

EL PAPER DE LA CARTOGRAFIA EN LA DIFUSIÓ DE LA CIÈNCIA

GRAZIANA RAMAZZINI I GOBBO

Departament de Geografia Humana. Universitat de Barcelona

Adreça: Departament de Geografia Humana. Universitat de Barcelona. Baldori i Reixac, s/n. 08028 Barcelona.

Adreça electrònica: ramazzi@trivium.gh.ub.es

RESUM

Les contribucions principals de la cartografia a la difusió de la ciència són bàsicament dues. La primera és la pròpia de la disciplina, és a dir, la confecció de mapes detallats i mètricament correctes (isomorfs espacials) de la superfície terrestre. Es pot considerar que aquest objectiu històric s'ha assolit amb plenitud al segle xx. A més, la realització de mapes al llarg de la història, al mateix temps que intentava subministrar documents fiables de la superfície terrestre, ha contribuït a forjar la imatge del món. La segona aportació cabdal es basa en el caràcter de canal de comunicació dels mapes, sobretot dels temàtics. Com a mitjà de comunicació, els mapes presenten un codi propi universal, els trets principals del qual s'analitzen aquí. La implantació dels símbols cartogràfics, les variables visuals que intervenen en el disseny de la simbologia i el comportament perceptiu d'aquestes, configuren la gramàtica bàsica del llenguatge cartogràfic.

Paraules clau: isomorfisme cartogràfic / imatge del món / mapa general / mapa temàtic / mapa inventari / mapa missatge / llenguatge cartogràfic / variables visuals.

SUMMARY

The cartography's role in the spreading of science

Two are the main contribution of Cartography to the spreading of science. In the first place, the discipline in itself, that is, the making of maps of the Earth surface in a detailed and metrically correct way (spatial isomorph). This historical goal has been definitively

achieved in the 20th Century. Moreover, while trying to provide reliable documents about the earth surface, throughout history the making of maps has also helped to shape the image of the world. The second essential contribution is based on the nature of maps as a mean of communication, especially as regard the thematic ones. As a mean of communication, maps provide their own universal code, of which its main features we analyse here. The types of cartographic symbols, the visual variables present in the design of symbology, and their perceptive rules provide the essential grammar of the cartographic language.

Keywords: cartographic isomorphism / image of the world / general-purpose map / thematic map / inventory map / message map / cartographic language / visual variables.

INTRODUCCIÓ

És evident que són moltes les disciplines que a més de treballar en la investigació dels camps que els són propis realitzen també aportacions notables a la difusió de la ciència i a la creació de pensament científic en les comunitats no científiques. Si més no, les necessitats de la docència en els diferents nivells i la demanda d'informació en una societat cada cop més conscient d'aquest seu dret, estimulen les tasques divulgatives, que haurien d'enorgullir els científics que les realitzen tant com la pròpia investigació.¹

Pel que fa a la cartografia —una disciplina que les definicions modernes caracteritzen com una ponderada barreja d'operacions científiques, tècniques i artístiques encaminades a la representació proporcionada i selectiva de la superfície de la Terra— el seu paper en la difusió de la ciència i del coneixement científic es podria focalitzar en dos aspectes principals, entre d'altres: la representació *isomorfa* de la superfície terrestre, que connecta directament amb la *imatge del món* que avui tenim, i el des-

envolupament del *llenguatge* propi i universal que utilitza, el més idoni per a descriure els territoris. Tot i que ambdós aspectes estan profundament lligats, no és casualitat que del primer tema se n'ocupi prioritàriament l'anomenada *cartografia general*, i en canvi el segon és més propi de la *cartografia temàtica*. Aquesta subdivisió, ja tradicional, de la disciplina no fa sinó reflectir les especialitzacions pròpies del coneixement científic, il·lustrar els temes prioritaris de la cartografia en aquest segle i respondre a necessitats bàsiques plantejades pels individus i per les societats.

L'ISOMORFISME CARTOGRÀFIC

L'objectiu de la cartografia general és proporcionar mapes de la superfície terrestre com més detallats i exactes millor, en què els objectes representats —seleccionats i classificats— mantenen les seves posicions relatives, els uns respecte als altres. El manteniment de la proporcionalitat de la representació, a més del concepte d'*escala* que hi ha implicat, desemboca en el d'*isomorfisme cartogràfic*, en el sentit que un mapa és una autèntica *imatge* analògica d'un terreny i no només un sistema taquigràfic d'anotació de fets geogràfics (Schaefer, 1953). Com alguns autors molt encertadament assenyalen (Ra-

1. Aquest article, a més de destacar les principals aportacions de la cartografia a la difusió de la ciència, pretén aprofitar l'avinentsa per a fer divulgació d'alguns aspectes molt bàsics d'aquesta disciplina que poden resultar útils a altres especialistes que, per voluntat o necessitat, tractin amb mapes.

bella, 1999), aquesta característica tan bàsica és encara avui poc destacada, a casa nostra, en les definicions i en els manuals de cartografia.

Els mapes mostren *localitzacions*, és a dir, posicions en un espai bidimensional, i *atributs* —algun tipus de qualitat o magnitud— de les localitzacions (Robinson *et al.*, 1974). El mapa es revela com el document que millor pot respondre la pregunta què hi ha en aquest lloc. Però, gràcies a l'isomorfisme, els mapes mostren també les relacions posicionals i espacials entre localitzacions —distàncies, direccions, etc.— i permeten desvelar les relacions i les interrelacions entre els atributs d'una o més localitzacions. En definitiva, de l'isomorfisme del mapa, se'n deriva no només una descripció del territori, sinó la possibilitat d'efectuar anàlisis i de detectar i comprendre correlacions espacials.

La consecució de mapes fiables, és a dir, d'isomorfs espacials, ha estat el gran repte de la cartografia des dels seus orígens. Les habilitats cartogràfiques d'algunes cultures que encara fa dos segles es consideraven *primitives* —com els mapes de pell de foca i fusta dels inuit (esquimals) o els entramats de fulles de palmeres i petxines dels polinesis— fonamenten la idea que la cartografia es va desenvolupar ben aviat, fins i tot abans del desenvolupament del llenguatge escrit. És ben conegut que el mapa més antic que es conserva —una tauleta babilònica de fang cuit— es pot datar cap al 2500 aC. Tanmateix, la consecució de mapes amb exactitud locacional no va poder realitzar-se fins al final del segle XVIII, ja que no va ser fins llavors quan es van perfeccionar i inventar instruments i tècniques de determinació exacta de posicions (sextant i cronòmetre) i d'amidament del terreny, tals com, per exemple, el teodolit d'ullera, l'altímetre, i el mètode de triangulació. A partir de llavors, i al llarg de tot el segle XIX, la realitza-

ció de mapes mètricament precisos i cada cop més detallats dels territoris estatals —i, sovint, dels imperis colonials— va ser la gran fita de tots els estats moderns.

