

Tesi doctoral presentada per En/Na

**Elisabet ROSA TRÍAS**

amb el títol

**"Conceptes, tècniques i problemes de la  
generalització cartogràfica"**

per a l'obtenció del títol de Doctor/a en

GEOGRAFIA

Barcelona, 25 de febrer del 2000.

Facultat de Geografia i Història  
Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional



UNIVERSITAT DE BARCELONA



# 1. Introducció

*Like a thesis, a map originates in its creator's mind*  
(Hudson 1992:281)

Els Sistemes d'Informació Geogràfica han passat de ser una eina al servei de la recerca a ser ells mateixos motiu de recerca (Wright 1991:346). És aquí on s'emmarca aquest treball, que pretén aprofundir d'una manera explícita en les relacions entre la cartografia i els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG).

El paper que ha tingut la cartografia en l'establiment dels Sistemes d'Informació Geogràfica ha estat efectivament decisiu. L'estreta relació existent ha portat, a causa de la inclusió del qualificatiu "geogràfic" en els Sistemes d'Informació, a fonamentar la pretensió que els Sistemes d'Informació Geogràfica eren hereus directes de la cartografia i, per tant, que els cartògrafs n'havien de ser els responsables inqüestionables. Però l'entrada massiva de dades espacials, amb resolucions difícils d'identificar en la tradició geogràfica i la diversitat d'usuaris procedents de camps allunyats de la geografia, amb tradició de tractament i anàlisi de la informació, però amb un gran desconeixement del llenguatge de representació cartogràfica o del tractament de les dades espacials, ha convertit els SIG en els seus inicis en un "melting pot".

D'una banda els Sistemes d'Informació Geogràfica han de poder comptar amb el cos teòric procedent de la cartografia, ja molt desenvolupat abans de la incorporació de la cartografia a l'entorn digital, per a la representació de la informació. S'ha de dir, però, que la inèrcia inicial i la voluntat d'imitar la tradició manual, davant de la dificultat del canvi en el nou entorn digital, han estat un impediment a l'hora de trobar solucions alternatives; en canvi, el processament de dades procedents de fonts no convencionals sense tradició de tractament, com és ara la teledetecció, ha fet aparèixer solucions creatives i específicament adequades a la seva finalitat en aquest nou entorn.

D'altra banda, el subministrament de grans volums de dades procedents dels sensors remots, fa necessari de poder comptar amb un processament amb tan poca assistència de persones com es pugui. Aquestes dades integren, conjuntament amb les

dades procedents de la conversió a formats digitals de la cartografia existent i d'altres dades no espacials, el contingut dels SIG. La creació de bases de dades és en l'actualitat un dels camps on s'esmercen més esforços, i una gran part dels antics organismes de cartografia nacionals són ara subministradors de dades digitals. Això es deu al fet que l'acumulació de dades aïllades, o sigui una base de dades sense informació associada sobre la seva qualitat i possibilitats de processament ha passat a tenir un valor nul. Però l'alt preu de les base de dades fa que una gran part de la població no hi pugui accedir i fa doncs difícil la derivació de bases de dades secundàries d'una base de dades única a gran escala (Beard 1987). Però això és de moment utòpic per motius diversos; (Buttenfield 1995:93), per la falta de coneixements i d'eines adequades, que impedeixen derivar representacions a escales diferents a partir d'una base de dades única a l'escala més gran. El procés de generalització apareix com el procés clau en la gestió de la informació.

La generalització, en el seu sentit epistemològic, tendeix a establir la universalitat d'una afirmació (Hawkins, 1983, citat per Muller 1991). El concepte de generalització admet, doncs, una definició més àmplia que no la definició restrictiva utilitzada habitualment. Un punt que esdevé crucial i nou a la vegada és el reconeixement del fet que la generalització no és una necessitat de la informació sinó de la gestió que se'n fa per mitjà del coneixement geogràfic.

