
UN MÈTODE PER A LA GENERALITZACIÓ AUTOMATITZADA DE MAPES DE SÒLS

Iris Frigolé i Vilaró*

RESUM

La generalització de bases de dades geogràfiques detallades pot ser necessària quan es tracta amb grans volums de dades. L'automatització d'aquest procés és avantatjosa principalment perquè permet augmentar la consistència entre bases de dades a diferents nivells de generalització. Aquest article presenta un mètode per a la generalització automatitzada d'una base de dades detallada de sòls. Es basa en l'abstracció d'informació geogràfica, que consisteix en una reestructuració de la base de dades i afecta la informació temàtica i geomètrica. Les operacions d'abstracció utilitzades són la generalització de classes (utilitzar classes més generals) i l'agregació (construcció d'objectes compostos). L'ús d'aquestes dues operacions ha estat possible gràcies a l'existència d'una jerarquia de classificació, *Soil Taxonomy* (SSS, 1975; SSS, 1990). La metodologia proposada s'ha implementat mitjançant un programa SQL i un SIG vectorial i s'ha provat sobre el full de Bellví del *Mapa de sòls de Catalunya 1:25.000*.

PARAULES CLAU: sistemes d'informació geogràfica, bases de dades geogràfiques de sòls, generalització, abstracció d'informació geogràfica, generalització de classes, agregació.

RESUMEN

La generalización de bases de datos geográficas detalladas puede ser necesaria cuando se manejan grandes cantidades de datos. La automatización de los procesos de generalización es interesante principalmente porque permite aumentar la consistencia de los conjuntos de datos a diferentes niveles de generalización. En este artículo se presenta un método para la generali-

* Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida. Avinguda de Rovira Roure, 177. 25198 Lleida.

zación de una base detallada de datos geográficos de suelos. Se basa en operaciones de abstracción de información geográfica, que implican una re-estructuración de la base de datos temática y tienen efectos sobre las componentes temática y geométrica del correspondiente mapa de suelos. Las operaciones utilizadas son la generalización de clases (uso de clases más generales) y la agregación (construcción de objetos compuestos), las cuales se basan en una jerarquía de clasificación, *Soil Taxonomy* (SSS, 1975; SSS, 1990). La metodología propuesta fue implementada mediante un programa de SQL y un SIG vectorial y fue probada en una hoja *del Mapa de Suelos de Cataluña 1: 25.000*.

PALABRAS CLAVE: sistemas de información geográfica, bases de datos geográficas de suelos, generalización, abstracción de información geográfica, generalización de clases, agregación.

ABSTRACT

Generalisation of detailed geographical databases may be necessary when dealing with huge amounts of data. Automation of generalisation processes is interesting mainly because it increases the consistency of the data sets at different levels of generalisation. In the present paper, a method for the automatic generalisation of a detailed soil geographical database is presented. It is based on geographic information abstraction operations, which involve re-structuring the thematic database and have both thematic and geometric effects on the resulting soil map. The operations used are class generalisation (use of higher hierarchy classes) and aggregation (building composite objects), which are supported by a classification hierarchy, *Soil Taxonomy* (SSS, 1975; SSS, 1990). The proposed methodology was implemented using a SQL programme and a vector GIS and was tested on a sheet of the *Soil Map of Catalonia 1:25.000*.

KEYWORDS: geographic information systems, soil geographic databases, generalisation, geographic information abstraction, class generalisation, aggregation.

1. INTRODUCCIÓ

La generalització de mapes o bases de dades que contenen informació sobre els sòls pot ser necessària per a la generació de dades d'entrada per a models de simulació que s'apliquen a escala regional o nacional (Bregt i Bulens, 1996), quan se superposa informació sobre els sòls amb d'altres capes d'informació menys detallada en un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) o amb finalitats de planificació regional.

L'automatització dels processos de generalització resulta interessant, perquè permet la reducció de costos i facilita l'actualització de productes finals (Lagrange *et al.*, 1993) i també perquè és més convenient derivar dades generalitzades a partir de bases de dades espacials de major resolució que no pas recopilar dades a diferents nivells de detall (Molenaar i Richardson, 1994). A més, l'automatització requereix que els criteris de generalització es facin explícits (formalització del procés) i assegura que les regles seleccionades s'apliquin sense variació a tota la base de dades. La generalització no és, però, un procés automàtic, sinó que cal elaborar mètodes, en funció dels objectius propis de cada cas, que permetin optimitzar-la i minimitzar la pèrdua d'informació.

La majoria d'autors, amb alguna variació en la terminologia, distingeixen entre l'abstracció d'informació geogràfica i la generalització cartogràfica (Nyerges, 1991; Lagrange *et al.*, 1993; Martínez Casasnovas, 1994; Ormeling, 1996; Van Smaalen, 1997; Bregt i Bulens, 1996). L'abstracció d'informació geogràfica és una reestructuració de la base de dades i està relacionada amb el nivell d'agregació de la informació. La generalització cartogràfica, o gràfica, afecta la representació geomètrica i la simbolització dels objectes. Aquest treball tracta, principalment, de l'abstracció d'informació geogràfica. Els processos d'abstracció de base de dades són precursors de la generalització cartogràfica, perquè calen operacions d'abstracció per derivar densitats d'objectes més baixes per a representacions de menor resolució (Molenaar i Richardson, 1994).