Finalment, gràcies al desenvolupament de les modernes tècniques de captura i tractament de dades d'alt rendiment (fotografia aèria i fotogrametria, imatge digital des de satèl·lit, tècniques de telecomunicació i informàtica), en el segle XX la totalitat de les terres del planeta ha estat cartografiada a escales relativament grans, de tal manera que avui dia és a l'abast de tothom un *inventari cartogràfic* que subministra imatges fiables de la superfície terrestre en què vivim. La distribució de terres i mars, la localització de muntanyes, rius, deserts, ciutats i carreteres és fàcilment observada en imatges isomorfs pel ciutadà que consulta un mapa o obre un atlas.

ELS CANVIS EN LA IMATGE DEL MÓN

L'aproximació històrica també ens mostra un altre aspecte principal del paper de la cartografia en la divulgació del pensament científic. Paral·lelament a la consecució de mapes mètricament correctes, la *imatge del món* ha anat canviant substancialment. Pensem, per exemple, en la representació del món dels antics egipcis: la Terra, com un deu ajupit, és protegida per la deessa Nut —el firmament— en una curiosa posició acotada. O en les visions cosmogòniques hindús, on l'Univers és encerclat per una serp que aguanta una tortuga —el deu Visnú—, que suporta enormes elefants, que, al seu torn, sostenen una Terra planera en un equilibri precari que explicaria els terratrèmols. Avui dia aquestes aproximacions fantàsiques i mítiques ens fan somriure amb simpatia i indulgència. Buscant exemples més pròxims a la nostra cultura, els mapes medievals en forma de disc pla, anomenats

de *T en O*, representen visions del món impregnades dels sentiments religiosos propis d'aquella època. En aquests mapes, a l'extrem oriental de l'Àsia hi sol aparèixer el paradís terrenal, i la localització de Jerusalem al bell mig del mapa es justifica pels versicles de la Bíblia que situen la ciutat en el centre del món.

L'*esfericitat de la Terra* va ser plantejada pels grecs al segle IV aC, i sorgí com una idea derivada de concepcions filosòfiques. Com és força conegut, posteriorment Aristòtil ho demostrà, i Eratòstenes i Posidoni en calcularen les dimensions. L'apreciació de Posidoni, menys correcta, s'imposà i es creu que fou la mesura utilitzada per Colom en el seu càlcul del viatge a les Índies cap a Occident. Tanmateix, la *distribució de terres i mars* continuà sent fruit d'especulacions fins al segle XVI quan, amb els grans descobriments geogràfics i la circumnavegació de la mateixa Terra, es van poder dibuixar per primer cop uns contorns fidedignes de les terres emergides. Tot i així, encara van fer falta tres segles més per a omplir d'informació igualment fidedigna els grans buits a l'interior dels continents.²

En les últimes dècades i gràcies sobretot a la informació cartogràfica subministrada pels satèl·lits, la imatge del món s'ha ampliat i enriquit extraordinàriament. La visió de la Terra des de l'espai —i cada cop des de més lluny— ens ha conscienciat de la necessitat de considerar el planeta en el seu conjunt, amb oceans i atmosfera, i d'aprofundir en el coneixement de les interaccions mútues i amb la superfície terrestre. Així, ja

no es cartografia només la superfície de la Terra, sinó també l'atmosfera: núvols, ciclons, fronts càlids i gotes fredes estan avui dia no només a l'abast dels especialistes, sinó de tothom, popularitzats en uns mitjans de comunicació que ens informen dia a dia del temps que farà. Cartografiar els oceans —la temperatura de les aigües, els corrents marins, la circulació de superfície i de profunditat, etc.— permet estudiar-ne i conèixer-ne el funcionament i la interacció amb l'atmosfera.

En la superfície terrestre, si les grans estructures geològiques, ja intuïdes i estudiades fragmentàriament, es van fer de cop visibles en el seu conjunt gràcies a les escales petites de les primeres *imatges de satèl·lit*, actualment està molt avançat l'inventari cartogràfic de la coberta i l'ús del sòl, així com els estudis per a aprofitar els recursos naturals i per a prevenir i predir fenòmens (fusió de la neu, plagues en collites, inundacions, etc.). És important destacar que, en un primer moment, la informació subministrada pels satèl·lits, capturada en format digital, era tractada per oferir un producte de tipus fotogràfic, que havia de ser posteriorment interpretat pels especialistes. Les imatges a la televisió del Meteosat, per posar l'exemple potser més popular, responen a aquest criteri. Però ben aviat es va considerar més útil tractar la informació de manera que es poguessin presentar els resultats en forma de *mapa temàtic* ja interpretat, i així va aparèixer un nou producte cartogràfic anomenat *mapa d'imatge de satèl·lit* (Chuvieco, 1996).

2. A més de moltes obres específiques (com, per exemple, la de Bagrow, 1964), revistes especialitzades i freqüents congressos monogràfics sobre el tema, hi ha molts manuals generals que destinen algun capítol a glossar la història de la cartografia en els seus trets principals. En citarem alguns, com a referències molt bàsiques: Raisz (1948), Sestini (1981), Robinson *et al.* (1984), Palagiano *et al.* (1984), i Lodovisi i Torresani (1996).

MAPES GENERALS I MAPES TEMÀTICS

S'han subratllat abans els objectius de la cartografia general, és a dir, la realització de mapes a gran escala, mètricament precisos,

que representen selectivament aspectes diversos i variats de la superfície terrestre. Aquests mapes, anomenats tradicionalment *mapes topogràfics*, es coneixen ara per *mapes generals de gran escala* i han estat designats també amb els noms de *mapes base* i *mapes inventari*. Cadascuna d'aquestes paraules prioritza alguna de les nombroses funcions bàsiques realitzades per aquests tipus de mapa. *Topogràfic* fa referència a la cura amb què hi són representades les formes i el relleu, qüestió prou complexa ja que comporta passar d'una superfície tridimensional a una de plana. L'expressió *mapa base* es refereix al fet que aquests mapes són els originals, que es confeccionen a partir de l'amidament del terreny, sigui amb mètodes directes o indirectes, i es constitueixen com els documents, sovint oficials, que donen constància de les mesures del territori; també serveixen de base per a elaborar cartografia d'escala més petites o *mapes derivats*. El terme *inventari* al·ludeix a aquesta característica evident: un inventari detallat i localitzat d'objectes visibles i no visibles de la superfície terrestre.