Tal com assenyalen Lagrange i Ruas (Lagrange and Ruas 1994), la generalització és l'eina fonamental per a la gestió de la informació: permet integrar dades de diferent naturalesa per derivar-ne informació espacial a partir d'una base de dades. La generalització amplia el seu camp d'acció, i inclou tant l'anomenada generalització estadística (*model generalization*) com la generalització cartogràfica (*cartographic generalization*). La primera té com a objectiu arribar a elaborar visualitzacions de les dades de comprovació i d'interès per a l'analista, mentre que la segona pretén estructurar la informació partint d'un llenguatge cartogràfic que ha de permetre, a través de la simbolització del mapa, l'anàlisi per part de l'usuari final; aquesta diferència es pot sintetitzar en el contrast existent entre base de dades i mapa (Lagrange and Ruas 1994:1099).

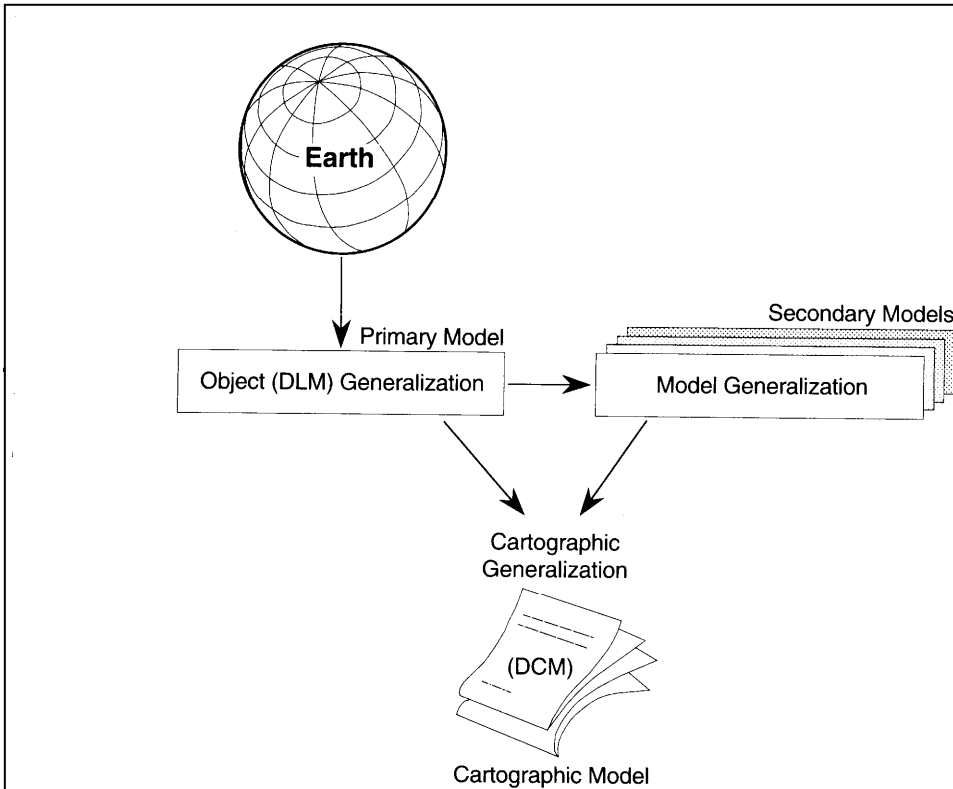
## 1.1. Model digital del territori (DLM) i Model digital cartogràfic (DKM)

La finalitat del procés cartogràfic ja no és només la representació de la realitat a través del mapa, sinó la visualització i la representació de les dades. Dit d'una altra manera, cal diferenciar entre visualització analítica i representació cartogràfica. Per visualització analítica s'entén el procés de tractament de les dades originals, és a dir, la fase de visualització en el procés de tractament de la informació, mentre que la representació de les dades a través del llenguatge cartogràfic de comunicació constitueix la fase final del procés.