Van Smaalen (1996) identifica tres operacions principals d'abstracció d'informació geogràfica:

1. Generalització: És el procés de fer les classes d'entitats menys específiques, tot suprimint característiques que descriuen la classe. És una relació «tipus de». Se sol conèixer com a generalització de classes (Lagrange *et al.*, 1993; Martínez Casasnovas, 1994; Molenaar i Richardson, 1994; Van Smaalen, 1997), encara que Ormeling (1996) l'anomena generalització conceptual.

2. Agregació: Combinació d'objectes per tal de construir objectes compostos.

3. Eliminació: Eliminació basada en la classificació de les ocurrences dins d'una classe.

Altres autors defineixen operacions lleugerament diferents (classificació, associació, generalització —de classes—).

Les jerarquies d'agregació i de classificació donen suport directament a les operacions de classificació, generalització de classes i agregació per abs-

treure dades depenent del context i de l'escala (Molenaar i Richardson, 1994). Una jerarquia d'agregació mostra com els objectes compostos es poden construir a partir d'objectes elementals i com aquests objectes compostos poden, al seu torn, constituir objectes més complexos. En canvi, en una jerarquia de classificació, els objectes s'agrupen en diverses classes, cadascuna de les quals té connectada una llista d'atributs. Si dues o més classes tenen atributs en comú, es pot definir una superclasse (la seva llista d'atributs conté els que són comuns a les classes com a atributs de la superclasse). Per exemple, es pot definir la superclasse «bosc» que agrupa les subclasses «bosc caducifoli» i «bosc perennifoli». Una diferència òbvia entre ambdós tipus de jerarquies és que els objectes elementals poden pertànyer només a una classe, mentre que poden pertànyer a diversos objectes compostos de diferents tipus.

Bregt i Bulens (1996) han desenvolupat diversos mètodes per a la generalització de mapes de sòls, entre ells l'anomenat mètode dels atributs de les classes i el mètode de la similaritat. El mètode dels atributs de les classes està basat en la jerarquia de classificació dels atributs dels objectes espacials; el mètode de la similaritat consisteix en l'agregació entre sòls més similars, la similaritat es defineix segons cada aplicació. Els mateixos autors proposen diversos índexs per avaluar l'efecte de la generalització en la representació gràfica.

A Catalunya s'està realitzant una cartografia de sòls a escala 1:25.000, utilitzant sèries de sòls com a unitats taxonòmiques, de les principals zones agrícoles (Boixadera i Ibáñez, 1996). L'escala 1:25.000 sovint s'ha fet servir per als estudis previs a les transformacions a regadiu; és encara una escala de detall, però que ja permet una planificació regional. A més, la publicació a aquesta escala ha estat afavorida per l'existència de fons topogràfics a aquesta escala (Legros, 1996).

El principal objectiu de la recerca era desenvolupar un mètode per a la generalització automatitzada de la base de dades corresponent al *Mapa de sòls de Catalunya 1:25.000* a escales semidetallades. Els condicionants a respectar eren que s'havia de reduir la complexitat temàtica de la base de dades i que el mapa resultant havia de ser adequat per a la presentació gràfica.

2. DESCRIPCIÓ DE LA BASE DE DADES

Les dades utilitzades com a cas d'estudi per desenvolupar el mètode de generalització van ser extretes del full 360-1-2 del *Mapa de sòls de Catalunya 1:25.000* (Herrero *et al.*, 1993). La informació geomètrica estava disponible en format digital com a mapa vectorial (ArcInfo) i es va construir una

base de dades relacional per contenir la informació temàtica referent a les unitats cartogràfiques del mapa de sòls. En aquest apartat es revisa breument com es presenta la informació en el mapa de sòls original, així com la manera com es va estructurar aquesta informació en la base de dades digital.

Clàssicament la unitat bàsica dels mapes de sòls és la delineació (anomenada *polígon* quan es treballa amb informació digital), que es defineix com una superfície elemental, el límit de la qual està tancat sobre ell mateix i el contingut de la qual és definit i representat de manera homogènia per un símbol o un color determinat, que indica la unitat cartogràfica a la qual pertany la delineació (Legros, 1996). El conjunt de delineacions de la mateixa naturalesa constitueix una Unitat Cartogràfica (UC). En un mapa de sòls una UC representa àrees del paisatge que són definides i anomenades d'acord amb els seus sòls (Fernández i Rusinkiewicz, 1993). Una UC també pot representar una àrea miscel·lània, que són àrees que no tenen sòl natural o en tenen molt poc i que, per tant, no poden suportar vegetació o només molt poca (Soil Survey Staff, 1993).