L'isomorfisme d'aquests mapes és la seva raó de ser: les posicions relatives dels diferents elements i les distàncies entre si es representen amb la màxima cura, per donar una imatge analògica que sigui mètricament com més exacta millor. Això comporta que la superfície tridimensional es projecta sobre una superfície bidimensional en què les localitzacions x, y són correctes, i la dimensió z (altimetria) es recrea amb simbologia. Els atributs de les localitzacions es representen també amb l'ús de símbols, que solen ser petits —d'alt rendiment— i amb predomini de convencionalismes. Per tant, la simbologia i el llenguatge estan íntimament lligats a l'isomorfisme i a les característiques analògiques del mapa.

Per al ciutadà corrent, la lectura d'aquests tipus de mapes és la més difícil, segurament

perquè la interpretació és complicada per la gran quantitat d'informació que duen i el grau de generalització que comporten. També és cert que se'n fa molt poc consum fora dels àmbits professionalment relacionats. Plànols d'escala més gran, com ara els turístics, o mapes generals d'escala més petites, semblen un xic més senzills a l'hora de ser llegits. Els primers, perquè carrers i edificis hi apareixen visibles i fàcilment reconeixidors en les seves formes; els segons, perquè, amb un grau molt elevat de generalització, és a dir, de simplificació i esquematització, són imatges que tothom està més acostumat a veure, ja des de l'escola.

Els *mapes temàtics* comprenen mapes amb continguts i funcions molt diferents. Fa només vint anys qualsevol mapa monogràfic es considerava temàtic. Ara, en canvi, es considera que un mapa és temàtic només quan mostra l'estructura d'una distribució, que ha de ser captada globalment i immediata pel lector del mapa (Robinson *et al.*, 1974). Un mapa temàtic seria llavors un *mapa missatge*, d'informació limitada per a afavorir-ne la comunicació. La seva funció és ser un mitjà de comunicació i el seu requisit principal és que la pauta de la distribució mostrada sigui vertadera. Aquests mapes solen ser d'escala més petites, ja que les configuracions de les distribucions geogràfiques es capten millor quan es presenten de forma molt generalitzada i sintètica. És evident, llavors, que en aquests mapes l'exactitud mètrica en les localitzacions no és un element bàsic, encara que gaudeixen de la característica d'isomorfisme, intrínseca a tots els mapes.³

Tanmateix, hi ha un bon grapat de mapes que no compleixen les condicions que

3. També hi ha mapes anamòrfics, molt semblants a gràfiques i per això anomenats *cartogrames* per alguns cartògrafs. Són els mapes en què la base territorial isomorfa és substituïda per superfícies proporcionades segons les magnituds de la variable no territorial representada.

avui es requereixen per a ser considerats mapes temàtics, però que tradicionalment sí que ho han estat i encara hom els identifica amb aquest nom. Característica comuna a aquests és que, sent monogràfics, són mapes generals o d'inventari de disciplines diverses: geologia, botànica, etc. Els esmentats mapes d'imatge de satèl·lit de coberta i usos del sòl també s'inclourien en aquesta categoria. En general, compleixen algunes de les funcions dels mapes generals, però en relació amb alguna especialitat científica. Com en els mapes generals, també aquí l'excés d'informació dificulta la comunicació; a més, les seves escales de representació són les mateixes que les dels mapes generals, amb els quals comparteixen també el tipus de simbologia, convencional i de caràcter analític (André, 1980). En canvi, és característic dels mapes missatge una simbologia molt evocadora i sintètica, amb moltes connexions amb el món de la imatge en general. Uns *mapes temàtics d'anàlisi* s'oposen així a uns altres *mapes temàtics de síntesi*.⁴

Els mapes temàtics de síntesi o mapes missatge són els que fan més divulgació, si més no perquè són els més fàcils de llegir, ja que s'han popularitzat com a mapes d'il·lustració en moltíssimes obres de consum per al gran públic: enciclopèdies, fascicles, atles, guies turístiques, etc. A més, han creat un estil informatiu que, com el de la gràfica (Tufte, 1983), ha envaït el món publicitari (Holms, 1984) i la premsa (Bonin, 1989; Trèmols, 2000), on no només acompanya les notícies sinó que és sovint subjecte d'acudits gràfics i tires de còmics (Hernando, 1999).

4. Aquesta terminologia és de fet una proposta per a intentar reduir les possibilitats de confusions derivades d'una nomenclatura equívoca.

EL LLENGUATGE CARTOGRÀFIC

Data dels últims quaranta anys el desenvolupament de la reflexió teòrica en cartografia. D'antuvi, l'interès se centrà a donar-li característiques de ciència, defugint l'empirisme i el tecnicisme imperant fins a llavors (Sestini, 1981), que s'explica per la necessitat abans ja comentada de cobrir tot el territori mundial amb mapes mètricament precisos i a escales cada cop més detallades. Atès que en els anys seixanta semblà que, gràcies als avenços tecnològics, aquest objectiu s'havia d'assolir ben aviat, l'interès es dirigí cap a altres qüestions. No ha de sorprendre que, en un context de consolidació d'una cultura predominantment visual, les reflexions teòriques se centressin en el llenguatge de la gràfica i de la cartografia, com a llenguatges propis de la imatge. L'elecció d'aquests temes entronca directament amb el desenvolupament de les teories de la comunicació, en general, i de la comunicació visual, en particular. Tot i que la gràfica i la cartografia estan profundament relacionades i participen de molts aspectes comuns en el seus llenguatges, aquí centrarem l'atenció específicament en el llenguatge cartogràfic.

