

## **Els Sistemes d'Informació Geogràfica: eina o ciència?**

**Anna Badia Perpinyà**  
**Francesc X. Camps Fernández**  
*Universitat Autònoma de Barcelona*  
*Departament de Geografia*

### **Introducció**

Si ens situem als inicis dels SIG a començaments dels anys 60, aquests van sorgir amb un objectiu molt concret: desenvolupar una eina per analitzar la gran quantitat de dades recollides per l'Inventari del Sòl del Canadà (*Canada Land Inventory, CLI*) i extreure estadístiques per ser utilitzades en el desenvolupament de plans de gestió del sòl, per a extenses àrees de les zones rurals del Canadà. Va ser un problema concret per resoldre que va donar lloc al que serien els inicis de la gran revolució del tractament de la informació geogràfica digital, els SIG. Els SIG han esdevingut una revolució en el camp de l'anàlisi geogràfica, i per això hi ha aquesta necessitat de contextualitzar-los, trobar un camp propi. Els SIG són una eina de suport a la resolució de problemes espacials o són una ciència amb el seu camp de recerca propi? Aquest és, en termes genèrics, el plantejament que segueix el debat.

Quan Tomlinson va introduir el terme Sistemes d'Informació Geogràfica a començaments dels anys 60, poc s'havia d'imaginar l'impacte que tindrien no tan sols dins la mateixa disciplina de la geografia, allà on van nèixer, sinó en moltes d'altres, i la sèrie de debats que s'iniciarien intentant justificar o integrar aquesta tècnica dins d'un camp purament instrumental o en el camp cien-

tífic. Tomlinson va ser clar en la seva definició dels SIG com una aplicació de la informàtica dissenyada per a realitzar una sèrie de funcions específiques (Coppock *et al.* 1991); de fet, l'expectació sorgida al voltant dels SIG és deguda a la capacitat d'anàlisi espacial que ens proporcionen; és per aquest motiu que els SIG van ser dissenyats per a donar un clar suport a la presa de decisions en qüestions que fan referència bàsicament a l'anàlisi i ordenació territorial. Però Tomlinson no va deixar tan clar què és el que significa *fer SIG*.

Tot i que els autors consideren que cal desmitificar l'ambigüïtat dels SIG com a eina o ciència, creiem que és un debat interessant per reflexionar-hi, a causa de les connotacions que té tant en el món científic, com en el camp de totes les seves possibles aplicacions.

## **El debat: SIG, eina o ciència?**

En els inicis del desenvolupament dels SIG ningú no es plantejava començar un debat sobre si eren una eina o una ciència, i ha estat amb la seva evolució que ha sorgit la necessitat de definir el seu propi context.

Segons Wright *et al.* (1997) són els SIG els que finalment han trencat l'aïllament de les diferents disciplines relacionades com ara la fotogrametria, la teledetecció, la geodèsia, la cartografia, la topografia, la geografia, la informàtica, l'estadística espacial i d'altres disciplines, els interessos de les quals es centren en el camp de la informació espacial; són les aportacions de totes aquestes disciplines les que constitueixen els SIG.

Molts dels científics i les principals institucions inclouen en les seves definicions el concepte de SIG com un conjunt d'eines que faciliten un gran nombre d'utilitats com ara la captura de dades, el tractament i l'anàlisi d'informació, i la presentació dels resultats (Burrough, 1986; NCGIA, 1990). Per tant ja associen el concepte de SIG al de caixa d'eines o *toolbox*. Darrerament hi ha hagut un interès especial en aprofundir en el sentit estricte dels SIG i en aquest context ha començat a estendre's la consideració dels SIG com a ciència, en el moment que s'associa a la recerca. Va ser el 1993 que es va iniciar aquest debat electrònic recollit i explotat per Wright *et al.* (1997). El desenvolupament de les autopistes de la informació ha afavorit el sorgiment de grups de discussió sobre temàtiques diverses, la qual cosa ha fet possible aquest tipus de debats que permeten el contacte de diferents professionals i alhora contrastar les seves opinions de manera molt més còmoda i ràpida. El *GIS-L electronic listserv* és doncs, un grup de discussió entre aquells professionals que utilitzen, desenvolupen o investiguen en SIG.

