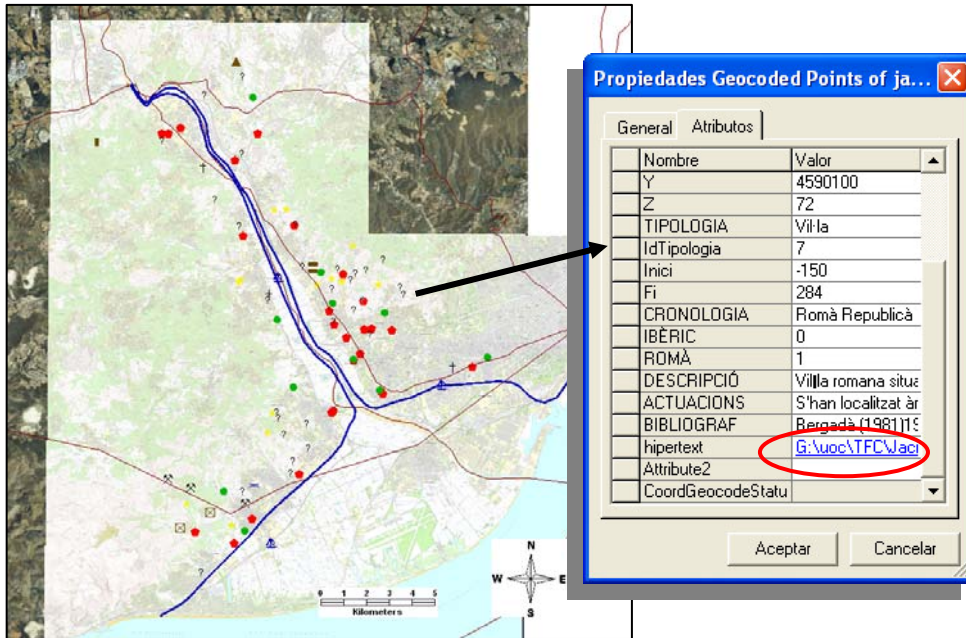


Fig. 28 Obertura de la pantalla de les propietats dels jaciments

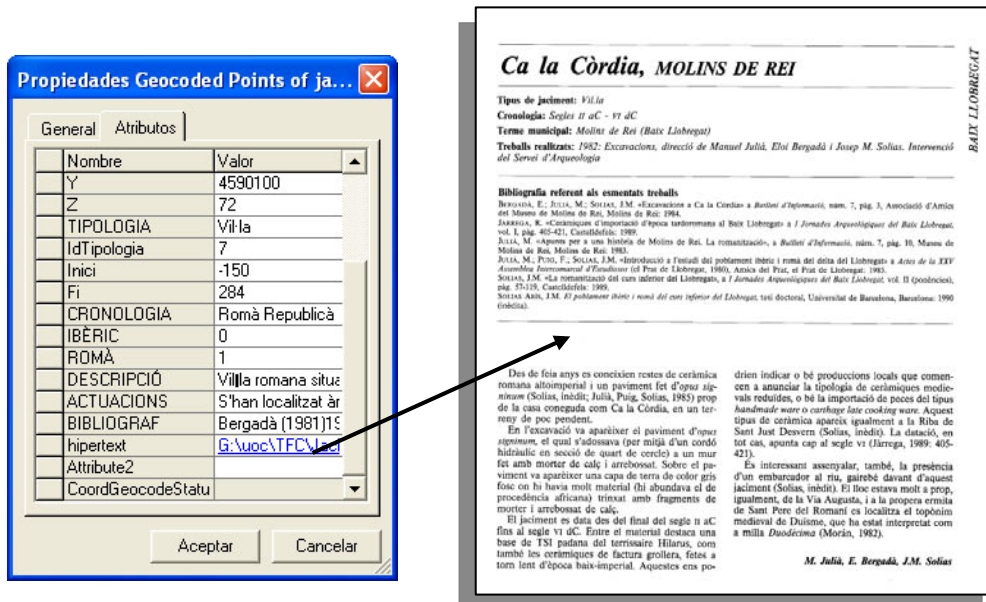


Fig. 29 Obertura del document associat a un jaciment

Ha calgut obtenir informació d'uns quants jaciments en forma de fotografies o documents guardats en format PDF o html. Se'ns ha proporcionat alguns exemples de fitxes de jaciments amb molta informació arqueològica, que ha estat completada amb informació sobre d'altres jaciments.

A la figura 29 es poden veure dos d'aquests documents associats a dos jaciments diferents: una fitxa arqueològica del jaciment de Ca la Còrdia, a Molins de Rei; i un arxiu amb informació del pont del diable, a Martorell.

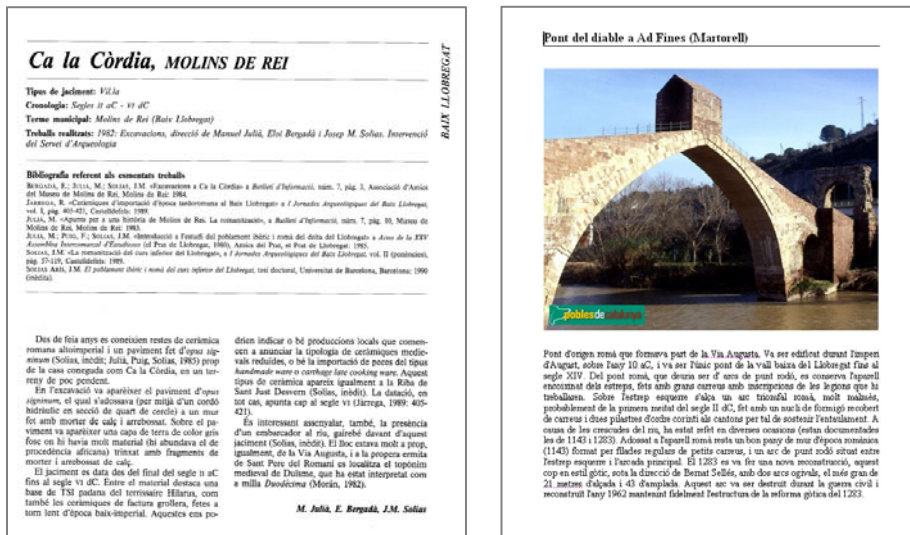


Fig. 30 Dos exemples de fitxes d'informació sobre els jaciments

### 6.3.3 Visualització del relleu a partir d'un MDT del Baix Llobregat

Aquest apartat inicialment s'havia de fer amb el mòdul Terrain del programa Geomedia Pro 6.0, però aquesta versió del Terrain presenta algun problema que encara no havia estat detectat (un bug) i ha calgut canviar els plans i realitzar-lo amb el mòdul GRID del propi Geomedia.