Les aportacions principals són degudes a un estudiós de semiologia gràfica, el francès Jacques Bertin. En la *Sémiologie graphique* (1967), obra que ha esdevingut un clàssic i és referència obligada per a qualsevol estudiós del tema, Bertin plantejà les regles del llenguatge cartogràfic, regles amb vocació d'universalitat. El suport científic a la *gramàtica* cartogràfica havia de procedir del comportament perceptiu de la simbologia cartogràfica, universal i monosèmica. En tenir la percepció visual una base fisiològica, les regles del llenguatge cartogràfic esdevenen universals perquè són transculturals (Béguin i Pumain, 1994), encara que és evident que hi ha també molts convencio-

nalismes. A una altra escala, tanmateix, hi pot haver una certa variabilitat en la percepció d'un individu a un altre, fet que no invalida les lleis. Com destaca Sestini (1981), també s'ha comparat el llenguatge de la cartografia amb les escriptures ideogràfiques, en el sentit que, per desxifrar-les, no calen coneixements gaire específics.

Aquest caràcter *naturalment* universal del llenguatge cartogràfic sens dubte és responsable en part que, en molts àmbits, tothom —científics d'àrees afins i no afins, periodistes, publicistes, dissenyadors, etc.— s'atreveixi a fer mapes temàtics. En aquest sentit, fer mapes sembla que està fàcilment a l'abast de qualsevol que s'hi posi. Les regles no semblen pas complicades i els recursos tècnics de què avui disposem, com els ordinadors personals i l'abundant programari per a confeccionar gràfics i mapes, fan que aquests proliferin a tot arreu: revistes, diaris, fullets, publicitat, televisió, publicacions electròniques, multimèdia, etc. Sovint els mapes que en resulten no només són correctes, sinó que presenten també un elevat grau de comunicabilitat. Però molt més sovint, encara que confeccionats amb tota la bona fe de l'autor, diuen mentides (Monmonier, 1991), ja que els seus artífexs —que mai no han estudiat cartografia— en realitat en desconeixen moltes regles bàsiques.

La divulgació de la gramàtica cartogràfica bàsica és molt necessària, ja que els mapes són considerats un canal de transmissió d'informació cada vegada més necessari i que aplega cada dia més emissors i més receptors. Tanmateix, l'extensió en l'educació del llenguatge cartogràfic no seria suficient, ja que hauria d'anar acompanyat d'altres coneixements —que evidentment formen part d'una bona formació cartogràfica— imprescindibles perquè els missatges tinguessin garanties de veracitat. Aquests altres coneixements són de tipus metodològics, com ara eines de valoració de la fiabili-

tat de la informació, formes i criteris de generalització de les dades, el seu tractament i el significat estadístic, etc. En aquest sentit, és evident que emfasitzar l'aspecte de mitjà de comunicació de la cartografia, que sens dubte ho és, per damunt de la mateixa informació que el mapa du augmenta extraordinàriament el risc de manipulació de la informació al servei d'una ideologia, d'una marca o d'un poder, i aquest fet és encara més greu perquè queda emmascarat en la *neutra* científicitat dels mapes (Wood, 1992).

LES VARIABLES VISUALS

Centrant-nos novament en el llenguatge cartogràfic, és inevitable i necessari partir de les idees de Bertin. Una primera aportació cabdal va ser la diferenciació dels símbols cartogràfics segon la *implantació* o manera en què els símbols estan col·locats en el mapa. Inspirant-se en els elements bàsics de la geometria euclidiana (punt, línia, pla), va proposar classificar els símbols en puntuals, lineals i superficials. Així, un símbol puntual és aquell que es refereix a una localització x,y concreta, un punt sense superfície en el mapa. L'espai ocupat físicament pel símbol en el paper obeeix només a raons de llegibilitat i de disseny adequat al tipus d'informació qualitativa o quantitativa que el símbol ha de subministrar. Els símbols lineals corresponen a un seguit de localitzacions x,y que configuren una línia; també en aquest cas el gruix de la línia està en funció del disseny i de la bona llegibilitat del mapa. Dit d'una altra manera, els símbols d'implantació puntual i lineal no són a escala i, per tant, les dimensions d'aquests símbols són independents del terreny que abracen. Al contrari, els símbols superficials s'estenen per una superfície del mapa que sí que és proporcional al terreny representat. És evident que la implantació depèn de l'es-