Es tracta d'una cartografia detallada, en la qual s'utilitza la classificació *Soil Taxonomy System* (SSS, 1975; SSS, 1990). La unitat taxonòmica és la sèrie. La sèrie de sòls és un grup de sòls que tenen horitzons similars pel que fa a característiques diferenciadores i disposició en el perfil, excepte per la textura superficial, i desenvolupats a partir d'un material originari específic. Els sòls dins d'una sèrie són bàsicament homogenis en totes les característiques del perfil excepte la textura, principalment la de l'horitzó superficial o A, i en característiques com el pendent, la pedregositat, el grau d'erosió, la posició topogràfica, la profunditat a la roca, la salinitat i la sodicitat, sempre que aquestes característiques no modifiquin en gran manera la classe i la disposició dels horitzons (SSS, 1951).

Les unitats cartogràfiques utilitzades són consociacions o, per explicar-ho simplificadament, unitats de superfície a l'interior de les quals el perfil del sòl roman idèntic a ell mateix. Naturalment a la realitat en general el sòl no és homogeni lateralment en grans superfícies. D'aquí que s'admeti la presència d'un determinat tant per cent d'impureses (inclusions). Es requereix que el 75 % de la delineació pertanyi a la sèrie que dona nom a la UC. Aquest tipus d'UC rep el nom de consociació. Pel que fa al 25 % restant, s'exigeix que una sola unitat de sòls no ocupi més del 10 % de superfície. Sobre aquest tema es pot consultar Van Wambeke i Forbes (1989).

Un altre tipus d'unitat cartogràfica utilitzada en el full de Bellví és el complex de sòls: conté dos o més tipus de sòls que no es poden individualitzar sobre el mapa, fins i tot a gran escala, perquè estan massa imbricats. Tanmateix, la seva organització espacial obeeix a una certa lògica i pot ser descrita.

En el full de Bellvís també hi ha delineades tres unitats fisiogràfiques, però a la llegenda del mapa no s'utilitza de manera explícita cap classificació de les formes del paisatge i no hi ha una relació biunívoca entre UC i unitats fisiogràfiques. Això s'explica en gran manera per les característiques de la zona cartografiada (plana, nombrosos anivellaments).

El disseny de la base de dades (BD) va estar condicionat, sobre manera, per la necessitat de reflectir l'estructura del mapa de sòls a més de respectar les normes per al disseny de BD relacionals (normalització de les relacions), perquè permeten aconseguir flexibilitat en la recuperació i el processament de la informació. La figura 1 mostra l'estructura de dades relacional de la BD inicial, per a la qual es va construir un diccionari de dades complet. Les unitats cartogràfiques (UC) es caracteritzen a través de fases de textura, salinitat, sodicitat i pendent. A la taula UC_SÒL el tipus de component pot ser sòl dominant, sòl subordinat o inclusió. Tanmateix, no hi ha dades disponibles sobre el tant per cent de cada component de la UC. A causa que una UC pot trobar-se en diverses unitats fisiogràfiques, la unitat fisiogràfica s'emmagatzema com a atribut del polígon (taula PAT).

3. MÈTODE

Els principals passos que vam seguir per a desenvolupar el mètode proposat foren:

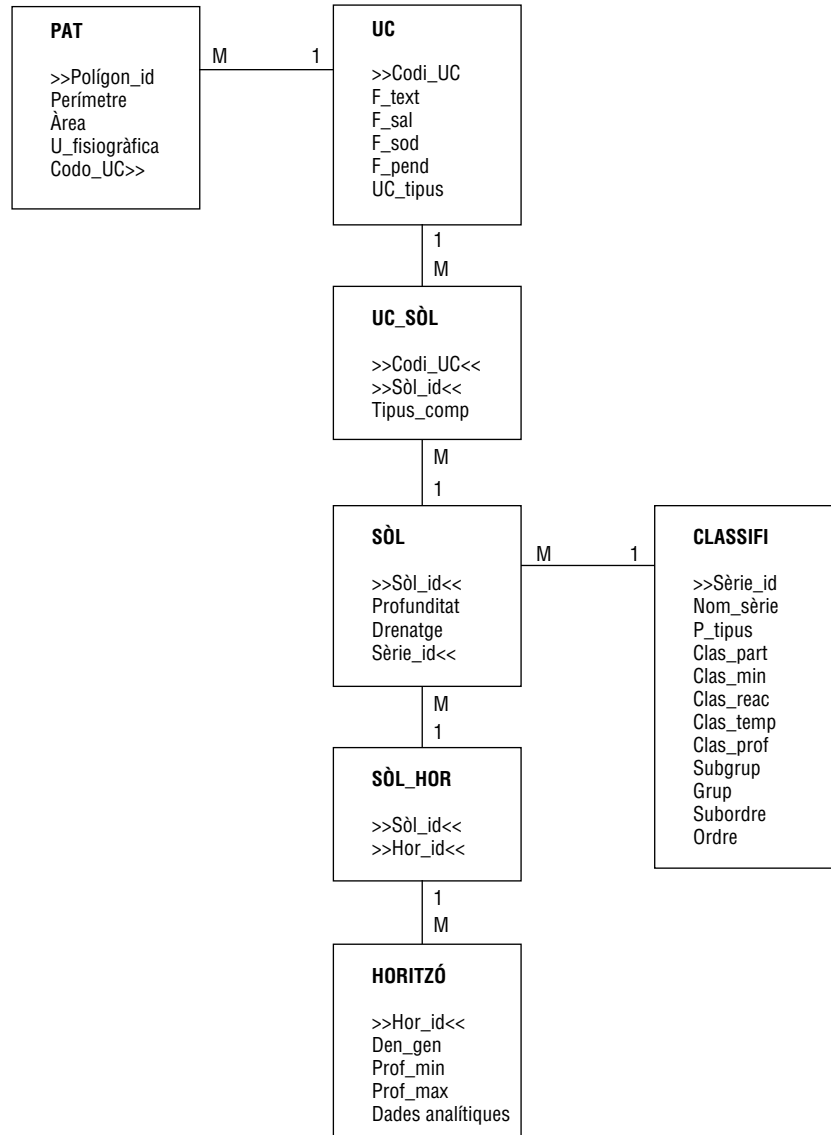
1. Identificació dels objectes continguts en la base de dades inicial. Es tracta de delineacions de sòls, organitzades en unitats cartogràfiques, les quals poden ser simples (consociacions de sèries de sòls) o bé estar compostes de més elements (complexos).