Val a dir que aquesta diferenciació entre les dues parts del procés d'elaboració del mapa, tan utilitzada en l'actualitat, va ser introduïda per primera vegada per l'escola cartogràfica alemanya:

"Els mapes són models secundaris gràfics de la realitat, basats en el concepte d'espai. L'usuari construeix a partir d'ells un model terciari del seu entorn" (Hake 1976:243)

A partir d'aquesta aportació original, Brassel i Weibel defineixen el procés de generalització, dins el procés cartogràfic, distingint entre el model de les dades (DLM) i el model cartogràfic (o model digital cartogràfic) (DCM), relatius a les fases de visualització i representació, respectivament (Brassel and Weibel 1988: ). És precisament a partir d'aquesta diferenciació que podem parlar de generalització com d'un procés que conté l'acció més general d'abstracció i de selecció de la realitat, és a dir, una generalització de les dades que no equival a una generalització de la representació cartogràfica, però que té efectes sobre el mapa final .

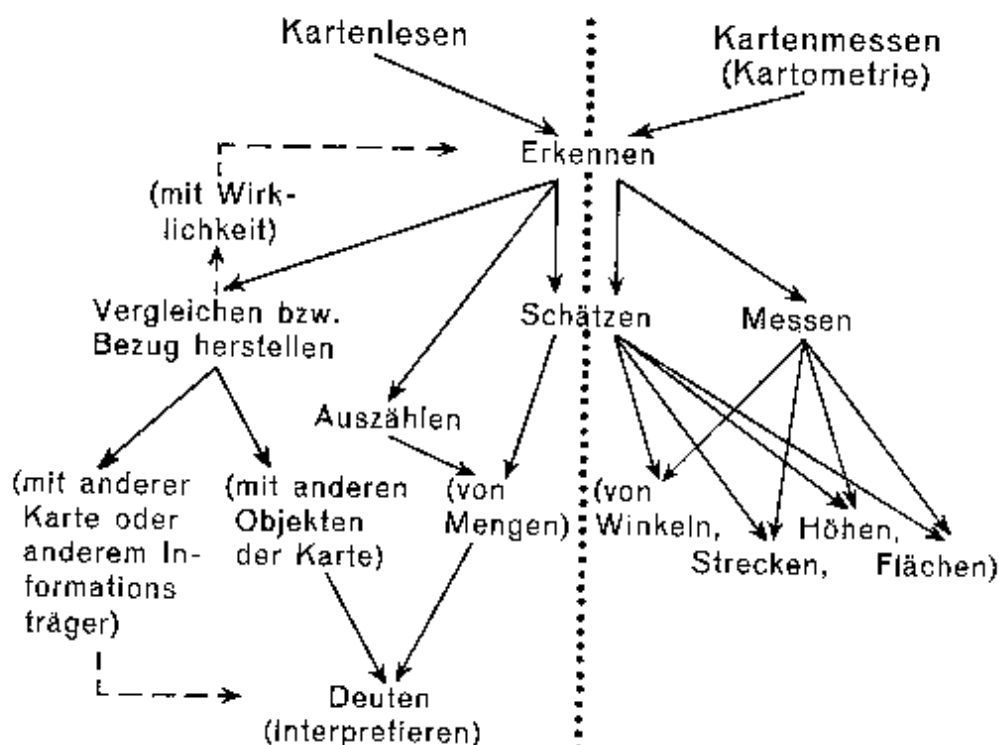


1. *Esquema que mostra la derivació del model de les dades (DLM) i del model cartogràfic (DCM) com a models primari i secundari respectivament, de la realitat (Font: Müller 1991:459)*

Tal com s'assenyala a la conferència de la *International Cartographic Association*, del 1992, el mapa ja no és ara el producte final del procés cartogràfic, sinó un producte qualitativament diferent:

"...the multipurpose maps, descriptive, static and deterministic...now conceptually challenged by new products which are extremely volatile, single purpose and probabilistic."  
(Muller 1989:675)

Un entorn digital possibilita la realització de tots els mapes de comprovació intermedis, cosa que en la cartografia tradicional i a causa de la complexitat de realització tècnica, era absolutament prohibitiva. I com assenyala Muller, anem cada cop més cap a una cartografia més dirigida a contestar a qüestions concretes i, per tant, radicalment oposada a la concepció del mapa-inventari.