El mòdul GRID és l'eina més potent del Geomedia per a treballar amb capes en forma de malla (treballa amb el model de dades ràster, vist a l'apartat 2.2.2). Aporta una gran quantitat d'eines per visualitzar, manipular i analitzar qualsevol capa en forma de malla, d'una forma totalment integrada al propi Geomedia. Tant és així que permet "rasteritzar" capes del Geomedia, o vectoritzar capes en forma de malla [14].

Per a la realització d'aquest projecte se'ns ha proporcionat cinc MDT (Model Digital del Terreny) de la conca del riu Llobregat. Es tracta de capes en forma de malla, cadascuna d'elles amb una resolució diferent: 15m, 30m, 60m, 90m, i 120m. L'opció escollida ha estat el MDT de 60 m de resolució per ser una resolució mitjana i suficient per als propòsits d'aquest projecte.

En primer lloc ha calgut llegir el MDT amb el mòdul GRID i visualitzar-lo en el GIS (figura 30). Seguidament s'ha visualitzat el relleu que conté el propi MDT (figura 31).

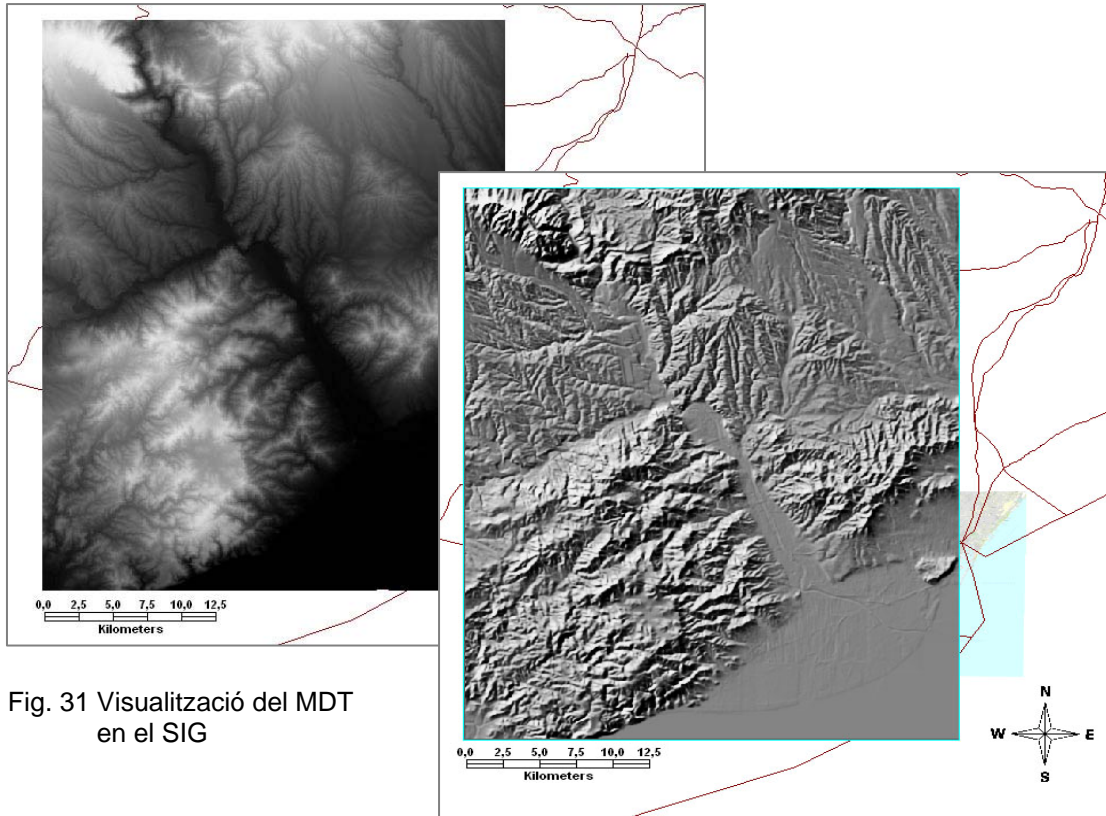


Fig. 31 Visualització del MDT en el SIG

Fig. 32 Visualització del relleu que conté el MDT

El Geomedia GRID té moltes funcionalitats, una de les quals és poder retocar la il·luminació per donar-li més brillantor o més contrast, i inclús poder canviar l'angle d'incidència de la llum. En la figura 32 s'ha contrastat més la llum i se li ha tret brillantor (imatge de la dreta) respecte de la imatge original (imatge de l'esquerra).