2. Identificació d'objectes adients per a la base de dades final. Aquesta elecció depenia de l'escala final seleccionada (1:50.000), perquè aquesta determina tant les unitats taxonòmiques com les unitats cartogràfiques en la base de dades final. Es van seleccionar com a unitats taxonòmiques les famílies de sòls (SSS, 1975; SSS, 1990) ja que són adients a l'escala final (Moreno Osorio, 1989) i donen informació rellevant sobre l'ús i el maneig del sòl.

3. Identificació de les jerarquies existents: es disposava de la jerarquia de la pròpia classificació de sòls utilitzada en la cartografia, *Soil Taxonomy System* (SSS, 1975; SSS, 1990).

Altres jerarquies, tant de classificació com d'agregació, s'haguessin pogut construir sobre la base de les relacions sòl-paisatge. La geomorfologia té un paper primordial com a factor formador del sòl i com a criteri per a la carto-

FIGURA 1. Disseny de la DB inicial



grafia i es pot utilitzar per estructurar BD geogràfiques de sòls. És més, segons Zinck i Valenzuela (1990) aquest marc jeràrquic geomorfològic permet una fàcil generalització de la informació de sòls a nivells menys detallats. Tanmateix, en aquest cas no es va utilitzar, perquè no s'havia establert una jerarquia d'aquesta mena en el mapa original i també pel fet que, en no haver-hi una classificació exhaustiva de les relacions sòl-paisatge, el mètode no hauria estat vàlid per a altres fulls del mateix mapa.

4. Identificació d'operacions d'abstracció: la generalització de classes era directament suportada per la jerarquia de classificació de sòls. A més d'aconseguir-se l'abstracció temàtica, era previsible obtenir una abstracció espacial, ja que ocurrències adjacents d'una mateixa classe s'hi agregarien. Per aconseguir un mapa llegible es va utilitzar l'agregació de polígons no llegibles als seus veïns més similars. Aquesta similitud també es va definir mitjançant la taxonomia de sòls: els polígons s'agregarien preferentment a aquell adjacent que, en un nivell taxonòmic superior, pertanyés al mateix tàxon.

La llegibilitat del mapa es va definir com l'absència de delineacions (polígons) menors de l'anomenada delineació llegible mínima, que és una àrea circular de 0,4 cm² (Forbes *et al.*, 1983). Es va fer recerca bibliogràfica per trobar altres mètodes simples per determinar quins polígons són no llegibles (per exemple, índexs de forma), però sense resultats positius.