*Esquema que mostra les dues principals finalitats cartogràfiques: la lectura i la mesura (Hake 1976:246)*

## 1.2. Preprocessament i precartografia

En l'entorn digital, el procés de manipulació de les dades ha variat; el cartògraf ha d'afrontar el repte d'involucrar-se en la precartografia, és a dir, en el procés previ a la simbolització de la informació (Muller 1989). El cartògraf experimentat ha estat algú que dona forma a les coses (*Umformer*), és a dir, que té una visió aprofundida del seu tema, que proporciona sentit a les formes de la realitat i que té una comprensió de la finalitat del mapa (Imhof 1972:231).<sup>1</sup> En l'escola tradicional cartogràfica, un dels seus grans representants, Imhof, assenyalava que el bon cartògraf havia de moure's necessàriament entre el treball artesà i el coneixement científic del tema. De fet, en la cartografia, el treball artesà i el coneixement científic són difícils de separar i la frontera és sovint molt poc precisa. Imhof cita, per reforçar el seu punt de vista, les paraules del poeta romàntic que remarquen aquesta fusió entre la ciència i l'art:

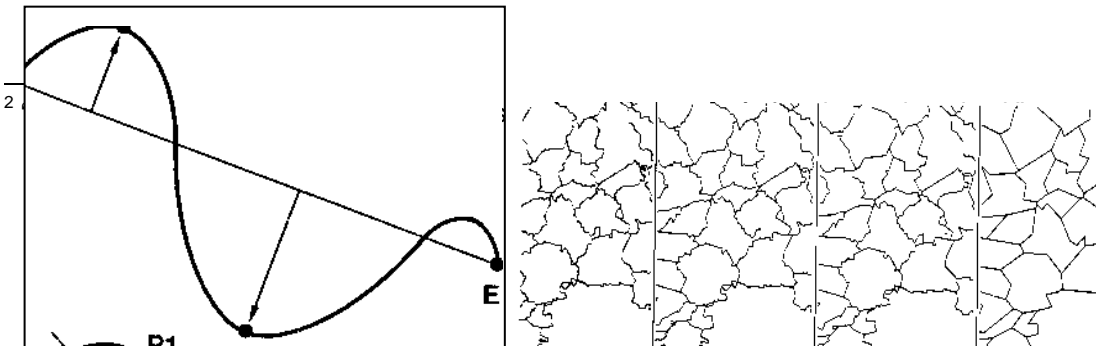
<sup>1</sup> La cita literal en alemany és la següent: *Umformen aber erheischt Einsicht in die Themen, Sinn für die wirkliche Formenwelt und Verständnis für den Zweck der Karte.*

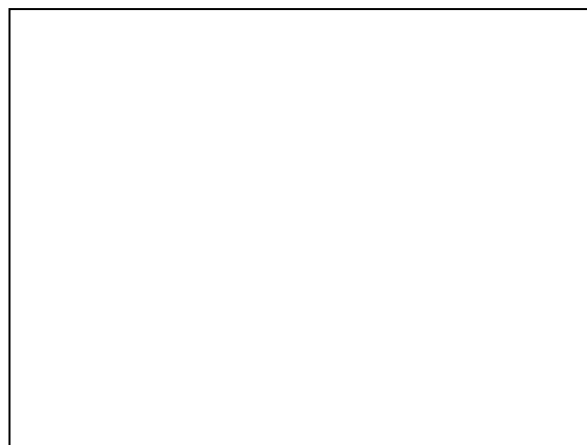
“Nur wer Herr des Stoffes ist und mit seiner Hand das leisten kann, was der Geist will, ist fähig, gut zu generalisieren” (E VonSydow (1866) citat per Imhof 1972:231)<sup>2</sup>