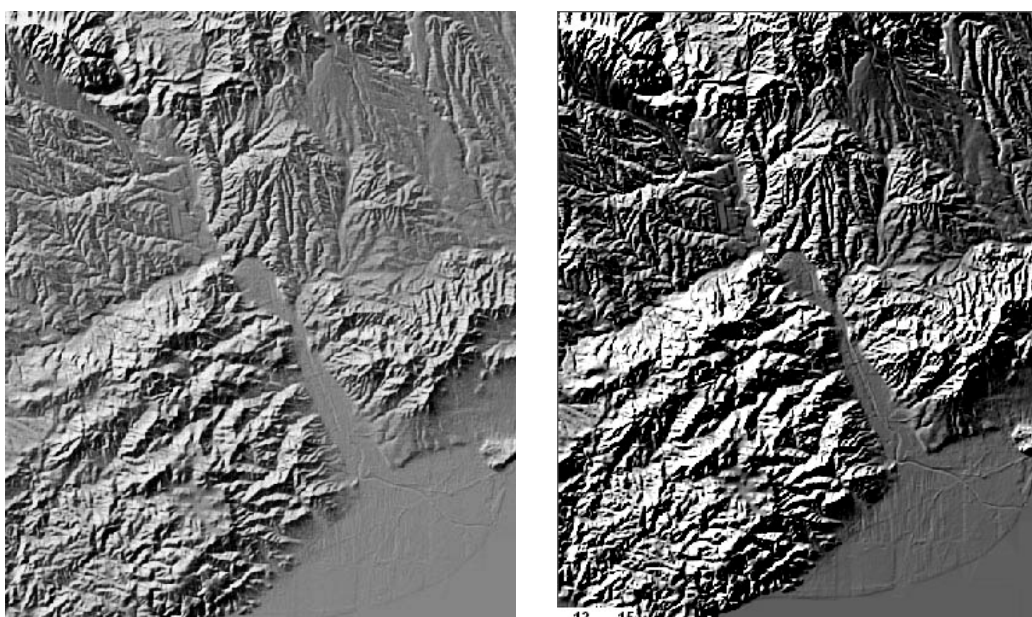


Fig 33 Comparació de dos relleus amb diferents contrastos i brillantor.

Una altra de les funcionalitats del Geomedia GRID és poder obtenir perfils del terreny. En la figura 34 es presenten tres perfils de tres talls del riu en diferents alçades del seu recorregut. Aquests talls es veuen clarament a la figura 33: el primer correspon al pas del riu pel pont del Diable, a Martorell; el segon correspon al pas estret del riu que hi ha entre Pallejà i St. Andreu de la Barca; i el tercer correspon a l'antiga desembocadura del riu, entre St. Boi de Llobregat i Cornellà de Llobregat.

Cal tenir en compte, a l'hora de comparar els perfils, que les alçades són diferents en els tres casos, i que a mesura que ens apropem a la desembocadura del riu va baixant la seva alçada.

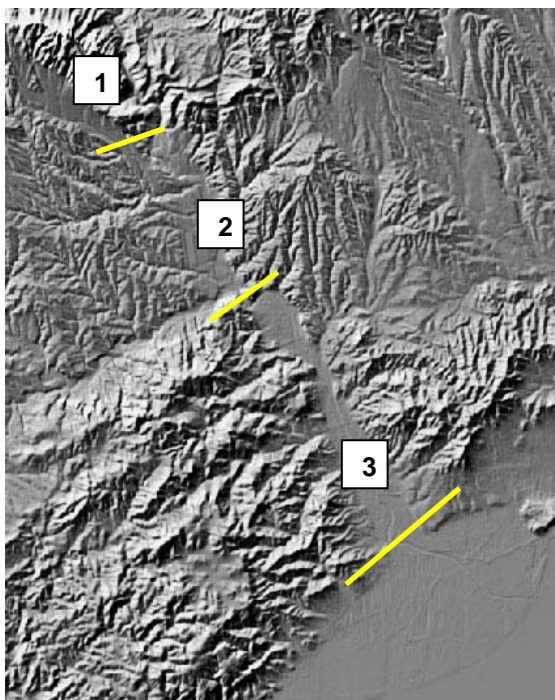


Fig. 34 Els tres talls del terreny d'on s'obtenen els perfils

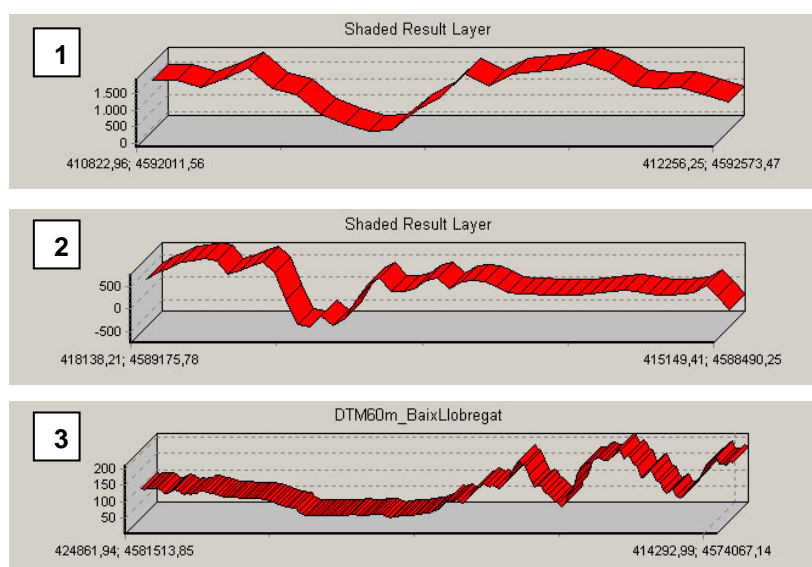


Fig. 35 Els tres perfils de la conca del riu Llobregat

### 6.3.4 Càlcul de les conques de drenatge

El Geomedia Grid és una potent eina que permet fer molts càlculs diferents sobre qualsevol model digital terrestre. Un d'aquests càlculs és el de la mesura de les conques d'un riu, és a dir, la mesura de la superfície dels vessants inclinats cap a un mateix curs d'aigua. Aquesta mesura és molt important a l'hora de predir possibles pujades del nivell del riu. Coneixent la pluviometria de la zona, i situant-se en el cas de màxima pluja, pot calcular-se quanta aigua portarà i fins on pot pujar el nivell del riu en poca estona. D'aquesta manera es pot preveure la possible inundació d'una zona propera al riu.

En aquest apartat es farà justament el càlcul de les conques del riu Llobregat en el tram que s'està estudiant: des de Martorell fins a la seva desembocadura. Aquest procés es fa per parts, en cadascuna de les quals el Geomedia Grid crea una nova capa fins que s'arriba a la capa de les conques del riu [15].