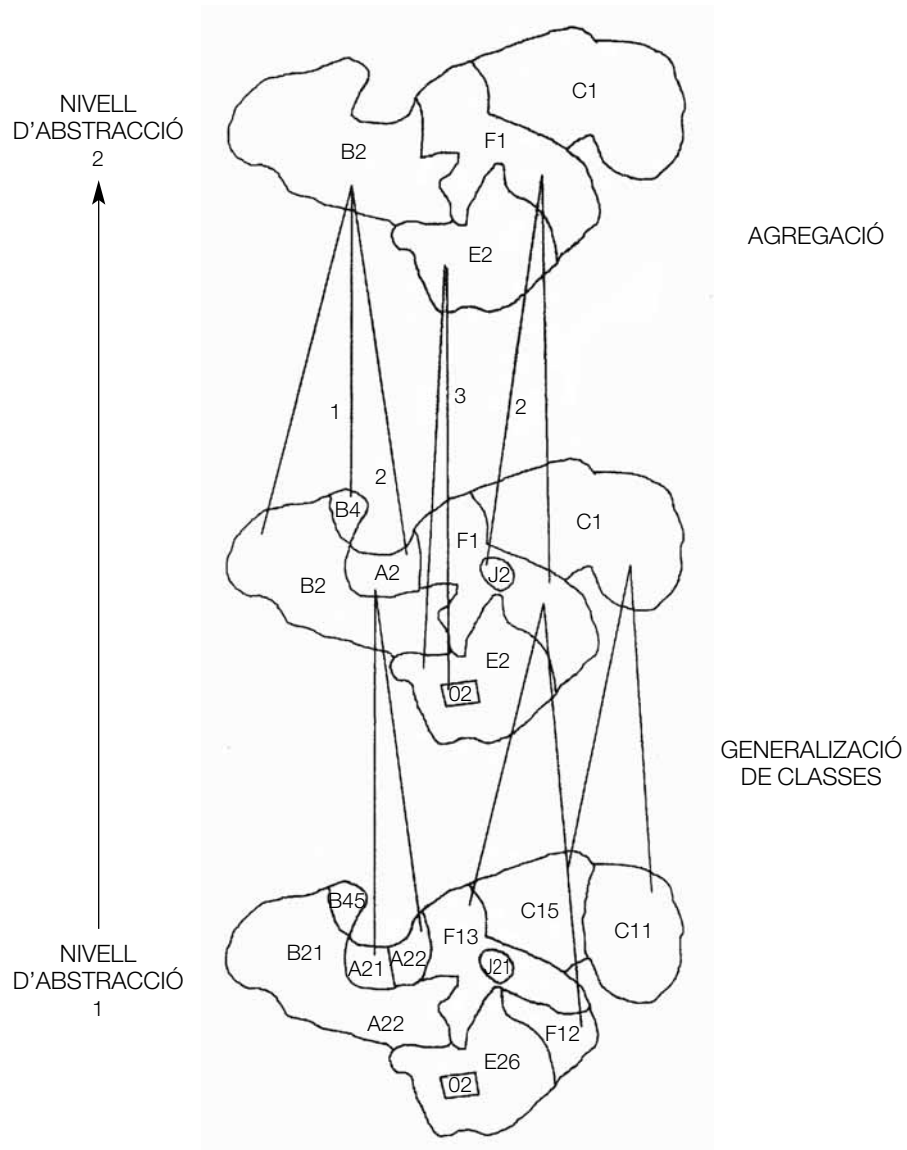
5. Construcció de la nova base de dades: el contingut de les noves classes quedaria definit per les unitats taxonòmiques i també en termes dels objectes en la base de dades original que els formen, la qual cosa permetria també l'accés a la base de dades original.

4. MÈTODE DE GENERALITZACIÓ PROPOSAT

La figura 2 il·lustra la base conceptual del mètode proposat. El nivell d'abstracció de la base de dades inicial correspon al mapa de sòls detallat inicial (1:25.000), mentre que el nivell d'abstracció final és apte per a una representació a menor escala.

El primer pas és la generalització de classes: les unitats cartogràfiques es classifiquen d'acord amb unitats taxonòmiques més generals, és a dir, famílies de sòls. Els complexos poden quedar com a complexos de famílies o esdevenir consociacions de famílies (en el cas que les sèries de sòls que contenen pertanyin a la mateixa família). Tal com es mostra a la figura 2, aquesta manipulació de la informació temàtica té també un efecte sobre la informació gràfica.

FIGURA 2. Estructura jeràrquica d'abstracció de la informació de sòls: generalització i agregació



02 Àrea miscel·lània
 Codis de sòls: representen tres nivells taxonòmics

En un segon pas, té lloc l'agregació dels polígons massa petits al seu veí més similar per assolir l'objectiu de presentació gràfica. Per assolir una presentació gràfica adient els polígons no llegibles situats a les vores del full del mapa poden ser exclosos d'aquest procés. Molts polígons no llegibles es donen en aquesta posició, perquè el mapa està dividit en fulls i aquesta divisió talla moltes delineacions.

En el procés d'agregació poden presentar-se diversos casos. Alguns polígons, que no són llegibles a l'escala final, són agregats a un adjacent que, a un nivell taxonòmic superior, pertany a la mateixa classe (indicat amb un 1 a la figura 2). Aquests polígons s'agreguen en primer lloc a una delineació veïna pertanyent al mateix subgrup (i se li assigna per tant el codi de família del veí), en segon lloc a un veí pertanyent al mateix grup, etc. En el cas que més d'un polígon veí compleixi les condicions exigides, se selecciona aquell d'àrea més gran. Al final del procés, si un polígon no ha estat encara agregat a cap veí, s'agrega al polígon adjacent de màxima àrea. Per als complexos el procediment és lleugerament més elaborat, perquè es busca en primer lloc l'agregació amb un complex dels mateixos subgrups. Les àrees miscel·lànies s'agreguen senzillament a la delineació adjacent de major àrea. S'estableix la restricció que els polígons de sòls no poden ser agregats a àrees miscel·lànies. Les unitats fisiogràfiques són mantingudes al llarg d'aquest procés utilitzant la restricció que el veí adjacent seleccionat ha de pertànyer a la mateixa unitat fisiogràfica. La figura 3 mostra el procés de forma simplificada.