Per poder automatitzar el procés sencer de disseny del mapa, s’han de definir quines són les tasques concretes d’aquest procés. En l’intent de definir criteris del disseny del mapa per veure la possibilitat d’automatitzar-ne el processament de manera que la intervenció humana sigui mínima, s’intenta fragmentar aquest procés en fases més fàcilment abordables. La generalització és reconeguda com un dels punts més conflictius del procés d’elaboració del mapa, tant pel que fa a les necessitats a què pretén respondre com pel que fa a les operacions que ha de realitzar i a l’ordre de seqüenciació d’aquestes operacions. El cartògraf no segueix una seqüència única, sinó que va alternant les tasques i els objectius en funció de les necessitats a mesura que va treballant, i és evident que això és difícil d’explicitar i de formalitzar.

Hi ha controvèrsia en el reconeixement de l’abast que han de tenir les tasques que es consideren de generalització. Un exemple d’això és la inclusió de la selecció de la informació com a fase del procés de generalització: i ha estat objecte d’una gran controvèrsia, que, a més, introdueix l’espinos tema de la subjectivitat del cartògraf. L’escola europea, més basada en l’estudi dels processos de comunicació, influenciada per la semiologia, ha tendit a incloure el procés de selecció com a part del procés més ampli de generalització. Per contra, l’escola americana, més pròxima al positivisme, ha tendit a considerar la selecció com a part del procés de coneixement, i per tant, com un procés més fàcilment objectivable.

Potser per aquest motiu, els processos més senzills de realitzar, com és ara la simplificació de les formes geomètriques, han pogut ser formalitzats mitjançant l’aplicació d’algoritmes de simplificació com el de Douglas-Peucker;<sup>3</sup> les tasques més abstractes i més pròximes a la manera de funcionar del nostre cervell, com és el cas de la selecció de la informació del món real són, en canvi, molt més difícils d’explicitar.





*Principis de l'algoritme de Douglas-Peucker i una aplicació en els contorns administratius (Font: [Brassel, 1990 #282]:42)*

El marc tècnic i conceptual de treball en què es desenvolupa actualment l'elaboració de mapes fa ineludible una reestructuració del procés i, alhora, un intent d'automatitzar-lo. És en aquest intent on s'ha fet palesa la dificultat de seqüenciar i formalitzar el "saber" corresponent a les tasques de generalització.

"The knowledge pieces that cannot be verbally expressed remain unformalized. For instance, the expert knowledge which controls information flows of generalization system can hardly be traced back (...) The bottleneck during the development of a knowledge based generalization system has been the acquisition and formalization of incomplete and fuzzy knowledge"[Meng and Grünreich, 1993 #466]

Un problema que està estretament lligat al de la generalització és el de l'escala. En la cartografia tradicional, les representacions cartogràfiques eren determinades per l'escala, mentre que en la cartografia automatitzada, l'escala es converteix en una opció que requereix, tanmateix, disposar d'eines adequades per a la conversió de la informació, a partir de les dades originals.

En el moment de modelització de les dades, és a dir, de la selecció d'aquelles dades necessàries per a l'anàlisi, es fa manifesta la necessitat d'ampliar el procés de generalització amb el preprocessament de la informació (Müller et al. 1995a).



La naturalesa de les dades fa que, de bon principi, sigui necessari que es tractin d'una manera o d'una altra, però aquest tractament de les dades és per força diferent si el considerem en el model de les dades espacials o en el model cartogràfic:

“It is perhaps interesting to note that, so far, most of the research carried out in the model generalization has focused on discrete data, such as objects included in cadastral or topographical maps. However, besides discrete objects which can be clearly delineated and discerned, geographic databases also include digital representation of phenomena that can vary continuously over space/time. Model generalization should therefore also include methods to deal with those kind of data” (Weibel 1995:57).