Aquells professionals que veuen els SIG en el seu vessant més instrumental, els és difícil entendre'ls com a ciència, ja que consideren els SIG com a eina o tècnica (Crespeau 1993; Feldman, 1993; Halls, 1993). Molts d'ells consideren que la part científica dels SIG no es troba tant en el desenvolupament de l'aplicació en sí, sinó en la recerca o investigació geogràfica per sí.

D'altra banda, consideració dels SIG com a ciència, s'ha argumentat pel fet que la utilització dels SIG és un mètode de coneixement per a desenvolupar i provar teories espacials, no sobre l'entitat física dels SIG per ells mateixos (Brenner, 1993; Laffey, 1993; Sandhu, 1993; Wright, 1993). Per un costat consideren que el punt de vista dels SIG com a caixa d'eines és correcte, però al mateix temps és limitada, ja que són tan importants els components de *hardware/software*, com els elements conceptuals dels SIG (per exemple, les normes que regeixen la creació dels models espacials pels SIG, anàlisi d'errors, o les proves dels teoremes en les estructures de dades). Aquests són alguns dels aspectes que fan reclamar el paper dels SIG com a ciència (Wright *et al.* 1997), i és en aquest sentit que darrerament s'ha generalitzat l'ús del terme Ciència d'Informació Geogràfica (Goodchild, 1992; Rhind *et al.* 1991; Rhind, 1992; Dobson, 1993, i altres).

A continuació citem alguns exemples de definicions i/o descripcions d'entre els partidaris dels SIG com a eina o ciència, recollits pel GIS-L (a partir de Wright *et al.* 1997).

### **SIG-Eina**

– Els SIG són una eina, una tecnologia, un entorn per resoldre problemes (Skelly, 1993).

– Els SIG esdevindran una ciència quan es divorciïn de la geografia. Si els SIG són una ciència, el *hardware* estadístic i el seu ús són ciència. El coneixement teòric que fonamenta el disseny d'un model és ciència, i no ho és el coneixement de com funciona un *hardware*. Per tant la geografia és una ciència, no els SIG (Crepeau, 1993).

– Hi ha qui entén els fenòmens espacials a través de la utilització dels SIG. Els SIG són una eina utilitzada pels científics (McCauley, 1993).

– Els SIG són l'aplicació de la ciència espacial per estudiar els objectes localitzats en l'espai (Halls, 1993).

– Els SIG són una àrea d'aplicació que combina elements de la informàtica i de la geografia, no una ciència per ella mateixa (Feldman, 1993).

### **SIG-Ciència**

– Els aspectes que fan considerar els SIG com a ciència inclouen l'estudi de la incertesa i dels errors de les dades espacials, llinatges de les dades i la manera com els SIG són adoptats per les agències (Wright, 1993).

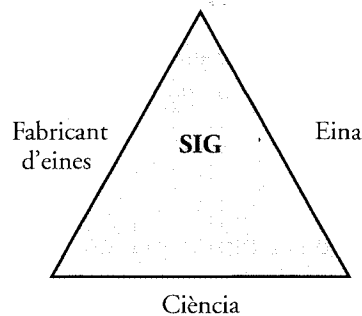
– La teoria dels SIG és ciència, assumint que el desenvolupament d'algoritmes i la metodologia apropiada és ciència (Brenner, 1993).

– Els que investiguen noves vies per analitzar dades no estan fent ciència? Aquest fet inclouria el desenvolupament de teories per entitats tals com fenòmens espacials i temporals. Pels científics que l'utilitzen és una eina, pels productors de SIG, és l'enginyeria d'una eina, pels científics que estenen els SIG és una ciència (Sandhu, 1993).

– Aspectes com la investigació del paper de l'escala en els SIG, la importància de la integritat espacial quan totes les capes d'informació provenen de la mateixa base, etc. no són garantia de ciència? Aquestes respostes són possibles des d'una altra ciència? (Carlson, 1993).