Partint d'un MDT original, en el nostre cas del Baix Llobregat, aquestes són les diferents capes que es creen en el procés de càlcul de les conques :

#### a) Capa *Fill Depression* (Omplir la Depressió)

En tot MDT hi ha cel·les que es troben a una alçada teòrica per sota de la superfície de la capa, són depressions anòmales. En aquest cas, el Geomedia Grid omple aquestes depressions fins que tenen el nivell de la superfície de la capa. Evidentment la diferència entre el MDT original i la capa *Fill Depression* ha de ser petita o molt petita, en cas contrari vol dir que hi havia moltes anomalies al MDT original.

El Geomedia Grid permet operar entre diferents capes, i en aquest cas es pot restar la capa *Fill Depression* de la capa original per veure la quantitat d'anomalies que contenia el MDT original, tal com es veu a la figura 35. (les anomalies es veuen com a puntets blancs).

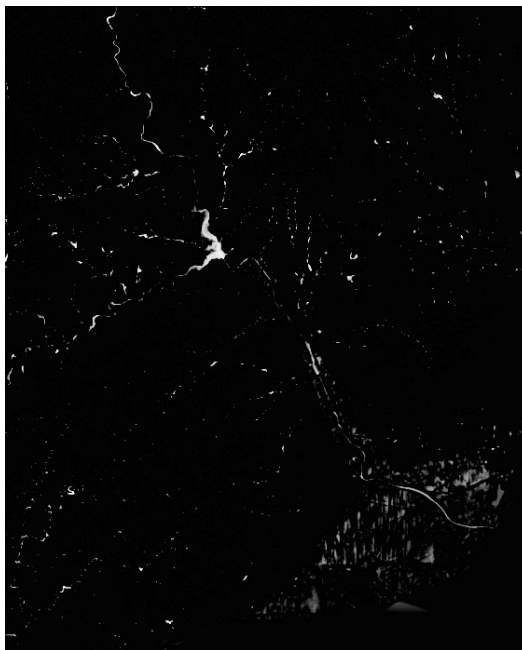


Fig. 36 Anomalies del MDT original

b) Capa *Downhill* (turó avall)

El següent pas és crear la capa *downhill*. En aquesta capa el valor de cada cel·la representa la direcció amb major pendent del terreny, és a dir proporciona la direcció que seguirà l'aigua muntanya avall.

Cada cel·la només pot tenir un d'aquests 9 valors, segons la direcció del pendent del terreny:

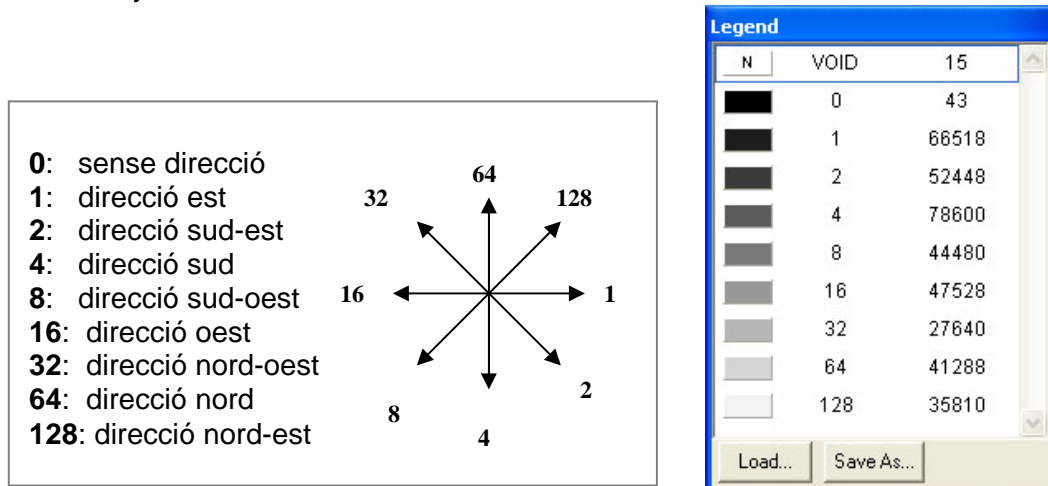


Fig. 37 Valors que poden tenir les cel·les de la capa *Downhill*

Si es representa aquesta capa s'obté una imatge com la de la figura 37, on cada direcció està representada per un valor de gris. També es pot canviar el color de cada direcció per ressaltar-ne alguna en concret, com s'ha fet a la figura 38.

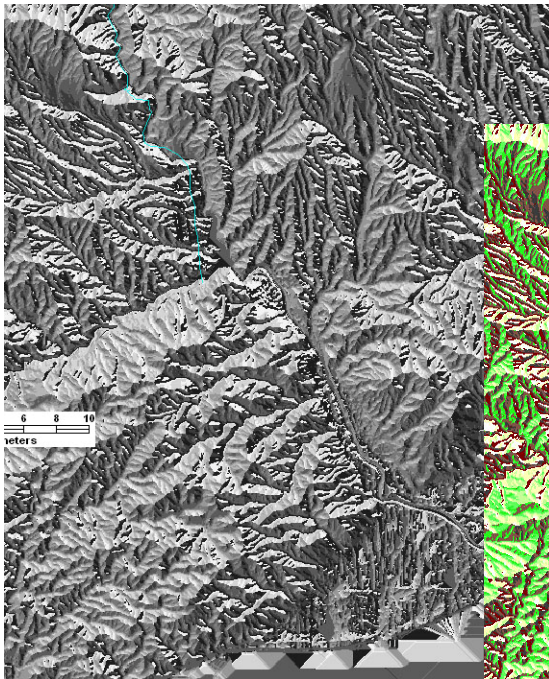


Fig. 38 Capa *Downhill* en escala de grisos

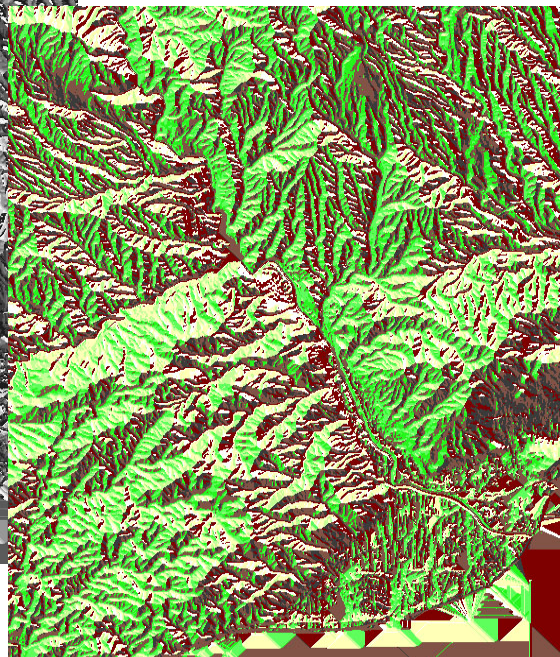


Fig. 39 Capa *Downhill* acolorida

c) Capa Flow Accumulation (Acumulacion de corrent)