Naturalment, la generalització fa que alguns creguin que conté un elevat component subjectiu. Efectivament, la subjectivitat en la generalització ha estat un tema moltes vegades assenyalat, sobretot quan aquests processos de generalització han estat duts a terme per persones que no eren cartògrafs, sense gaire coneixement del llenguatge cartogràfic.

“In geographical circles, people usually think of generalization as a part of cartographic compilation whose purpose is to resolve legibility problems (...) Generalization may be viewed as an interpretation process which leads to a higher level view of some phenomena-looking at a smaller scale” (Müller et al. 1995b:5)

Imhof contrasta eficaçment el concepte de subjectivitat amb el de “subjectivitat col·lectiva”, és a dir, el que respon a un cos teòric acceptat en un moment donat per una comunitat científica:<sup>4</sup>

“Begriffliches und graphisches Generalisieren sind auch selten frei von einer gewissen Subjektivität. In grossen Staatskartenwerken, deren Inhalte und Formen sich im Laufe vieler Jahrzehnte entwickelt und zurechtgeschliffen haben, wirkte weniger die Subjektivität, es wirkten die Einflüsse eines einzelnen Bearbeiters, als vielmehr eine *kollektive Subjectivität*, es wirkten die Einflüsse einer Vielheit von Kartenherstellern und Kartenbenützern während längerer Zeiträume. Die Erfahrung zeigt, dass in manchen Fällen und bei guter Instruktion das Subjective kaum störend in Erscheinung tritt. Wenn zwei gute Kartographen unabhängig voneinander einen Dorfgrundriss aus 1:25 000 in 1:100 000 umformen, so sind ihre Ergebnisse oft überraschend ähnlich. Eine begrenzte Subjektivität bewahrt vor Erstarrung. Auch jede sprachliche Form einer Mitteilung ist subjektiv” (Imhof 1972:229).

### 1.3. La generalització en la compilació digital: la precartografia

Una de les diferències essencials entre un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) i un Computer Aided Design (CAD) és que, mentre que el segon està pensat bàsicament per inventariar, el primer permet, a més, analitzar les dades (Burrough 1986). Tanmateix, les capacitats per realitzar anàlisi espacial i modelització dels fenòmens en els sistemes d'informació són encara força restringides.

Precisament, a causa de la necessitat real d'ampliar les capacitats analítiques existents en els Sistemes d'Informació Geogràfica, s'ha de ser força cautelós en el tractament inicial de les dades, especialment pel que fa al mètode seguit per integrar dades d'origen diferent (Chou and Ding 1992:514). Hi ha, però, grans dificultats per adaptar el vell procés a l'entorn digital, derivades, fonamentalment, de l'absència d'aquest tractament inicial de les dades. De fet, es podria dir que l'antic procés de compilació sobre el qual recolzava el treball cartogràfic tradicional no ha estat substituït per una altra proposta en el nou entorn digital; això fa que l'usuari comenci a treballar a mig procés i que, per tant, no el pugui controlar en la seva totalitat..

El mateix procés de compilació ja comporta, ni que sigui implícitament, la tria d'una escala, no només mètrica sinó, sobretot, conceptual i d'anàlisi. Tanmateix, el cartògraf sovint només està pendent de l'escala mètrica, tal com es pot veure en el següent fragment de Robinson als *Elements of Cartography* (1984):

"In cartography the term "compilation" refers to the assembling and "fitting together" of the diversity of geographical data that will be included in a map. The "fitting together" means locating the various data in their proper relative horizontal positions

---

<sup>4</sup> La mateixa idea que, en definitiva, exposava T. S. Kuhn en la seva obra clàssica del 1962 amb el concepte de paradigma.