### **Les tres posicions davant dels SIG segons l'anàlisi del GIS-L electronic listserver**

Segons Wright *et al.* (1997), ens trobem amb tres posicions davant dels SIG:



Els partidaris dels SIG com a eina s'identifiquen com usuaris d'un tipus determinat de *software*, de perifèrics com ara digitalitzadors i plòters, i de dades geogràfiques en format digital, amb la finalitat de dur a terme una determinada aplicació. Pels qui consideren que els SIG són una eina, «fer SIG» significa fer ús d'una eina per avançar en la investigació d'un problema. En aquest cas, els SIG són probablement una de les diferents eines utilitzades, les quals han estat seleccionades per la seva eficiència en el projecte de recerca. En aquest nivell d'utilització, són habituals els títols «La utilització dels SIG...», encara que el procés responsable pel desenvolupament de les eines és independent del problema de recerca.

Els científics, per dur a terme la seva recerca utilitzen diferents eines, algunes d'elles, com els processadors de textos, o els fulls de càlcul, etc. no tenen cap associació amb la disciplina, d'altres es desenvolupen especialment per aquella disciplina, o fins i tot, per un projecte concret, i d'altres es troben al mig.

La percepció dels SIG com a fabricant d'eines s'orienta a la recerca d'una millora en les capacitats de gestió i anàlisi de la informació geogràfica. Els fabricants d'eines promouen l'adopció dels SIG en el camp de l'ensenyament, per tant se situen entre el continu SIG/eina i SIG/ciència.

Pels fabricants d'eines, l'eina és inseparable del problema substantiu; per exemple, «fer SIG» implica integrar-se en el desenvolupament de l'eina per ella mateixa. Els geògrafs que participen en el disseny de les eines dels SIG, parti-

cipen directament en la seva especificació, en el seu desenvolupament, en la seva avaluació, de la mateixa manera que en el seu ús.

Des del punt de vista dels *SIG com a ciència* s'associa dos conceptes a l'emergència de la ciència basada en els SIG: la *geomàtica* i la Ciència d'Informació Geogràfica. El primer fa referència a tots els camps relacionats amb els SIG, des de les disciplines que han desenvolupat conceptes pel tractament de l'espai, els diferents camps que desenvolupen eines per treballar amb informació espacial com aquelles disciplines que proporcionen fonaments teòrics per treballar amb l'espai i l'automatització (Laurini *et al.* 1992). El segon fa referència a la ciència dels sistemes d'informació geogràfica, concretament als elements primitius utilitzats per a descriure, analitzar, modelitzar, trobar el per què i prendre decisions d'alguns fenòmens distribuïts a la superfície de la terra.

La recerca dels SIG probablement implementarà aquells conceptes i procediments més simples, més lògics i definits més rigorosament; per exemple, mesures de camp, la tria entre representacions alternatives, normes de generalització i representacions múltiples, mètodes d'anàlisi i modelització, problemes que descriuen el contingut de les dades geogràfiques i avaluen la seva aptitud per a ser utilitzades, i mètodes de visualització. Aquest conjunt d'aspectes confirmen la pluridisciplinarietat de la naturalesa de la Ciència d'Informació Geogràfica, que al costat de la geografia, inclou disciplines tradicionals de la informació geogràfica com ara la geodesia, la topografia, la cartografia, fotogrametria i teledetecció, i juntament amb d'altres disciplines com ara l'estadística, la ciència cognitiva, ciència de la informació i informàtica. És la recerca en tots aquests camps que fa dels SIG una ciència. De totes maneres, cal tenir en compte que s'insisteix en l'estreta relació entre eina i ciència.

De fet és significatiu que la principal revista de SIG hagi canviat de nom, ja que fins l'any 1996 s'anomenava *International Journal of Geographic Information Systems* i a partir de l'any 1997 ha passat a anomenar-se *International Journal of Geographic Information Science*.