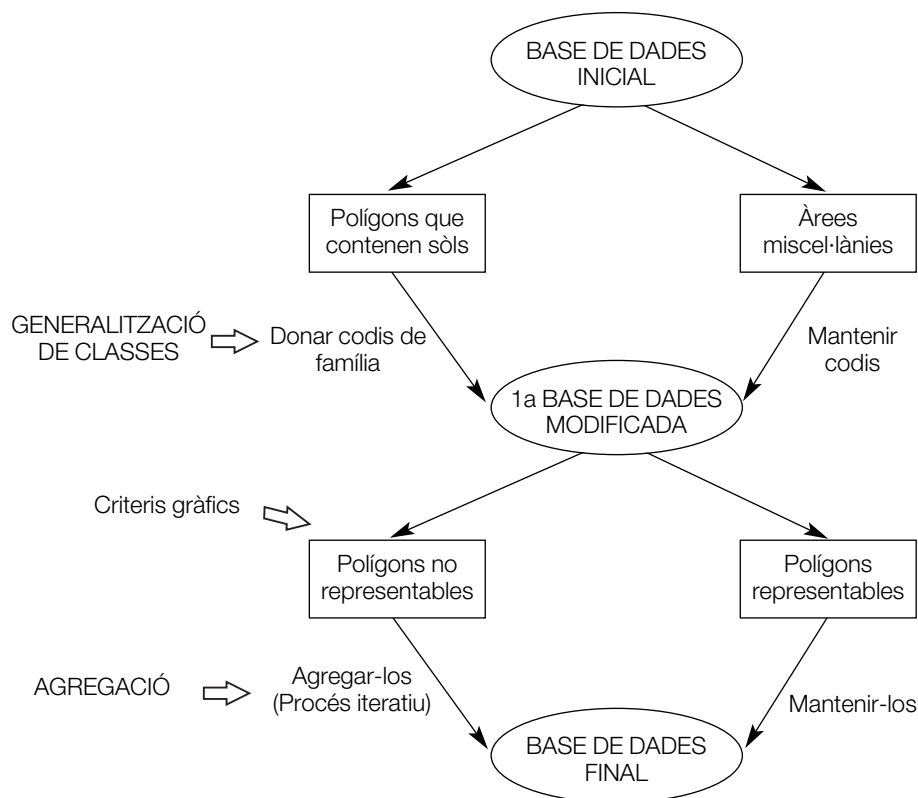
La metodologia proposada va ser implementada a través d'un programa prototipus en SQL utilitzant FoxPro (Microsoft) per manipular la informació temàtica. Els canvis en aquesta van ser traslladats al mapa utilitzant macros en SML d'ArcInfo. La informació topològica necessària també va ser creada utilitzant ArcInfo. Aquest programa prototipus es va utilitzar a la base de dades corresponent al full 360-1-2 del *Mapa de sòls de Catalunya 1:25.000*.

5. RESULTATS I DISCUSSIÓ

En primer lloc, es comenten els resultats d'aplicar el procediment de generalització automatitzat a les dades elegides com a cas d'estudi. La manca de quantificació dels efectes de la generalització és un dels factors que limiten el desenvolupament de metodologies de generalització automatitzades (Bregt i Bulens, 1996). En segon lloc, es presenten alguns comentaris més generals sobre el mètode proposat.

Pel que fa als aspectes temàtics, els resultats van mostrar que per al 97 % de les unitats cartogràfiques finals el percentatge d'inclusions resultants del procés d'agregació estava per sota del 25 % (límit superior per a inclusions dissimilars no limitatives segons Forbes *et al.*, 1983) i, per al 93 % de les unitats, es-

FIGURA 3. Síntesi de la metodologia de generalització proposada



tava per sota del 15 % (límit superior per a inclusions dissimilars limitatives segons els mateixos autors). Aquests tants per cent només donen idea de l'heterogeneïtat en les UC deguda al procés d'agregació. Si es considerés necessari per a una certa aplicació, es podria introduir la restricció de no dur a terme l'agregació si el tant per cent d'inclusions depassés un cert valor llindar.

Pel que fa als aspectes cartogràfics, la nova mida mitjana de delimitació (ASD, de l'anglès, *average size delineation*, Forbes *et al.*, 1983) es va calcular per a cada unitat fisiogràfica, però aquest indicador no es va considerar significatiu perquè la desviació estàndard va ser en tots els casos superior a la mitjana. De fet, Forbes *et al.* (1983) suggereixen calcular l'ASD per a zones del mapa amb textura homogènia, però no era possible la delimitació automàtica d'aquestes zones. El nombre de polígons en el mapa original és de tres-cents vint-i-sis, que es redueix a cent setanta-quatre després de la generalització (deixant sense variació els polígons no representables situats a les vores del mapa).