(planimetry) according to the map projection system and the map scale being used (...) This becomes the guide for the construction of the map either manually by scribing or plotting” (Robinson et al. 1984)<sup>5</sup>

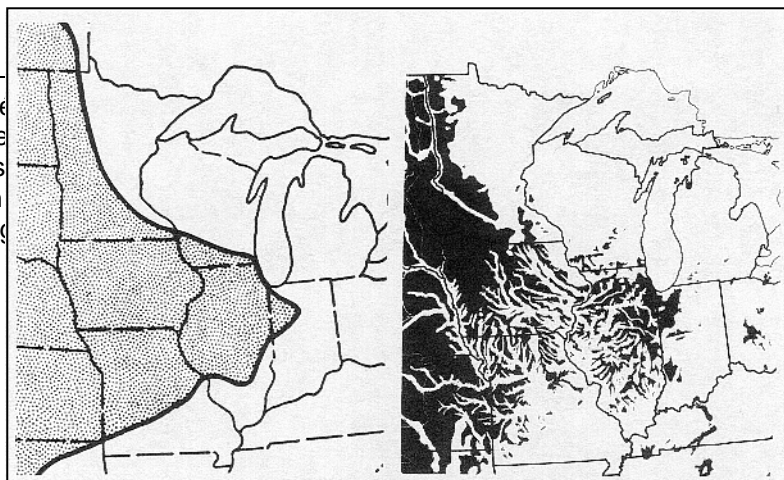
A causa de la manca d’una escala conceptual explícita, en el procés de compilació digital es fa molt difícil saber l’escala apropiada de treball. En l’actualitat, sovint es prefereix digitalitzar un document ja existent (que té, per tant, una escala cartogràfica precisa) abans d’afrontar el problema de l’escala òptima d’anàlisi i codificació d’una base de dades.

“In trying to determine whether digital compilation is a viable option, the compiler must answer a number of specific questions. For instance, is access to existing data bases sufficient, or will digitizing be required? If digitizing will be necessary, what is the best means of carrying it out and what positions must be made for postdigitizing file manipulation in order to clean up, edit, and transform the data to a usable form?(...) In sum, are the reserves at hand to make digital compilation a practical, working means of accomplishing the compilation goals?” (Hudson 1992)

L’escala conceptual triada pot respondre també a l’objectiu que es fixi l’investigador, i dependrà en bona part de la branca disciplinar a què pertanyi i dels objectius del mapa en qüestió:

“Why would two geographers map the same thing at areal scales such that one is more than a one hundred times larger than the other (...) The answer (...) comes from understanding the purposes the maps served when they were constructed (Hudson 1992:292)

Per exemple, la comparació dels dos mapes següents permet comprovar com, amb una mateixa escala mètrica i representant el mateix fenomen (la vegetació), es pot arribar a resultats ben diferents per part d’un climatòleg i un biogeògraf, en funció dels criteris de generalització del mapa que s’estableixen d’acord amb la finalitat de l’estudi.



<sup>5</sup> En cartografía el término se refiere a la representación conjunta de los diversos elementos de un territorio, considerando la ubicación de los diversos elementos (planimetría) según sus características. Esto viene a ser la g

ificación  
nifica  
te. (...)

*(Font:Hudson 1992:292)*

Aquest exemple permet veure com la generalització depèn de l'escala mètrica però també de l'escala conceptual, és a dir, la que ha de ser triada en funció dels objectius perseguits.

“To know how to generalize a map, then is to understand the relationships one is trying to map (...) Random removal of information will not accomplish the task (...) But all of the essential information can be retained -and even enhanced by an appropriate choice of symbols, lines and patterns” (Hudson 1992: 292)

Així, en el pas d'un entorn manual a un de digital es perd l'escala mètrica de representació cartogràfica, però es guanya en possibilitats de triar l'escala conceptual d'anàlisi i, a la fi, també de representació. En aquesta tesi es parteix precisament de la idea que un entorn digital no suposa una mera adaptació dels processos de treball manuals, sinó que implica remetre's a un marc conceptual més ampli. No és a partir de les representacions cartogràfiques existents sinó a partir de les mateixes dades que cal plantejar la generalització cartogràfica i, per tant, el cartògraf ha de treballar en un procés més ampli que consideri també el tractament de les dades (Mark 1989). La generalització es considera un procés “mal estructurat” (és a dir, un procés difícil de definir i de formalitzar); el cartògraf ha d'involucrar-se necessàriament en la precartografia, i no concentrar-se exclusivament en els processos de representació (Muller 1989).