Tenint en compte aquestes tres perspectives, s'està en condicions de fer una valoració del que s'entén per «fer SIG». Si els SIG són una eina, poc poden fer en el camp de la recerca, i en aquest cas, «fer SIG» no és necessàriament fer ciència. Els SIG com a fabricants d'eines tenen un camp més ampli; en aquest cas els SIG inclouen casos d'estudi que demostren una metodologia i potser desenvolupen algun *software* de SIG orientat a resoldre alguns problemes de contingut espacial; per tant, des d'aquest punt de vista el progrés es centra en les millores de les utilitats de les eines; ens trobaríem segurament en el vessant més comercial dels SIG. La tercera posició, la ciència dels SIG, fa referència a totes aquelles qüestions que sorgeixen de la utilització dels SIG en geografia o en qualsevol altre disciplina; reconeixen els SIG com a camp de recerca per ell mateix i el seu progrés es mesura pels resultats que s'obtenen amb la recerca, la qual cosa contribueix en la comprensió del territori i en la millora de les eines per elles mateixes. En aquest cas, fer SIG és fer ciència, la qual cosa permet legitimar els SIG com a camp de recerca.

## Utilitzem els SIG o fem ciència?

La discussió recollida per Wright *et al.* (1997), posa de manifest la necessitat d'introduir en la geografia les reflexions sobre la ubicació dels SIG. Aquests debats creixen per l'ambigüitat d'ubicar els SIG com a eina o com a ciència.

La clau es troba en l'àmbit en que s'utilitza o es fa SIG o en el què és el que constitueix ciència. Un exemple d'aplicació dels SIG en el qual un investigador que desenvolupa un treball d'anàlisi de camps abandonats i que utilitza aquesta tècnica per tal de combinar les diferents variables que interveuen en el procés d'abandonament, no podríem considerar que fan investigació en el camp dels SIG, sinó que la recerca la fan en l'àmbit de la geografia física, i utilitzen les capacitats funcionals dels SIG com a eina per portar a terme la seva recerca. D'altra banda, els que centren la seva recerca en l'increment de les potencialitats dels SIG en sí per aplicacions espacials, desenvolupant algoritmes o metodologies, en aquest cas es pot considerar que fan ciència. La interpretació dels SIG com a eina o ciència dependrà de l'àmbit d'utilització i/o investigació. Per tant, no s'hauria de ser estrictes en definir com a terme genèric els SIG únicament com a eina o com a ciència, i en tot cas hauríem de fer una definició pels que fan SIG (ciència) o els que utilitzen SIG (eina).

Caldria distingir entre tres àmbits d'utilització o investigació en SIG, establint un parel·lelisme amb les tres posicions comentades anteriorment:

- en l'àmbit governamental, en el camp dels negocis i l'educació
- disseny d'un SIG des del punt de vista estrictament comercial
- recerca i/o investigació en la mateixa metodologia dels SIG i en el desenvolupament d'algoritmes

En el primer cas, professionalment tant en l'àmbit públic com privat, la tecnologia té el potencial de contribuir en la societat en general i en la cultura, per tant els SIG es veuen com una eina de suport a la gestió i planificació del territori. Si ens centrem en la docència dels SIG (pensant evidentment en un nivell universitari bàsic) el que s'ensenyava no és en termes dels SIG associats al concepte de ciència, ja que els objectius que s'han plantejat fins ara van més orientats a aprendre les seves principals funcionalitats per tal de tenir unes nocions bàsiques de cara a la seva aplicació en un futur professional, perquè la majoria d'usuaris de SIG no es dediquen a dissenyar aplicacions o a fer recerca en SIG, sinó senzillament l'utilitzen com a una eina.

Generalment, els geofísics, els biòlegs, els ecòlegs, els ambientalistes, tots veuen els SIG com una eina que facilita les principals funcions per avançar en un projecte concret. La majoria d'usuaris utilitzen els SIG, no fan ni dissenyen un SIG. Tot i que ens trobem actualment en la fase de creació de bases de dades per a ser introduïdes en un SIG, l'administració i el sector privat utilitzen els SIG en el sentit més estricte d'instrument per dur a terme tasques de gestió i planificació territorial, encara que en molts casos hi hagi la necessitat

de personalitzar una interfase. És per aquest motiu que hi ha aquesta tendència a associar els SIG més a una revolució tecnològica que a una revolució científica.