Les delineacions amb formes particularment estretes i llargues van ser mantingudes en el mapa final perquè, com s'ha comentat, no es disposava d'un mètode per identificar-les. *A priori*, aquest fet es concebia com un inconvenient, perquè una gran quantitat d'aquesta mena de delineacions pot fer el mapa il·legible. No obstant això, va resultar ser avantatjós, perquè aquestes delineacions confereixen significat al mapa, ja que permeten reconèixer elements del paisatge, com ara fons de vall o bé escarpaments al voltant de les plataformes.

La base de dades conté taules separades per als polígons individuals i les unitats cartogràfiques (de fet, la segona pot ser generada a partir de la primera). Aquests dos tipus d'objectes es defineixen en termes de la seva composició percentual d'unitats cartogràfiques de la base de dades inicial. Aquests components poden ser o bé dominants (és a dir, pertanyen realment a la classe que dona nom a la unitat cartogràfica) o inclusions (és a dir, pertanyen a una classe diferent però hi han estat agregats), tal com es mostra a l'exemple següent (vegeu taula 1). La manera com la base de dades final ha estat organitzada és similar a la utilitzada en la base de dades STATSGO (Bliss i Reybold, 1989). Els codis de les unitats cartogràfiques inicials fan de clau externa per accedir a la base de dades inicial.

Es podrien haver utilitzat altres criteris per refinar el procés d'agregació. Per exemple, en el cas de l'agregació dels polígons que segueixen essent no representables, es podria elegir aquell adjacent tal que la unitat cartogràfica a la qual pertany té com a inclusió típica la unitat cartogràfica a la qual pertany el no representable. Els no representables que no hi quedessin agregats mitjançant aquest criteri, se sotmetrien aleshores al criteri de la similitud segons la taxonomia de sòls. Per als complexos, si hi hagués més d'un polígon veí adient, aquell que contingués el sòl dominant en el complex podria ser seleccionat en primer lloc en comptes d'utilitzar la superfície com a criteri decisiu.

Utilitzar la taxonomia per a la generalització pot no ser útil per a certes aplicacions, per exemple quan la presència o absència de certes característiques del sòl limitants de l'ús és la informació que ha de ser transmesa a la representació generalitzada. En el nostre cas d'estudi un polígon no llegible contenint un Oxyaquic Xerofluent (SSS, 1992) amb taques d'oxidoreducció que apareixen a 110 cm de profunditat i llindant amb un Aquic Xerofluent (SSS, 1992) i un Calcixerollic Xerochrept (SSS, 1992) seria agregat al primer. Això no és gaire adient dels del punt de vista dels limitants que presenta el sòl, perquè l'Oxyaquic Xerofluent no presenta gairebé cap limitació a l'ús i és, en aquest sentit, molt més similar al Calcixerollic Xerochrept.

El problema de la definició dels continguts (atributs) de les noves classes resta obert. Òbviament, les unitats taxonòmiques que donen nom a les no-

TAULA 1. Organització de la base de dades final; exemple amb la informació del cas d'estudi

Tipus d'unitat cartogràfica	Codi i nom UC (DB final)	Sòls dominants (DB original, UC descrita sèrie + fase)	Inclusions (DB original, UC descrita sèrie + fase)	Tant per cent de superfície
Consociació	h - Xerochrept gípsic, llimosa fina, mesclada, mèsica	Da - Castellserà francoargil·lollimosa		28,8
		Db - Castellserà francollimosa, lleugerament salina		11,1
		Dd - Castellserà francollimosa		18,2
		Ma - Linyola francoargil·lollimosa		34,8
			Gd - Comes- franca, de 5 a 10 % de pendent	1,2
			Ld - Gatell francoarenosa	1,0
		O2 - Edificat	4,8	

UC: unitat cartogràfica
DB: base de dades

ves unitats cartogràfiques també defineixen un conjunt d'atributs per a aquestes unitats cartogràfiques. Tanmateix, en la base de dades inicial també s'emmagatzema informació sobre el rang de variació de certes propietats del perfil i dels horitzons. La integració d'aquestes dades en un nou rang de propietats no és un pas immediat i aquesta qüestió no ha estat tractada en aquest treball.

Al contrari que la generalització de classes, l'agregació fa la descripció temàtica dels objectes més complexa. Els polígons que són agregats a d'altres «desapareixen» des del punt de vista gràfic, ja que són representats pel mateix símbol que la unitat cartogràfica a la qual han estat agregats, però en la base de dades final aquests polígons poden ser identificats i quantificats com a inclusions. Per a la generalització de classes només cal informació temàtica i les unitats cartogràfiques de sòls es poden concebre com els objectes espacials bàsics. Per a l'agregació cal informació geomètrica (mida), temàtica (tipus de sòl) i topològica (adjacència) i en aquest cas la delineació de sòls esdevé l'objecte espacial bàsic.

6. CONCLUSIONS

— L'existència d'una jerarquia de classificació ha permès la formalització del procés i ha donat suport a les operacions de generalització. Al mateix temps, ha determinat les operacions d'abstracció que s'han utilitzat.

— En el moment present no hi ha un procediment estàndard per a la definició dels atributs de les unitats cartogràfiques i taxonòmiques resultants. La multitud de casos possibles fa que calgui coneixement expert. Tanmateix, l'homogeneïtat temàtica de les unitats resultants és acceptable.