“...a stronger involvement of cartographers in precartography, data quality and resolution, will emancipate cartographical thinking as dictated by a platonic view of a world made of ideal

forms and help design cartographic products **what-you-got-you-cannot-see**" (Muller 1989:675)

El procés de generalització no és, per tant, un procés que serveixi únicament a la representació cartogràfica final, sinó que implica tot una interpretació i modelització de les dades de què es parteix:

"Generalization may be viewed as an interpretation process which arise from modeling at different levels of spatial and semantic resolution. This paradigm is always the first used in any generalization activity, whether spatial or statistical (model-oriented). Second, generalization can be viewed as a serie of transformations in some graphic representation of spatial information, intended to improve data legibility and understanding, and performed with respect to interpretation which defines the end-product." (Weibel 1995:5)

El preprocessament de les dades en la cartografia tradicional s'efectuava de manera no explícita al llarg del procés de compilació, que era sotmès a diverses comprovacions i reajustaments de la informació. La pregunta, ara, és com identificar i integrar aquests mecanismes en el preprocessament i arribar a fer-ne un procés "més intel·ligent". És evident que la generalització requereix un tractament crític de les fonts diverses utilitzades i alhora el manteniment dels avantatges d'un bon coneixement geogràfic i un bon criteri gràfic (Imhof 1972:218).

Si considerem que el tractament del model de les dades i la seva representació cartogràfica són dos processos independents, serà possible crear un nou procés on s'utilitzin les noves tècniques de tractament de les dades i aconseguir d'aquesta manera que les mateixes dades continguin més informació, cosa que en facilitarà el tractament. A més, aquestes noves tècniques ofereixen la possibilitat de visualitzar la informació tractada independentment de les representacions cartogràfiques finals.

El que cal és poder explicitar el procés de realització de les tasques de generalització i aconseguir, si més no, el nivell que ja s'havia aconseguit en alguna escola cartogràfica, com per exemple, la suïssa. Com assenyala el mateix Imhof, dos cartògrafs amb unes instruccions clares haurien d'arribar a aconseguir resultats semblants.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> En les seves pròpies paraules, *Die Erfahrung zeigt, dass in manchen Fällen und bei guter Instruktion das Subjective kaum störend in Erscheinung tritt* (Imhof 1972:229)

## 1.4. Estructura de la tesi

Aquest treball s'ha estructurat en cinc capítols.

El capítol 2 està dedicat a revisar el concepte de generalització, diferenciant entre els seus processos i els seus objectius. S'hi explica com la generalització ha estat concebuda per diferents escoles cartogràfiques tant en l'entorn manual com en el digital.

En el capítol 3 es presenta com el procés cartogràfic digital ha hagut d'afrontar la necessitat d'ampliar el procés tradicional de treball i compartir-lo amb d'altres disciplines. El coneixement del preprocessament de les dades de naturalesa espacial esdevé especialment estratègic per triar i canviar d'escala, i la generalització apareix, en aquest sentit, com una de les feines més urgents a automatitzar. A partir d'una base de dades única, els processos de generalització automatitzats haurien de permetre la derivació de noves dades. S'intentarà de respondre a preguntes com ¿en què consisteix exactament la precartografia en el procés de generalització? o ¿com es pot fer la integració de dades diverses en funció de la seva escala? En el capítol 4 es situa la integració del preprocessament de les dades en l'establiment d'un sistema d'informació geogràfica i s'hi tracta de la dificultat de trobar una escala d'anàlisi en l'absència d'escala mètrica i quan no hi ha representacions associades als objectes cartogràfics. En el capítol 5, finalment, s'utilitza la metodologia de solució de problemes per definir tot el que cal tenir en compte en el preprocessament de les dades.