Els que tenen un paper molt important i alhora significatiu és el sector comercial. Els SIG han esdevingut un gran negoci; per fer-nos una idea, l'any 1993, els SIG movien a Europa aproximadament uns 700 milions de dòlars USA entre *hardware*, *software* i serveis (Gutiérrez i Gould, 1994). Quantitativament i qualitativament hi ha un mercat emergent de nous productes que es coneixen a mitjançant les autopistes de la informació, incorporant-se a aquest negoci dominat fins ara per grans firmes comercials com ara ESRI, Intergraph, MapInfo, etc.

Finalment, el terme ciència se sol utilitzar com a sinònim genèric de recerca. La justificació de la consideració dels SIG com a ciència es basa en el fet que es desenvolupen conceptes i algorismes específics pels SIG. És molt important identificar aquelles àrees on els SIG han creat aspectes únics i innovadors que no són comuns en d'altres camps. Goodchild (1992) veu el futur dels SIG com una ciència, més que un sistema, i alhora considera els SIG com a una eina per a la ciència de la informació geogràfica i es planteja: els SIG per a la ciència o la ciència dels SIG? De totes maneres és partidari de la necessitat de reconèixer i desenvolupar el paper dels SIG com a ciència. Sembla que els autors que han recollit les diferents visions en el debat, tinguin necessitat de referir-se als SIG en termes de Ciència de la Informació Geogràfica, per donar legitimitat teòrica i analítica als SIG. Aquest terme emergeix pel creixement en el camp dels SIG i dels seus usuaris.

Molts dels partidaris dels SIG com a ciència o dels que es troben en el mig de la discussió, no semblen requerir un camp de coneixement propi pels SIG; en canvi, veuen la ciència dels SIG com a subdisciplina de la geografia o de la informàtica. De fet, molts dels pioners dels SIG van ser geògrafs i molts dels geògrafs, més que qualsevol altre disciplina, identifiquen, conceptualitzen i formalitzen les connexions espacials entre conceptes espacials i la informàtica (Barlett, 1993). En aquest sentit hauríem de considerar els SIG, en termes generals, com a una ciència que permet desenvolupar eines per a l'anàlisi espacial.

Què és el que dona als SIG un camp propi dins l'àmbit de la recerca? La tecnologia, el conjunt d'aplicacions, les capacitats d'anàlisi i la presa de decisions, o el disseny d'una base de dades? La informació geogràfica té característiques úniques, i la seva recollida, tractament i anàlisi presenta els seus problemes propis. Mark (1990) va argumentar que els SIG tenen molta rellevància en cada un dels quatre paradigmes tradicionals que va descriure Pattison (1964): relació societat-medi, ciències de la terra, estudis regionals, i anàlisi del territori. L'emergència dels SIG ha fet sorgir un nou camp que contribueix a cadascun d'aquests quatre paradigmes i genera nous espais de recerca en la informació geogràfica: la seva captura, estructuració, acuracitat, anàlisi, visualització, etc.

Si anteriorment tots aquests aspectes havien estat implícits en la informació geogràfica, com l'acuracitat i la visualització de la informació, ara esdevenen explícits per la mateixa estructura imposada pel sistema de gestió d'informació digital (Kemp *et al.* 1992).

No és el mateix investigar utilitzant els SIG com a eina de suport per a modelitzar la realitat, que investigar en SIG per incrementar les seves potencialitats. Una cosa és ser usuari dels SIG i l'altra desenvolupar les tècniques dels SIG.

## **Els SIG en el context de la disciplina geogràfica**

En aquest discurs ha quedat de manifest, sense cap mena de dubte, que els SIG tenen un paper determinant en la Geografia, i el ressò que ha tingut aquest debat entre els geògrafs. Segons Dobson (1993), la relació entre geografia i la Ciència de la Informació Geogràfica és semblant a la que s'ha establert durant molt temps entre cartografia i geografia. L'any 1983 Dobson parlava de Geografia Automàtica; des de llavors fins ara hi ha hagut molts anys de canvis tant en les tecnologies de la informació, com en la mateixa metodologia de la geografia. Fa pocs anys es necessitaven estacions de treball molt potents per tractar i manipular informació espacial. Actualment, les capacitats dels ordinadors personals fan possible executar un gran nombre d'aplicacions que requereixen operacions molt complexes. Ha estat durant els anys 90 que s'han generalitzat els camins que ha emprès els SIG, tant en el camp dels cursos d'utilització i en la familiarització del llenguatge dels SIG, com en d'altres vies –ha estat una eina que ha entrat en d'altres disciplines no geogràfiques, però que utilitzen informació referenciada espacialment, ha integrat d'altres tecnologies de processament d'imatges i de captura de dades, i ha incrementat la relació dels investigadors universitaris amb productors i desenvolupadors de *software* i *hardware*– (Pickles, 1997).