A partir de la capa *Downhill* es crea aquesta nova: la capa *Flow Accumulation* o d'acumulació de corrent. En ella, a cada cel·la se li assigna un valor, un nombre sencer. El valor assignat a una cel·la determinada representa la quantitat de cel·les a partir de les quals l'aigua, pendent avall, anirà a parar a aquesta cel·la. És a dir, es tracta de trobar les cel·les on s'hi acumularan els corrents d'aigua i que finalment seran els rius, les rieres i els seus afluents.

El resultat final són unes quantes cel·les amb valors molt alts, que seran per allà on passaran els rius, les rieres i els seus afluents, i la major part de cel·les amb valors molt baixos, perquè no s'hi acumularà aigua, l'aigua només les atravesarà terreny avall.

El resultat és el que es pot veure a la figura 39: poques cel·les amb valors molt alts, de colors clars, i moltes cel·les amb valors molt baixos, de color negre.



Fig. 40 Capa *Flow Accumulation*

A la figura 39 es pot apreciar el tram final del riu Llobregat, amb tot d'afluents i subafluents que van a parar al corrent principal. També es veuen altres corrents d'aigua, probablement rieres seques que transporten aigua només quan plou.

d) *Capa Stream Segments* (Segments de riera)

A partir de la capa *Flow Accumulation* es realitzen dues operacions. La primera és delimitar el riu, dir-li al Geomedia Grid fins on es considera que arriba el riu i els afluents principals. Això s'aconsegueix fent un truncament dels valors enters de les cel·les de la capa *Flow Accumulation*. I la segona operació és dividir el riu en segments diferents. Aquests segments venen determinats per diferents punts: el punt de naixement del corrent principal, els punts on s'ajunten els afluents del riu, i finalment el punt final del riu, la seva desembocadura al mar ( o a un riu encara més important). El resultat final es col·loca en una nova capa: la capa *Stream Segments* o segments de riera.

En el nostre cas, s'han obtingut 5 segments principals del riu Llobregat, tal com es pot veure a la figura 40. Cada segment està representat per un color diferent.

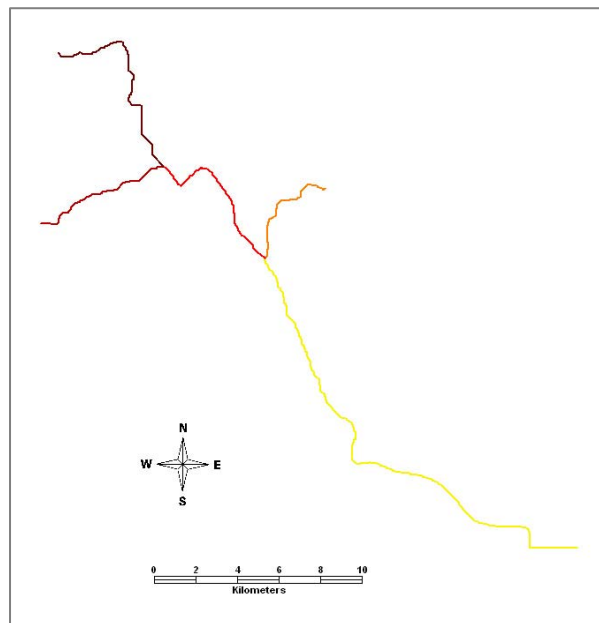


Fig. 41 *Capa Stream Segments*

e) *Capa Watersheds* (conques)

Finalment s'arriba a la capa de les conques del riu. En aquest cas per a cada segment de riu de la capa *Stream Segments*, s'obté tot el terreny del seu voltant que acabarà transportant l'aigua fins a aquest segment de riu. És a dir, s'obtenen les conques d'aquests fragments de riu.

Aquestes conques poden ser més o menys extenses depenent de l'horografia del terreny. En el cas del nostre estudi del Baix Llobregat, s'han obtingut cinc conques diferents que han estat acolorides perquè es diferenciïn fàcilment, tal com es pot apreciar a la figura 41.



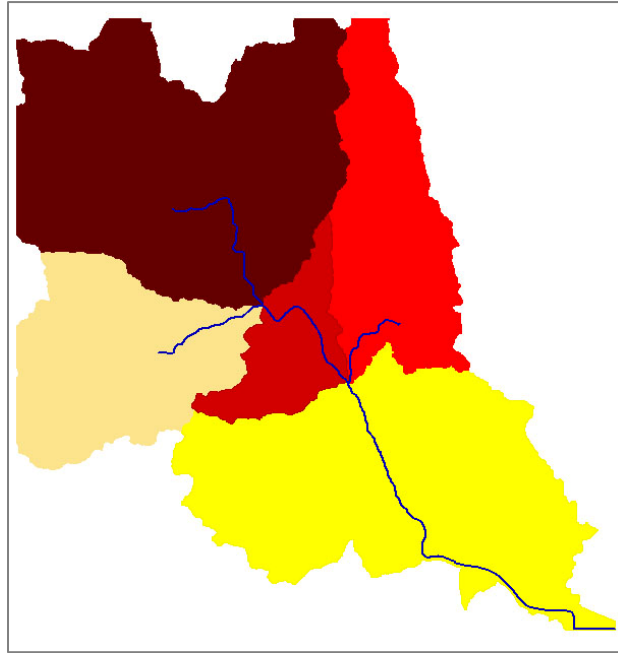
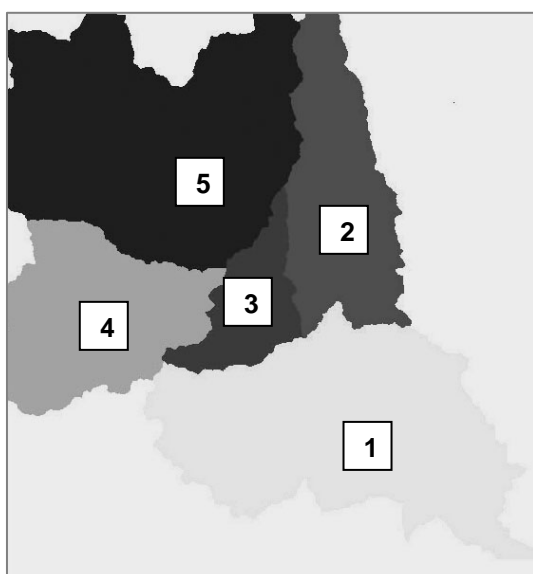