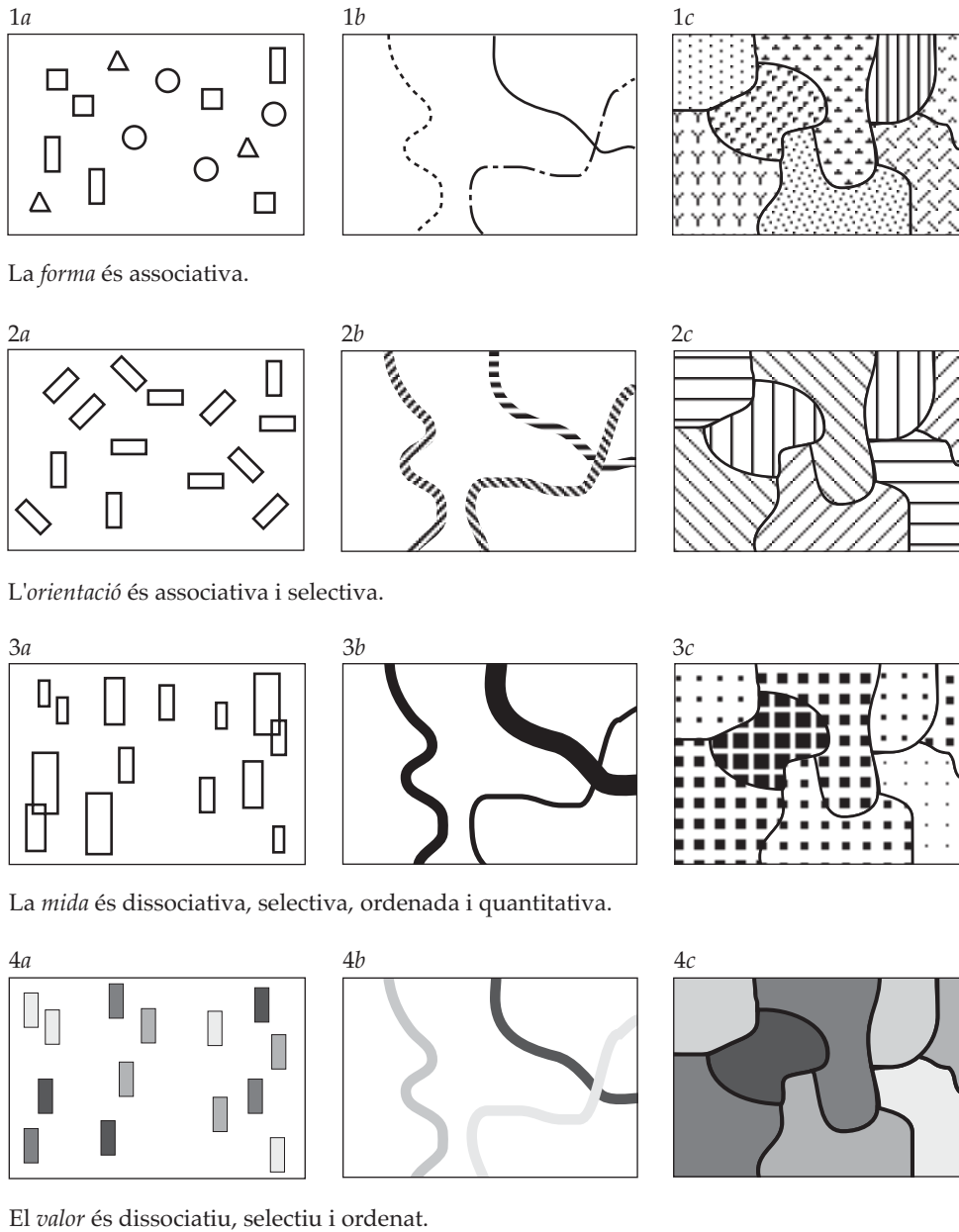


FIGURA 1. Les variables visuals *forma*, *orientació*, *mida* i *valor* en les tres implantacions.

cala i de la generalització de la informació geogràfica.

La gran aportació de Bertin va ser la descomposició del símbol cartogràfic en set *va-*

riables visuals o *retinianes*, que analitzà des del punt de vista del comportament perceptiu que cadascuna d'aquestes atorga als símbols que les utilitzen. Les variables vi-

suals descrites per Bertin són les següents: *ubicació, forma, orientació, color, valor, gra i mida*. D'aquestes, en destaquen quatre de principals —*forma, color, valor, mida*—, una de secundària —*orientació*—, pel fet que té aplicabilitat restringida, i una altra de complexa —*gra*—, que ha donat lloc a unes quantes confusions, fins i tot en cartògrafs eminents. Per exemple, Robinson *et al.* (1974), en un manual de renom de lectura imprescindible per a qualsevol que vulgui iniciar-se en els temes cartogràfics, no cita el *gra* com a variable visual i el substitueix per *l'espaiat*. La lectura de l'obra deixa ben clar que no es tracta d'una simple substitució de vocabulari, sinó d'un aspecte conceptualment polèmic. També és cert que el problema sorgeix en el criteri definidor de les variables visuals: unes són senzilles i elementals, d'altres són complexes i n'impliquen d'altres. Els intents de posar ordre han desembocat en l'acceptació, per part de molts cartògrafs (per exemple, Rouleau, 1991; Tyner, 1992; Béguin i Pumain, 1994), d'una altra variable visual, anomenada *textura-estructura*, per a resoldre algunes dificultats teòriques i pràctiques plantejades en la classificació de Bertin. Respecte a la variable *ubicació*, depèn de l'ordenació geogràfica i per aquest motiu presenta uns problemes diferents, relacionats amb l'essència isomorfa del mapa.

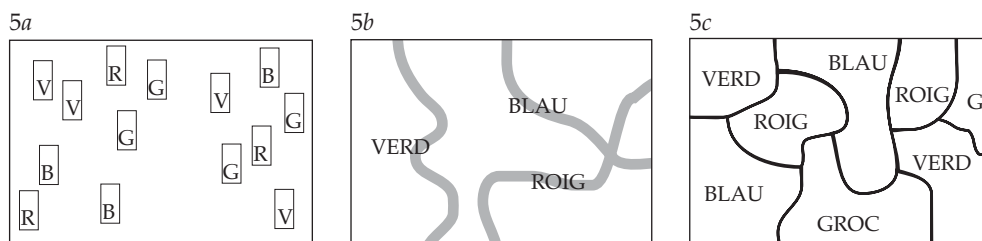
Val la pena fer un ràpid comentari d'algunes característiques molt bàsiques de les variables visuals. *Forma* (figures 1a, 1b i 1c), *orientació* (figures 2a, 2b i 2c) i *mida* (figures 3a, 3b i 3c) signifiquen allò que el nom suggereix clarament. *Color, valor, espaiat, gra i textura-estructura* mereixen algun comentari més explícit.

Vagi per endavant l'aclariment que qualsevol símbol *no* utilitza sempre *totes* les variables visuals alhora, ja que, segons la implantació, algunes poden no ser necessàries. Per exemple, en implantació puntual la

forma i l'orientació són sempre imprescindibles; no és així en implantació superficial, on el color pot complir les mateixes funcions i per tant substituir-les amb molts avantatges; el color no existeix en mapes en blanc i negre, etc. En segon lloc, no totes les variables visuals funcionen igualment bé en les tres implantacions. La implantació lineal, per exemple, s'adequa menys a canvis d'orientació (figura 2b), de gra, fins i tot de color. La variable visual *mida* o *talla* funciona molt bé en implantacions puntual i lineal (figures 3a, 3b), però molt pitjor en la superficial (figura 3c). Una altra característica bàsica és la *longuer* o nombre de variacions que poden ser reconegudes. Encara que teòricament la *longuer* d'algunes variables visuals pot ser il·limitada, a la pràctica la restricció perceptiva és dràstica. Per exemple, les variacions de forma i de color en el disseny dels símbols poden ser nombroses, mentre que la cerca d'una bona llegibilitat fa que no sigui recomanable utilitzar més de quatre variacions de l'orientació (figures 2a i 2c), ni més de set o vuit intervals en una gamma escalada de grisos (*valor*).

El *color* és la variable més complexa, però alhora el seu ús fa molt més efectiva la comunicació gràfica. El color no només afegeix un component decoratiu força atractiu per si mateix, sinó que potencia l'interès visual, augmenta moltíssim les possibilitats dels dissenys, fa més visibles els detalls, desperta reaccions estètiques, permet evocar conceptes (vermells amb calor, blaus amb fred, verd amb vegetació, etc.), amplia extraordinàriament les possibilitats d'estructurar la informació, etc. Per contra, l'edició en color és cara. L'ús del color presenta una *longuer* considerablement àmplia pel que fa, sobretot, a la implantació superficial.