El que caracteritza els SIG és la seva capacitat d'interrelacionar o integrar diferents conjunts d'informació sobre fenòmens localitzats en el territori, és això el que els converteix en una disciplina íntimament relacionada amb la geografia. Malgrat que els avenços dels SIG han anat molt lligats al desenvolupament de les noves tecnologies, no s'ha d'oblidar que els SIG estan lligats amb el desenvolupament de la geografia i les ciències afins. És important destacar el paper que han tingut els geògrafs en aquest camp en un doble vessant, com a usuaris i com a desenvolupadors. Pels geògrafs, els SIG no són un senzill instrument, sinó que milloren la capacitat d'anàlisi geogràfica.

Independentment del debat *SIG: eina o ciència*, la geografia s'ha desenvolupat conceptualment i metodològicament al costat d'altres ciències que semblen tenir uns fonaments acceptats per la majoria de la comunitat científica, però a diferència d'aquestes ha de continuar defensant o justificant la majoria d'àmbits d'estudi del seu interès com a propis. La implantació dels SIG pot



influenciar de manera positiva cap a un canvi dins d'aquest posicionament de la geografia en el món científic. El potencial dels SIG, deixant de banda la capacitat del maquinari o l'eficiència del programari, ha significat per a la geografia molt més: estar al davant d'aquesta eina o disciplina transversal, aplicable i eficaç a la majoria de disciplines que estudien la relació societat-medi.

## Conclusió

Els SIG han tingut un impacte significatiu en molts camps de l'activitat humana, des dels governs locals a la gestió, canviant el tractament i anàlisi de la informació geogràfica. Aquest fet és indubtable sigui quin sigui el punt de vista que es defensi.

En el camp de l'ensenyament i els tècnics que l'utilitzen, els SIG s'associen sense cap mena de dubte a una eina, i en el camp de la recerca s'associen a la ciència. Però uns i altres no són excloents, ans al contrari, necessaris pel desenvolupament dels SIG en el sentit més genèric. El que caracteritza els SIG no és la producció cartogràfica en sí mateixa, sinó la capacitat de generar nova informació a partir de la superposició de capes d'informació per dur a terme l'anàlisi espacial, per uns des del punt de vista més instrumental en el sentit de les eines disponibles per a l'anàlisi, i pels altres des del punt de vista científic, de la recerca en la millora de les funcions i aplicacions.

No s'ha de ser estricte en la definició; utilitzar un terme o un altre estarà en funció del camp d'aplicació o recerca. Hi ha d'haver qui utilitza els SIG i qui investiga en SIG. És clau tenir en compte si fem recerca amb SIG o fem recerca sobre SIG. És el camp d'aplicació o d'investigació el que els fa una eina o una ciència.

Hi ha una sèrie d'aspectes claus que ajuden a la reflexió: fem recerca en SIG? utilitzem els SIG? o desenvolupem eines pels SIG? Aquestes qüestions pretenen sintetitzar tot allò exposat en l'article. D'altra banda hi ha d'altres qüestions que se'ns plantegen a partir d'aquest debat i que les deixaríem com a simples interrogants: els SIG es desenvolupen gràcies als coneixements de la ciència o és la ciència que avança gràcies als SIG? en quin sentit la ciència es pot entendre separatament de les seves eines?