Fig. 42 Capa de les conques

Aquesta capa de les conques que està en forma de malla, pot vectoritzar-se tot creant-se una nova classe d'entitat, de tipus àrea, del Geomedia. Així aquestes àrees poden estudiar-se amb les eines pròpies del Geomedia.

Un dels anàlisi que es pot fer és el càlcul de l'àrea de cada conca, dada bàsica per conèixer la possible pujada del riu en cas de pluges importants a la zona. En el cas d'aquest projecte s'ha calculat l'àrea de cada conca del riu i els resultats obtinguts són els següents:



#### Àrees de les conques:

<b>Conca 1:</b>	233 Km <sup>2</sup>
<b>Conca 2:</b>	102 Km <sup>2</sup>
<b>Conca 3:</b>	43 Km <sup>2</sup>
<b>Conca 4:</b>	112 Km <sup>2</sup>
<b>Conca 5:</b>	220 Km <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>710 Km<sup>2</sup></b>

Fig. 43 Càlcul de les àrees de les conques del Baix Llobregat

### 6.3.5 Generació de vistes 3D

El Geomedia Grid també permet generar vistes en tres dimensions de les capes de malla i de la imatge que s'hi posi a sobre. Amb aquestes imatges es té una idea molt més realista del terreny, que pot ser observat des de qualsevol punt de vista, tant des del propi terra com des d'una alçada determinada, segons el que interressi més destacar.

Durant la realització d'aquest apartat del treball s'ha fet palès que hi havia alguna incompatibilitat entre el geomedia grid i el nostre ordinador ja que no hi havia manera d'obtenir les vistes 3D. Estem convençuts que es tracta d'un problema de l'ordinador perquè no és la primera vegada que tenim problemes amb algun programa.

Després de fer moltes proves (desinstal·lar l'antivirus, desinstal·lar i tornar a instal·lar el geomedia grid etc.) no hem aconseguit obtenir les vistes 3D amb el grid. És per aquesta raó que hem fet les vistes en tres dimensions amb un altre programa, concretament el 3DStudio. Som conscients que no és el mateix però és el més aproximat al resultat que volíem obtenir que hem aconseguit.

Aquestes són dues de les imatges obtingudes:

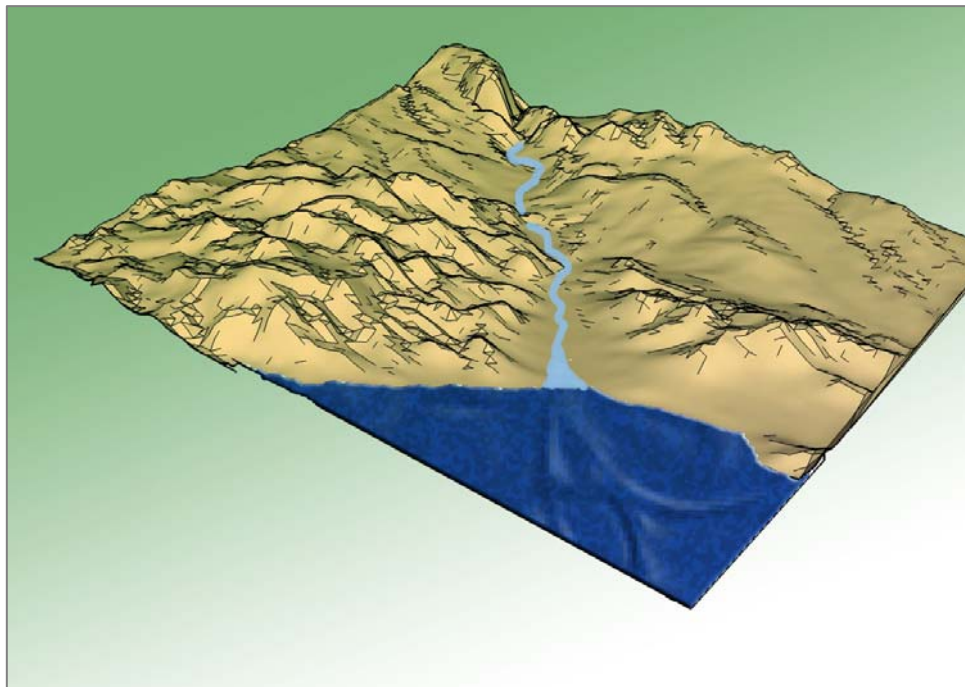


Fig. 44 Vista en 3D del Baix Llobregat en temps dels romans des del mar

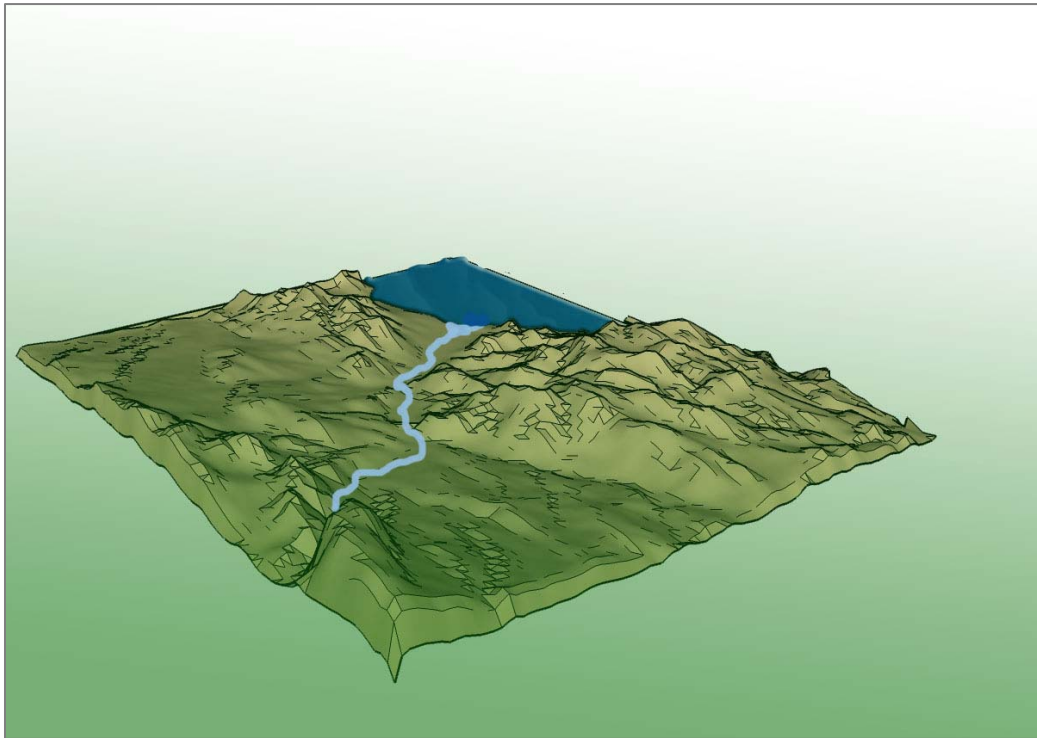


Fig. 45 Vista del Baix Llobregat en temps dels romans des de l'interior.

## **6.4 Conclusions i línies futures de treball**

En aquest apartat es fa una autoavaluació del pla de treball realitzat a l'inici del projecte (Capítol 2), s'obtenen algunes conclusions d'aquest treball i s'apunten algunes futures línies de treball.

### **Autoavaluació del Pla de treball**

Respecte al pla de treball d'aquest projecte s'ha seguit més o menys amb la temporalització prevista i s'han pogut fer les entregues en el temps corresponent. El que no ha seguit gaire el guió marcat han estat les hores empleades per a cada apartat del projecte. En realitat les hores empleades han estat moltes més que les planificades perquè han sorgit varis inconvenients durant la realització del mateix. Per exemple ha costat molt la instal·lació de tot el programari (geomedia, grid i terrain) i, com ja s'ha comentat, hi ha hagut problemes amb la generació d'imatges 3D des del grid. Tampoc s'ha acomplert el nombre previst de planes dedicades a cada apartat del projecte, sobretot per ignorància. Aquest nombre de pàgines s'ha anat equilibrant a mesura que avançava el propi projecte.

## **Conclusions del treball**

Els sistemes d'informació geogràfica han esdevingut eines molt potents per a camps d'estudi cada vegada més diversos. Històricament van començar amb aplicacions bàsicament geogràfiques però s'han anat extenent. En aquest projecte s'ha demostrat la potència d'aquestes eines informàtiques en un camp una mica allunyat dels camps d'aplicació més immediats: l'arqueologia. Això no hauria de semblar estrany perquè evidentment l'arqueologia, o la història en general, té una relació molt estreta amb el territori, tot esdeveniment té lloc en un indret determinat. Història i geografia estan íntimament lligades.

Aquestes afirmacions més o menys teòriques s'han posat realment en evidència en aquest projecte quan s'han analitzat les dades històriques d'un territori. Així per exemple, l'anàlisi de la situació dels jaciments arqueològics de l'època ibèrica i romana del Baix Llobregat ha servit per entendre com era la conca i la desembocadura d'aquest riu en aquella època. S'ha vist d'una forma molt clara que la línia de jaciments marcava amb total claredat la línia de la costa d'ara fa dos mil anys. Tal com dèiem, la història va íntimament lligada a la geografia del territori.

Per tant la principal conclusió a la que s'arriba després de realitzar aquest treball és l'enorme paper que els sistemes d'informació geogràfica poden jugar, i jugaran en un futur molt proper, en els estudis històrics.

## **Línies futures de treball**

Respecte al projecte que aquí s'ha presentat, poden haver-hi varies línies futures de treball. La principal pot ser l'estudi del cabal extrem del riu en l'època romana: es poden fer simulacions d'inundacions amb el propi GIS, tenint en compte la situació dels jaciments més propers al riu. Així es pot veure fins on podia arribar l'aigua, relacionar-ho amb la pluviometria de l'època i comparar-ho amb les inundacions del segle XX d'aquella mateixa zona, per exemple. Actualment es creu que al voltant de l'any 0 va haver-hi una època freda, en què la temperatura mitjana era més baixa que l'actual [16]. Aquesta mena d'estudis podrien corroborar o desmentir aquestes afirmacions.

Finalment volia deixar palès que m'ha semblat un treball final de carrera molt interessant, amb el que he disfrutat molt. He descobert una eina impressionant per a l'estudi de molts camps lligats al territori, i crec que he après molt en aquests pocs mesos que ha durat el treball.

## Capítol 7

### Glossari

El significat de la major part d'aquestes paraules s'ha obtingut del Diccionari de la Llengua Catalana de l'Institut d'Estudis Catalans [3].