La complexitat en l'ús del color és conseqüència de les tres característiques o propietats intrínseques que presenta. En el co-



En el color, les variacions de to són associatives i selectives.



Canvis en el valor del color es poden aconseguir:
 (a) variant la saturació, o
 (b) amb una gamma de tons ordenada de clar a fosc.

En el color, els canvis en la saturació (6a) i en el valor (6b) són dissociatius, selectius i ordenats.

L'espaiat és una variant del valor.

L'espaiat és dissociatiu, selectiu i ordenat.

FIGURA 2. Les variables visuals color (to, saturació, valor) i espaiat

lor se sol distingir el to, de la saturació i del valor. Amb el risc de simplificar massa una qüestió prou complexa, convé indicar que el to és la propietat del color associada a les diferències de longitud d'ona —vermell, blau, verd, etc.—; la saturació es refereix a la propietat del color quant al grau de cromatisme i el valor a la sensació de claretat o fosc referit a una escala de grisos. Qualsevol color presenta alhora una combinació d'aquestes tres propietats; encara que no es poden aïllar, tot creant gammes sí que es poden potenciar les variacions en alguna d'aquestes, mentre es procura mantenir inalterades les altres. El fet clau és que, perceptivament, el to, d'una banda, i la satura-

ció-valor, de l'altra, tenen comportaments molt diferents. Una gamma de colors que variï segons la saturació o el valor estableix perceptivament un ordre de clar a fosc que és immediatament reconegut i pot ser convenientment aprofitat (figures 6a i 6b). Per contra, una gamma de colors amb variacions de to —procurant que saturació i valor mantinguin una màxima homogeneïtat— no estableix cap ordre⁵ i s'emptra, per tant, per dissenyar llegendes on la informació sigui purament qualitativa o conceptual (figures 5a, 5b i 5c).

5. L'ordre dels colors que es deriva de considerar la seva longitud espectral no és perceptivament captat com a tal.

Al marge del color, la variable visual *valor* és la sensació de claretat o fosc valorada en una escala de grisos que abasta des del blanc fins al negre (figures 4a, 4b i 4c). La sensació escalada de clar a fosc es pot aconseguir mitjançant trames de mitges tintes (*screen*, en anglès), és a dir, punts que van augmentant de mida i per tant la quantitat de tinta sobre el paper (que es pot mesurar en percentatges), o mitjançant la repetició d'algun element gràfic senzill, com ara punts o línies que es van ajuntant i van reduint, per tant, l'espai entre si. Per aquest motiu, quan la sensació de claretat i fosc deriva de trames de punts o línies clarament visibles que es van densificant, es parla d'*espaïat* com d'una altra variable visual (figura 7).

La *textura-estructura* no és sinó l'aplicació de la variable visual *forma* en implantació superficial (figura 1c), però això comporta una certa complexitat. En la textura-estructura intervé la repetició d'elements gràfics simples que formen una trama regular i que, pròpiament, s'anomena *estergit*, *poncif* (francès), *pattern* (anglès) i *estarcido* (castellà). *Textura* designa la forma dels elements i *estructura* la disposició d'aquests entre si. Tanmateix, també hi intervenen en el resultat final la mida dels elements gràfics i la proporció de blancs i negres. Tots aquests components, barrejats, fan complicat l'ús correcte d'aquesta variable visual en la confecció de llegendes i produeix resultats que no sempre presenten l'efectivitat i elegància que serien desitjables. D'altra banda, però, l'existència de *llibrerías* de trames als programes informàtics de disseny gràfic i mapes n'ha afavorit l'ús.

Textura-estructura i *espaïat* són variables visuals importants en els mapes en blanc i negre, i molt secundàries en els mapes en color, on aquesta variable visual —el color— les substitueix molt avantatjosament. Ara fa uns quants anys, la massiva utilització del color, gràcies a l'òfset, en la major

part dels productes cartogràfics editats, semblava que havia relegat a un segon pla aquestes variables visuals. Tanmateix, l'extensió de la utilització en molts àmbits de les aplicacions informàtiques gràfiques i cartogràfiques (premsa diària, revistes especialitzades, etc.) aplicades totes a documents en blanc i negre ha tornat a donar actualitat a aquestes variables visuals, si més no perquè no sempre se saben utilitzar encertadament i ambdues solen ser substituïdes, erròniament en el cas de la textura-estructura, per la variable visual *valor*.

La variable visual *gra* pressuposa una textura-estructura determinada. Aplicar el gra com a variable visual significa llavors augmentar o reduir, tot dissenyant una gamma, la mida de la textura-estructura, com en una ampliació fotogràfica i, per tant, sense variar la proporció de blanc i negre. La utilització de variacions de gra sol donar resultats confusos i, sovint, poc elegants, raó per la qual, ja limitat pràcticament a la implantació superficial, s'ha abandonat pràcticament.

LES PROPIETATS PERCEPTIVES DE LES VARIABLES VISUALS

Les propietats perceptives de les variables visuals són independents de la implantació i també van ser definides i descrites per Bertin.

Una variable visual és *associativa* quan, aplicada amb variacions als símbols, aquests són percebuts tots de la mateixa importància, o, dit d'altra manera, cap símbol destaca per damunt d'un altre. Les variables visuals amb propietat associativa són per tant les adequades per a establir diferències qualitatives o conceptuals entre fenòmens, i no s'han d'utilitzar mai, en canvi, per a jerarquitzar o expressar quantitats. Les variables visuals que tenen aquesta propietat són la forma (figures 1a, 1b), l'orienta-

ció (figures 2a, 2b i 2c), i el color, en la seva propietat de *to* (figures 5a, 5b i 5c). Les variables visuals que no presenten aquesta propietat perceptiva s'anomenen *dissociatives* i les principals són el valor i la mida. És evident que amb altres característiques iguals, els símbols més grans i/o els més foscos destacaran visualment més que la resta (compareu, per exemple, les figures 2a i 4a). Respecte a la textura-estructura (figura 1c), serà associativa a condició que en el disseny de les trames no hi hagi grans diferències en la mida dels elements gràfics elementals ni en la proporció de blancs i negres.