Hem de tenir en compte que el que s'ha plantejat com un joc d'interessos per donar als SIG un camp propi dins l'àmbit científic, hauríem d'admetre, que en el fons, el reconeixement de tots els àmbits d'utilització, disseny i recerca dels SIG són necessaris per avançar en aquest camp. Hi ha una afirmació recollida anteriorment en aquest article que sintetitza molt bé el que es vol venir a dir: «pels científics que l'utilitzen és una eina, pels productors de SIG, és l'enginyeria d'una eina, pels científics que estenen els SIG és una ciència» (Sandhu, 1993). Per tant, com diuen Wright *et al.* (1997), cal desmitificar la persistent ambigüitat dels SIG com a eina o ciència.

## Bibliografia

- BRENNER, A. (1993): November 5, Geography Department, Corck University, Ireland. Re. GIS as a Science [Discussion]. *Geographical Information System Discussion List* [on line]
- BURROUGH, P.A. (1987): *Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment*, Oxford, Clarendon.
- COPPOCK, J.T. i RHIND, D.W. (1991): «The history of GIS», *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, vol. 1, eds. D.J. Maguire, M. F. Goodchild, i D.W. Rhind, pp. 21-43. Nova York, John Wiley and Sons.
- CRESPEAU, R. (1993): October 28, School of Social Ecology, University of California-Irvine. Re. GIS as a Science [Discussion]. *Geographical Information System Discussion List* [on line]
- DOBSON, J.E. (1983): «Automated geography», *The Professional Geographer*, 35(2), pp. 135-143.
- DOBSON, J.E. (1993): «The Geographic Revolution: A Retrospective on the Age of Automated Geography», *The Professional Geographer*, 45(4), pp. 431-439.
- FELDMAN (1993): November 2, Community Planning, University of Rhode Island. Re. GIS as a Science [Discussion]. *Geographical Information System Discussion List* [on line]
- GOODCHILD, M.F. (1992), «Geographical Information Science», *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), pp. 31-45.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. i GOULD, M. (1994): *SIG: Sistemas de información geográfica*, Madrid, Síntesis.
- HALLS, P.J. (1993): November 1, Simon Fraser University, Canada. Re. GIS as a Science [Discussion]. *Geographical Information System Discussion List* [on line]
- KEMP, K.J., GOODCHILD, M.F. i DOBSON, R.F. (1992): «Teaching GIS in Geography», *The Professional Geographer*, 44(2), pp. 181-191.
- LAFFEY, S.C. (1993), November, 4. Department of Geography, Northern Illinois University. Re. GIS as a Science [Discussion]. *Geographical Information System Discussion List* [on line]
- LAURINI, R. i THOMPSON, D. (1992): *Fundamental of Spatial Information Systems*, Academic Press.
- MARK, D.M. (1990): «GIS and the four traditions in Geography», comunicació presentada a l'Annual Meeting of the Assotiation of American Geographers, Toronto, Canadà.
- NCGIA, (1990): *NCGIA Core Curriculum*, Santa Barbara, California University.
- PATTISON, W.D. (1964), «The four traditions of Geography», *Journal of Geography*, 63, pp. 211-216.
- PICKLES, J. (1997): «Tool or Science? GIS, Technoscience and the theoreti-

- cal turn», *Annals of the Association of American Geographers*, 87(2), pp. 363-372.
- RHIND, D.W. (1992): «The next Generation of geographical Information Systems and the context in which they will operate», *Computers, Environment and Urban Systems*, 16:261-68.
- RHIND, D.W., GOODCHILD, M.F. i MAGUIRE, D. (1991): «Epilogue», a *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, vol. 2, eds. D.J. Maguire, M. F. Goodchild, & D.W. Rhind, pp. 313-327. Nova York, John Wiley and Sons.
- SHANDHU, J. November 1. Environmental Systems Research Institute. Redlands. Re. GIS as a Science [Discussion]. *Geographical Information System Discussion List* [on line]
- WRIGHT, D.J. (1993): October 28, Department of Geography, University of California, Santa Barbara. Re. GIS as a Science [Discussion]. *Geographical Information System Discussion List* [on line]
- WRIGHT, D.J., GOODCHILD, M.F. i PROCTOR, D. (1997): «GIS: Tool or Science? Demistifying the persistent ambiguity of GIS as “Tool” versus “Science”», *Annals of the Association of American Geographers*, 87(2), pp. 346-362.