

Els corrents entròpics en anàlisi i planificació del territori: 1964-1983

Pau Alegre i Nadal *

Résumé / Abstract / Resumen / Resum

On identifie dans cet article les principaux axes de recherche qui en analyse et en planification du territoire font usage du concept d'entropie. Le période citée est divisée en périodes quinquenales; cette division correspondant à des phases successives de diversification thématique, de maturation et d'épignes. L'application du concept est maîtrisée de manière exceptionnelle chez A. G. Wilson dans la dérivation du modèle gravitaire, chez M. J. Webber dans les modèles de localisation et chez M. Batty dans les méthodologies de régionalisation. Le dénominateur commun à ces différents éclairages est la méthode de maximisation de l'entropie. Par contre, l'usage de ce concept comme indice descriptif des distributions territoriales n'a pas bénéficié du même intérêt, et cela, malgré les efforts de théorisation et d'application qui ont été menés à partir de l'oeuvre de l'économétriste H. Theil.

L'article est complété par une vaste sélection bibliographique, utile à tous ceux qui s'intéressent à la géographie quantitative et ceux qui étudient les courants de pensée dans la géographie contemporaine.

* * *

The principal research themes related to the use of the entropic concept in regional analysis and planning are identified. For the twenty-year period studied, four five-year subdivisions are proposed, corresponding to the following stages: initial thrust, thematic

* Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra 08193.

development, maturity and after-math. Specially noteworthy are the contributions to research made by A. G. Wilson, M. J. Webber and M. Batty in the respective fields of the application of this concept in designing the gravity model, location models and methodology of spatial aggregation. The common denominator of these approaches is the entropy maximization method. This contrasts with the less prominent role which the concept plays as a descriptive index of territorial location in spite of the efforts made in the fields of theory and application by the operational researcher, H. Theil. The article is completed with a wide-ranging bibliography of utility to both those interested in theoretical geography and also researchers in contemporary geographical thought.

* * *

Se identifican las principales líneas de investigación relacionadas con el uso del concepto de entropía en análisis y planificación del territorio. Entre las fechas apuntadas en el título, se propone una periodización quinquenal correspondiente a desarrollos iniciales, de ramificación temática, de madurez y epigonales. Se destacan las trayectorias de investigación de A. G. Wilson, M. J. Webber y M. Batty en el dominio de aplicaciones del concepto en la derivación del modelo gravitatorio, de los modelos de localización y de metodologías de regionalización respectivamente. El denominador común de esos enfoques es el método de maximización de la entropía. Por el contrario, el uso del concepto como índice descriptivo de distribuciones territoriales es considerado como menos relevante a pesar de los esfuerzos de teorización y aplicación a partir de la obra del econométrista H. Theil. Se completa con una amplia selección bibliográfica que puede ser de utilidad tanto para los interesados en geografía teórica como para los estudiosos del pensamiento geográfico contemporáneo.

* * *

S'identifiquen les principals línies d'investigació relacionades amb l'ús del concepte d'entropia en anàlisi i planificació del territori. Entre les dates indicades al títol, es proposa una periodització quinquenal corresponent a desenvolupaments primerencs, de brancatge temàtic, de maduresa i epigonals. Es destaquen les trajectòries de recerca d'A. G. Wilson, M. J. Webber i de M. Batty en el domini d'aplicacions del concepte en la derivació del model gravitatori, dels models de localització i de metodologies de racionalització, respectivament. El denominador comú d'aquests enfocaments és el mètode de maximització de l'entropia. En canvi, l'ús del concepte com a índex descriptiu de distribucions territorials és considerat menys rellevant malgrat els notables esforços de teorització i

aplicació a partir de l'obra de l'econometrista H. Theil. Es completa amb una àmplia selecció bibliogràfica que pot ser d'utilitat tant per als interessats en geografia teòrica com per als estudiosos del pensament geogràfic contemporani.