— La generalització de classes, que és la principal operació d'abstracció d'informació utilitzada, transforma els objectes elementals de la base de dades inicial (delineacions de sòls) independentment de qualsevol criteri gràfic. En alguns casos, segons la textura del mapa original, la simplificació espacial obtinguda es pot considerar excessiva.

— No hi ha índexs de forma que es puguin utilitzar per determinar inequívocament els polígons no llegibles. Per tant, aquests han de ser definits exclusivament d'acord amb la seva àrea.

— L'avaluació dels productes resultants de la generalització s'ha de basar en la seva adequació a les necessitats dels usuaris, per tal com no es disposa d'indicadors estàndard per avaluar els resultats.

— L'automatització del procés de generalització augmenta la consistència del procés de generalització perquè les operacions i criteris de generalització seleccionats s'apliquen de manera uniforme.

La recerca posterior hauria de tractar la definició dels atributs de les superclasses que es deriven a partir dels atributs continguts a la base de dades inicial i no només a partir de la jerarquia de *Soil Taxonomy*. Pel que fa al *Mapa de sòls de Catalunya*, un altre pas en derivar aplicacions de la informació de sòls hauria de ser provar com les dades generalitzades poden ser utilitzades efectivament per a planificació i modelització regional.

BIBLIOGRAFIA

- BLISS, N. B.; REYBOLD, W. U. (1989). «Small-scale digital soil maps for interpreting natural resources». *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 44 (1) p. 30-34.
- BOIXADERA, J.; IBÁÑEZ MARTÍ, J. J. (1996). «Spain, soil survey and soil databases». A: LE BAS, C.; JAMAGNE, M. *Soil databases to support sustainable development*. JRC European Commission-INRA. Orleans. p. 99-105.
- BREGT, A.; BULENS, J. (1996). «Application oriented generalization of area objects». A: MOLENAAR, M. *Methods for the generalization of geo-databases*. Netherlands Geodetic Commission. Delft, The Netherlands. P. 57-64.
- FERNÁNDEZ, R. N.; RUSINKIEWICZ, M. (1993). «A conceptual design of a soil database for a geographical information system». *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 7(6), p. 525-539.
- FORBES, T.; ROSSITER, D.; WAMBEKE A. VAN (1983). *Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories*. SMSS Technical Monograph 14. Soil Conservation Service, USDA. 50 p.
- HERRERO, C.; BOIXADERA, J.; DANÉS, R.; VILLAR, J. M. (1993). *Mapa de sòls de Catalunya 1:25.000*. Bellví 360-1-2. DGPIA-ICC. Generalitat de Catalunya. 198 p. + 1 mapa.
- LAGRANGE, J. P.; RUAS, A.; BENDER, L. (1993). *Survey on Generalization*. Institut Geographique National. París, 47 p.
- LEGROS, J. P. (1996). *Cartographies des sols*. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. 321 p.
- MARTÍNEZ CASASNOVAS, J. A. (1994). *Hydrographic information abstraction for erosion modelling at regional level. A database perspective in a GIS environment*. MSc Thesis GISRA course. WAU-ITC. Wageningen. 98 p.
- MOLENAAR, M.; RICHARDSON, D. E. (1994). «Object hierarchies for linking aggregation levels in GIS». A: WELCH, R.; REMILLARD, M. *Mapping and GIS: Proceedings of ISPRS Commission IV Symposium 31 May- 3 June. Athens, Georgia*. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 30(4), p. 610-617.
- MORENO OSORIO, C. (1989). *Levantamientos agrológicos*. Trillas. Mèxico D. F. 102 p.
- NYERGES, T. L. (1991). «Representing geographical meaning». A: BUTTENFIELD, B. P.; McMASTER, R. B. *Map generalization. making rules for knowledge representation*. Longman Scientific & Technical. Essex, Gran Bretanya. p. 59-85.
- ORMELING, F. (1996). «Aggregation objectives and related decision functions». A: MOLENAAR, M. *Methods for the generalization of geo-databases*. Netherlands Geodetic Commission. Delft, Països Baixos. p. 1-11.
- SOIL SURVEY STAFF. (1951). *Soil Survey Manual*. USDA Handbook no. 18. USDA. Washington. 503 p.
- (1975). *Soil Taxonomy. A Basic System for Making and Interpreting Soil Surveys*. Agric. handbook no. 436. U. S. Government Printing Office. Washington. 754 p.

- (1990). *Keys to Soil Taxonomy*. SMSS Technical Monograph 6. Blacksburg, Virgínia. 422 p.
- (1992). *Keys to Soil Taxonomy*. 5^a ed. SMSS Technical Monograph 19. Blacksburg, Virgínia. 541 p.
- SMAALEN, J. W. N. VAN (1997). «Spatial abstraction based on hierarchical reclassification». Acceptat per a publicació a *Cartographica*.
- WAMBEKE, A. VAN; FORBES, T. R. (1989). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Monografía tècnica SMSS n. 15. Soil Conservation Service, USDA. 67 p.