Si les variacions en una variable visual permeten un ràpid reconeixement dels grups, llavors aquesta variable és *selectiva*. Menys la forma, totes les altres variables visuals importants —orientació, color, valor, espaiat i mida— gaudeixen d'aquesta propietat perceptiva. Pel que fa a la variable textura-estructura (figura 1c) depèn molt del disseny general de les trames, i especialment dels canvis en l'estructura i de la proporció de blanc i negre (és a dir, en última instància, de l'orientació i del valor). L'ús de variables visuals amb aquesta propietat perceptiva és força interessant perquè permet albirar amb un cop d'ull la distribució espacial de la variable representada. La manca d'aquesta propietat en la variable visual *forma* limita l'èxit comunicatiu d'algunes tècniques cartogràfiques que, encara que són molt populars, no són prou expressives. L'exemple més típic és el mapa de símbols puntuals qualitius —emprats, per exemple, per a mostrar la localització de les diferents indústries en una regió, o la mineria, o la localització de jaciments, etc.— que sí que mostren què hi ha en un lloc determinat, però no com és l'estructura de la distribució de la variable representada.

Una altra propietat perceptiva molt important és la possibilitat d'establir i reconèixer un ordre. La variable visual que ho per-

met s'anomena llavors *ordenada* i ho són el valor, el color —entès com a variacions de saturació i valor—, l'espaiat i la mida. Les variacions de forma, orientació i color (*to*) no expressen ordre i, per tant, no s'han d'usar mai amb aquesta intenció.

La quarta i última propietat perceptiva descrita per Bertin és la facultat d'expressar quantitats. L'única variable visual que gaudeix de la propietat *quantitativa* és la mida o talla. És prou evident que un símbol de grandària doble que un altre sigui entès universalment com indicatiu d'una quantitat doble. Un problema és que en el disseny dels símbols, segons la figura emprada i les magnituds representades, no sempre s'utilitza una proporcionalitat lineal, la més evident i fàcil de reconèixer, sinó una proporcionalitat superficial (amb cercles, per exemple) o volumètrica (amb esferes), amb les quals la percepció queda un xic alterada.⁶ A més, la mida és una variable visual de dubtosa estètica en implantació superficial (vegeu la figura 3c), per molt que Bertin en sigui entusiasta. A la pràctica, l'expressió quantitativa en implantació superficial es resol molt bé amb els mapes de coropletes —tot un clàssic en cartografia— que, com és sabut, utilitzen el valor (figures 4c i 6a) i l'espaiat (figura 7) en els mapes en blanc i negre, i el color, en gammes ordenades de clar a fosc, en els mapes en color (figura 6a i 6b). Al límit, una altra tècnica que podria considerar-se pròpia de l'ús de la mida en implantació superficial és la dels mapes anamòrfics, molt expressius a condició d'anar acompanyats dels corresponents mapes isomorfs de referència.

Resumint, les variacions en la forma, l'orientació i el color (*to*) s'han d'utilitzar en el disseny dels símbols per a indicar diferen-

6. La proporcionalitat superficial varia segons l'arrel quadrada del valor representat; la volumètrica, segons l'arrel cúbica.

cies de tipus qualitatiu o conceptual en la informació que s'ha de cartografiar. Si, en canvi, la informació presenta una jerarquització semiquantitativa o de rang, o bé quantitativa (ja amb intervals estadístics, ja amb proporcions individuals), el valor (amb les seves variants d'espaiat i de color) i la talla són les variables visuals que han d'expressar les diferències. A partir d'aquesta elemental *regla d'or* del llenguatge cartogràfic s'aplica la variable visual més adient a la implantació requerida.

LA PROPIETAT EVOCADORA DE LES VARIABLES VISUALS

Un altre aspecte de la percepció, important i molt evident, és la propietat que tenen moltes variables visuals d'evocar conceptes i idees, tot despertant emocions i suggerint analogies i associacions amb la informació representada. Algunes d'aquestes reaccions són espontànies i universals, altres són pròpies del bagatge cultural, diferent de grup a grup, i altres finalment es basen en experiències personals. Val la pena assenyalar algunes d'aquestes evocacions associades al disseny dels símbols i a les variables visuals en particular.

De l'enorme capacitat evocadora del color ja se n'ha parlat: blau per a l'aigua, però també per al fred; vermell per a la calor, però també per al perill; verd per a la vegetació, però també per a l'Islam, etc. L'ús de colors complementaris (verd i taronja, groc i violat, blau i vermell) pot potenciar la noció de conceptes oposats.

La forma, sobretot quan adopta característiques figuratives, és molt evocadora: la silueta d'un avió pot indicar la presència d'un aeroport; el dibuix estilitzat d'un edifici fabril amb xemeneia pot suggerir l'existència d'indústria siderúrgica; les variacions en les siluetes esquematitzades d'ar-

bres poden remetre a les diferents espècies, etc. També la variació de forma d'elements gràfics senzills pot suggerir afinitats: línies contínues per donar impressió de seguretat i continuïtat, línies partides per indicar probabilitats o provisionalitats, etc.

Variacions en l'orientació poden suggerir estabilitat (com les línies horitzontals) o inestabilitat (línies inclinades); respecte a la mida és universal associar talles grans amb més importància; valors foscos indiquen també més (importància, població, renda, contaminació...) respecte a valors més clars, etc.

L'explotació de les característiques evocadores de les diferents variables visuals en el disseny dels símbols és quasi sempre molt recomanable, ja que no només facilita la interpretació del mapa, sinó que ajuda a fixar-ne en la memòria el significat (Rabella, 1988), sense haver de consultar contínuament la llegenda.

Finalment, una altra norma molt bàsica lligada a l'associació espontània de conceptes és que a *cada* variació d'una variable visual li ha de correspondre *un* canvi en la informació. I, viceversa, per a expressar *una* diferència en la informació (sigui aquesta de caire qualitatiu o quantitatiu) s'ha d'emprar només la variació d'*una sola* variable visual. Amb això es poden crear llegendes complexes ben estructurades i jerarquitzades on conceptes i magnituds es combinen adequadament per a donar lloc a mapes inequívocs.

MULTIMÈDIA I SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA

Les noves tecnologies informàtiques anomenades *multimèdia* han obert un camp amplíssim de possibilitats en la representació gràfica i cartogràfica. Les seves aportacions estan alterant el mateix llenguatge

cartogràfic, amb la incorporació de noves variables, visuals i audibles.⁷

La principal característica de les noves variables visuals és que estan dotades de moviment. El *parpelleig* i l'*oscil·lació* —moviment curt i reiteratiu— és presenten com dos recursos visuals pseudodinàmics utilitzats bàsicament com a crida d'atenció i amb funció de localització. El *desplaçament*, o circulació de símbols, és una variable veritablement dinàmica, ideal per a mostrar fluxos i difusions. La *animació* de seqüències i el *zoom* o efecte *lupa* són altres variables d'aplicació cartogràfica molt més complexa.