Els desenvolupaments en l'ús del concepte d'entropia en anàlisi i planificació del territori se succeïren significativament durant la dècada dels anys setanta. Sempre és arriscat posar dates inicials i finals a un corrent. Fixem-nos, sinó, en les batusses que provoca la datació dels corrents artístics. Aquesta tasca és encara més difícil i polèmica quan els fets que s'intenta registrar són ben recents i els seus efectes es perllonguen fins a l'actualitat. Qualsevol acotament temporal d'un moviment artístic o científic comporta la projecció de punts de vista subjectius que deformen l'objecte d'estudi, ja sigui per successos recents, ja sigui per successos més antics. És per això que no pretenc insinuar que els fets o moviments més allunyats en el temps siguin més fàcilment objectivables; al contrari, i en contra d'erudits i positivistes contumaces, la subjectivitat s'hi hauria d'aplicar amb la mateixa intensitat que hom ho fa amb els recents.

La datació del corrent com a característic dels anys setanta ha de prendre's com una simple referència d'utilitat per a la memorització. En realitat, com he avançat al paràgraf anterior, es poden trobar els primers desenvolupaments abans d'aquella dècada, de la mateixa manera que se n'han realitzat altres amb posterioritat i fins a l'actualitat sense perdre contacte amb l'objectiu de l'ordenació territorial a qualsevol nivell epistemològic.

1. EL PERÍODE INICIAL: 1964-1969

Pot acotar-se un primer període o etapa de desenvolupament que abarcaria des de mitjan anys seixanta fins a l'any 1970. Aquest any és significatiu per l'aparició d'*Entropy in Urban and Regional Planning* d'Alan Wilson i també per l'aplec de treballs presentats en el suplement del volum 46 de la revista *Economic Geography* sobre diversos usos de la teoria de la informació per a l'anàlisi territorial. Aquestes aportacions bàsiques varen assenyalar l'afermament de les propostes efectuades els anys anteriors de forma encara estantissa.

Per exemple, ha estat assenyalat l'article del geògraf Leslie Curry de l'any 1964 com el primer text en el qual es presenta el formalisme de la maximització de l'entropia de manera operativa en el domini territorial. Altres, en canvi, notarien diversos treballs del també geògraf Brian Berry (1962, 1964, 1967 i 1971) com a introductoris de l'ús del concepte d'entropia per a la caracterització de sistemes urbans i regionals. El mateix Alan Wilson ha reconegut en un treball recent (1984) que la seva derivació del model gravitatori havia estat avançada per altres autors de l'àmbit de co-

neixement de disseny de sistemes de trànsit, el més significatiu dels quals és el de Murchland de l'any 1966, un abans de la seva primera contribució al tema. En fi, l'any 1967 el geògraf rus Yuri Medvedkov va introduir el concepte de mesura d'entropia en els seus estudis de distribució del poblament a través de les formulacions de la teoria de la informació. Amb això vull fer notar que el corrent no va iniciar-se en un sol focus, sinó que prengué cosa poc a poc bo i salvant i incrementant les aportacions vàlides per a la seva aplicació i deixant apagar les altres que no oferien aquella possibilitat.

En aquest primer període s'inicia clarament la divisió entre els investigadors que recolliran l'ús del concepte d'entropia directa del segon principi de la termodinàmica i els que s'esforçaran en donar-li un sentit més general, a partir, també, d'aquell principi, però procurant apartar-se'n fins a caracteritzar-lo d'una manera completament independent.

L'aplicació del concepte d'entropia, tal i com era definit per la termodinàmica, era una analogia ben temptadora en sistemes urbans i territorials. La representació dels sistemes urbans com un conjunt d'elements, com serien les localitats, relacionats o denotats per uns atributs quantificables, com del tipus població, superfície comercial, nombre de béns i serveis que s'hi oferien, etc, permetia caracteritzar-los com un model analògic d'un sistema gasós. Possiblement, un model icònic cartogràfic del sistema urbà era encara més convincent per relacionar-los en aquell sentit.