**Ad Fines:** Nom de la població de Martorell tal com l'anomenaven els romans.

**Bàrcino:** Nom de la població de Barcelona tal com l'anomenaven els romans.

**Cabal:** Quantitat de fluid que, per unitat de temps, travessa una secció del conducte pel qual circula.

**CAD:** Sigles en anglès de *Computer Aided Design*, programari utilitzat per a disseny gràfic.

**Cartografia:** Art de traçar mapes o cartes geogràfiques.

**Conca hidrogràfica:** Conjunt de vessants inclinats cap a un mateix curs d'aigua.

**Datum:** Punt de referència en el terreny que serveix com a origen de coordenades d'un sistema geogràfic.

**Dertosa:** Nom de la població de Tortosa tal com l'anomenaven els romans.

**Emporiae:** Nom de la població d'Empúries tal com l'anomenaven els romans.

**El·lipse:** Corba plana closa que resulta de tallar la superfície d'un con de revolució per un pla que no és paral·lel a cap de les generatrius, els punts de la qual corba posseeixen tots la propietat que la suma de llurs distàncies a dos punts fixos o focus és constant.

**El·lipsoide:** Superfície totes les seccions planes de la qual són el·lipses.

**Esfera:** Cos o espai limitat per una superfície tots els punts de la qual equidisten d'un punt interior anomenat centre.

**Fus terrestre:** Porció de la superfície terrestre compresa entre dos semicercles màxims.

**Geodèsia:** branca de la geofísica que estudia la forma i les dimensions de la superfície terrestre.

**Geofísica:** Ciència que, aplicant els mètodes de la física, estudia la totalitat de la Terra, incloent-hi l'atmosfera.

**Geoide:** Superfície teòrica equipotencial de la Terra en tots els punts de la qual la direcció de la gravetat és vertical.

**Geomedia:** Programa específic per a la creació de SIGs de la companyia *Intergraph*.

**GIS:** Sigles en anglès de *Geographic Information System* (veure SIG).

**Hidrologia:** Ciència que tracta de les aigües.

**Hiperlink:** anglicisme de la paraula hiperenllaç, enllaç a la xarxa d'internet.

**Hispania:** Nom de la regió de l'Imperi Romà que comprenia, més o menys, la península ibèrica. D'aquí va derivar l'actual nom d'Espanya.

**ICC:** Sigles de l'Institut Català de Cartografia.

**Jaciment:** Lloc on es troba un mineral, un fòssil, restes arqueològiques.

**Maquinari:** Conjunt d'elements físics d'un sistema informàtic, que generalment es compon d'una unitat central i de perifèrics.

**MDT:** Sigles de Model Digital del Terreny.

**Ortofotomapa:** Imatge fotogràfica del terreny amb el mateix valor cartogràfic que un plànol, que ha estat sotmesa a un procés de rectificació diferencial que fa possible realitzar la posada en escala y anivellació de las unitats geomètriques que el componen.

**Programari:** Conjunt sistemàtic de programes d'explotació i dels programes informàtics que serveixen per a aplicacions determinades.

**Projecció:** Procediment matemàtic per a representar una regió de la superfície de la Terra sobre un pla.

**Projecció ortogràfica:** Projecció en la qual la font de llum es troba a l'infinit i els raigs de llum són paral·lels entre si.

**Projecció estereogràfica:** Projecció en la qual la font de llum es troba en el punt de la Terra diametralment oposat al del punt de tangència.

**Projecció gnomònica:** Projecció en la qual la font de llum es troba al centre de la Terra.

**Projecció equidistant:** Projecció que conserva la distància entre dos punts donats.

**Projecció equivalent:** Projecció que conserva correctament les àrees originals.

**Projecció conforme:** Projecció que conserva correctament els angles i no distorsiona les formes originals.

**Rubricatum:** Nom del riu Llobregat tal com l'anomenaven els romans en llatí.

**SIG:** Sigles de Sistema d'Informació Geogràfica. Conjunt compostat de maquinari, programari procediments per a capturar, gestionar, manipular, analitzar i representar dades georeferenciades, amb l'objectiu de resoldre problemes de gestió i planificació.

**Tàrraco:** Nom de la població de Tarragona tal com l'anomenaven els romans.

**Topografia:** Tècnica de determinar la configuració de la superfície d'un terreny i representar-lo gràficament.

**Topologia:** 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.

**Topònim:** Nom propi de lloc.

**UTM:** Sigles angleses de *Universal Transversal Mercator*, un tipus de projecció cartogràfica.

## Capítol 8

### Referències

- [1] Secció catalana de l'Associació espanyola de Sistemes d'Informació Geogràfica.  
<http://www.aesig.org/>
- [2] Qué son los Sistemas de Información Geográfica. Tipos de SIG y modelos de datos. Un artículo introductorio para entender las bases de los SIG.  
<http://www.gabrielortiz.com>
- [3] Diccionari de la Llengua Catalana. Institut d'Estudis Catalans, 1995.
- [4] Apuntes de Astronomía (tomo I). Orús Navarro i Català Poch. Universitat de Barcelona, 1986
- [5] NACC. La forma general de la Terra.  
<http://nacc.upc.es/tierra/node10.html>
- [6] Masó, Pons i Pesquer. Criteris geodèsics en els canvis de sistemes de referència en un entorn SIG.  
<http://www.creaf.uab.es/MiraMon/publicat/papers/sitges00/calcggeo.htm>
- [7] Aprendiendo Geomedia Profesional versión 6. Manual que es reparteix juntament amb el programa Geomedia Profesional 6.0.
- [8] Museu d'Història de Catalunya.  
<http://www.mhcat.net/>
- [9] Arnau Cònsul, article de la Revista Sàpiens, num. 9, juliol 2003.
- [10] Inventari del Patrimoni Arqueològic de Catalunya  
<http://cultura.gencat.net/invarque/index.asp>
- [11] Institut Cartogràfic de Catalunya  
<http://icc.cat>
- [12] Josep Maria Solias. Rubricatum, roma al baix Llobregat. Edició de l'Ajuntament de Sant Boi de Llobregat, 2003.
- [13] Pere Izquierdo i Josep Maria Solias. Two bronze helmets of Etruscan typology coming from a Roman wreck found at the Les Sorres anchorage (Gavà-Viladecans, Catalonia)  
<http://www.sapiens.ya.com/madoz10/ljnaue.htm>
- [14] Learning to use Geomedia Grid. Introductory tutorial. Intergraph.
- [15] Learning to use Geomedia Grid Mini-Tutorial: DEM to Watershed. Intergraph.
- [16] Antón Uriarte. Historia del clima de la Tierra. Publicaciones del gobierno vasco, 2003.