Respecte a les variables audibles, l'ús és, cartogràficament parlant, molt limitat, perquè en resulta estrictament complementari. L'aspecte més interessant és, potser, la possibilitat de reproduir fonèticament els topònims en la llengua original, activant-los amb el punter.

Tanmateix, no sembla que de moment el mapa tradicional, estàtic i en suport paper, hagi de ser desbancat i substituït per la pantalla de l'ordinador, si no és pel que fa als productes multimèdia. Comparada amb el paper imprès, la reproducció cartogràfica dels monitors més comuns presenta encara característiques grolleres, molt allunyades d'una cartografia de qualitat.

Molt diferent és, en canvi, la tecnologia informàtica dels *sistemes d'informació geogràfica*, també en franca i ràpida expansió. Són eines potentíssimes que permeten la captura, l'emmagatzematge, l'administració, la manipulació, l'anàlisi i la visualització d'informació georeferenciada —i, per tant, territorial— a fi de resoldre problemes complexos de planificació i gestió (Lleopart, 1990). Al marge de la seva utilitat, com destaca Rabella (1998), per les seves prestacions els sistemes d'informació geo-

7. Les idees que s'han exposat són un brevíssim resum extret de Rabella (1998).

gràfica «tendeixen a convertir-se ells mateixos en *la cartografia*, usurpant al mapa el seu paper tradicional de producte final, magatzem d'informacions territorials amb funcions d'inventari, investigació i anàlisi[...]. Amb els sistemes d'informació geogràfica, cada mapa pot redefinir-se com un producte conjuntural[...], una presentació visual contingent, concreta i selectiva d'informacions[...] del territori, una de les moltes que un sistema d'informació geogràfica conté i permet».

Si es confirmen aquestes tendències —i tot apunta que es realitzaran— els mapes seran ben aviat un producte *a la carta*, produït en funció d'unes necessitats concretes i específiques per especialistes i per a especialistes. Tanmateix, el seu llenguatge universal continuarà posant-los a l'abast de tothom que els vulgui llegir.

CONCLUSIÓ

En aquest últim segle, la cartografia ha incrementat la seva presència i protagonisme en molts àmbits, i el de la difusió de la ciència té una importància certament no secundària. Amb una àmplia tradició en aquest camp, les noves tecnologies i la demanda d'un públic cada vegada més nombrosos i en contínua expansió han contribuït activament a la difusió del saber cartogràfic, que es presenta com una eina valuosa de comunicació en un món caracteritzat per la importància creixent de la informació i dels recursos que permeten d'accedir-hi.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRÉ, A. (1980). *L'expression graphique: cartes et diagrammes*. París: Masson.
 BAGROW, L. (1964). *History of cartography*. Londres: R.A. Skelton.
 BÉGUIN, M.; D. PUMAIN (1994). *La représentation des don-*

- nées géographiques. *Statistique et cartographie*. París: Armand Colin.
- BERTIN, J. (1967). *Sémiologie graphique*. París: Mouton: Gauthier-Villars: CNRS.
- BONIN, S.; M. BONIN (1989). *La graphique dans la presse. Informer avec des cartes et des diagrammes*. París: CFPJ.
- CHUVIECO, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección espacial*. Madrid: Rialp.
- HERNANDO, A. (1999). «Entre el humor y el discurso ideológico. Cartografía satírica en la prensa española». Jornadas de Cartografía y Medios de Comunicación. Madrid, 19-20 nov. 1998. Real Sociedad Geográfica. Multicopiat
- HOLMES, N. (1984). *Designer's Guide to Creating Charts and Diagrams*. Nova York: Watson-Guptill Publications.
- LEOPART, A. (1990). «Sistemes d'Informació Geogràfica». *Revista Catalana de Geografia*, núm. 11, pàg. 15-19.
- LODOVISI, A; S. TORRESANI (1996). *Storia della Cartografia*. Bolonya: Pàtron Editore.
- MONMONIER, M. (1991). *How to lie with maps*. Chicago: The University of Chicago Press.
- PALAGIANO, C. [et al.] (1984). *Cartografia e territorio nei secoli*. Roma: La Nuova Italia Scientifica.
- RABELLA, J. M. (1988). *Teoria i pràctica dels Atles escolars*. [Tesi doctoral microfitxada]. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- (1998). *Cartography and Multimedia. Past, Present and Futur*. [CD-ROM] Proceeding GIS Planet '98. International Conference & Exhibition on Geographic Information. Lisboa.
- (1999). «Els geògrafs i la Cartografia (passat, present i futur)». *Professor Joan Vila Valentí. El seu mestratge en la geografia universitària*. Barcelona: Publicacions de la Universitat de Barcelona, pàg. 411-421.
- RAISZ, E. (1948). *General Cartography*. Nova York: McGraw-Hill.
- ROBINSON, A. H. [et al.] (1984). *Elements of Cartography*. Nova York: John Wiley and Sons, Inc.
- ROULEAU, B. (1991). *Methodes de la cartographie*. París: CNRS.
- SESTINI, A. (1981). *Cartografia Generale*. Bolonya: Pàtron Editore.
- SHAEFER, F. K. (1953). «Exceptionalism in Geography: a Methodological Examination». *Annals of the Association of American Geographers*. Vol. XLIII. Washington, pàg. 226-249.
- TRÈMOLS, M. (2000). *El mapa a la premsa: possibilitat i funcions de la Cartografia periodística*. [Tesi de doctorat inèdita]. Universitat de Barcelona.
- TUFTE, E. R. (1983). *The Visual Display of Quantitative Information*. Chesire, Connecticut: Graphic Press.
- TYNER, J. (1992). *Introduction to Thematic Cartography*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- WOOD, D. (1992). *The power of maps*. Londres: Routledge.

RESSENYA CURRICULAR

Graziana Ramazzini i Gobbo, llicenciada en geografia, és professora de cartografia des de l'any 1991 a la Facultat de Geografia i Història—ensenyament de geografia— de la Universitat de Barcelona. Entre 1978 i 1991 ha estat professora de geografia a l'Escola Universitària de Formació del Professorat d'EGB de la Universitat de Barcelona. El 1999 va publicar les *Pràctiques de Cartografia*, col·lecció Quorum, a l'editorial Teide.