Ja des de l'any 1962, Brian Berry i els seus col·laboradors començaren a usar els termes de sistemes oberts o tancats, d'ordre, de complexitat estructural i d'alta o baixa entropia per denotar propietats de les configuracions territorials de les regions urbanes nodalitzades. El paisatge macrogeogràfic basat en àrees de mercat hexagonals entorn de cada localitat del sistema i contingudes entre si de manera jerarquitzada fascinava els geògrafs estudiosos dels sistemes urbans dels anys seixanta als Estats Units, a la Gran Bretanya i a Suècia. Aquella disposició normativa absolutament regular s'albirava com una configuració en què l'entropia n'hauria atès el mínim. Però, ¿com podria dirigir-se la tendència del valor de l'entropia d'un sistema cap a valors cada vegada menors? Segons els entropicistes urbans, si se'm permet l'expressió, aquesta paradoxa podia explicar-se mitjançant l'increment de la negentropia o informació en el sistema, segons les propostes degudes a Leon Brillouin (1956). Sigui com sigui, les propostes de Berry no varen tenir continuïtat malgrat insistir-hi amb Woldenberg (1967), i aquest darrer geògraf en solitari (1968). Els treballs de l'economista italià Roberto Fano (1968 i 1969) també giraren entorn d'aquesta orientació, sense més èxit que l'engrescament entorn del concepte pel que es pot recollir de les nombroses cites que disposa.

L'aspecte crític d'aquests enfocaments residia en la manca d'operativitat dels usos que feien del concepte d'entropia. En cap cas el seu ús no es recolzava en distribucions de probabilitat explícita en relació amb el sistema que es tractava de caracteritzar. Com ha estat dit, la reclamació del concepte era tan general com incidental. És per tot això que ja l'any 1969 rebé la crítica negativa de J. Anderson sobre l'ús que del concepte d'entropia feia Berry en els treballs anteriors seguint l'analogia termodinàmica. Anderson insistia en la imprescindibilitat d'una distribució de probabilitats per poder parlar d'alta o baixa entropia en qualsevol sistema. Berry s'adonà d'aquesta mancança. El seu article amb Schwind (1969) sobre l'anàlisi de migracions inter-regionals és un intent de reorientació en aquest sentit.

La derivació del model gravitatori per Alan Wilson per maximització de l'entropia en una distribució de probabilitats bidimensional com a resum del grau d'interacció dels individus localitzats en unes zones d'origen en les quals resideixen, en relació amb unes zones de destí de la interacció, on es localitzen els llocs de treball, partia d'uns supòsits operatius i d'uns objectius d'aplicació ben diferents als emprats i cercats per Berry i els seus col·laboradors. Si en aquella tendència hi havia una evident dificultat per numeritzar o quantificar les distribucions de probabilitat per a les quals calia cercar-ne l'entropia, la dificultat no existeix en el cas de la derivació de Wilson. Aquest es planteja la recerca de la distribució de probabilitats en què l'entropia sigui màxima i amb unes restriccions imposades a la bestreta. En el cas de les investigacions de Berry, l'objectiu és dirigit a l'explicació del paisatge regional, a cercar-ne les possibles regularitats que el presideixen en la manera que podien així validar-se els postulats de la teoria de la localitat central. L'anàlisi territorial que Wilson es proposava de fer amb la derivació del model gravitatori era purament prescriptiva. No pretenia una explicació de la forma o del funcionament del sistema urbà a través de l'anàlisi dels fluxos que s'hi efectuen. El sistema d'interacció urbana de Wilson era solament un sistema preferent d'interès, identificat i caracteritzat de manera que es diferenciava plenament de la resta d'interrelacions econòmiques i socials de la ciutat. És important remarcar la diferència entre un i altre enfocament. Mentre que en el primer cas ens trobem davant d'una investigació acadèmica, en què l'objectiu pràctic és incrementar els coneixements col·lectius de la societat, en l'altre cas es pretenia un coneixement instrumental com fa al cas per a la planificació territorial.

És sorprenent que en el treball inicial publicat per Wilson de la derivació del model gravitatori, *A Statistical Theory of Trip Distribution Models*

(1967), no es fa encara esment a l'entropia. En realitat, la derivació que s'hi presenta és una maximització realitzada a través del corresponent programa matemàtic, en el qual el combinatori del nombre de possibilitats d'interacció dels individus entre orígens i destins n'és la funció objectiva restringida per al nombre total d'individus en el sistema, així com per la despesa o distància entre les zones d'interacció.

Les raons adduïdes per Wilson en els seus apunts autobiogràfics de 1984 no aclareixen els motius que l'indueixen a rebatejar el procediment un any després en *Notes on Some Concepts in social Physics* (1968). La més convincent podria ésser la relativa a la descoberta de l'obra del físic E. T. Jaynes (1957), en la qual es relacionava l'entropia de la teoria de la informació de Shannon (1948) amb la de la mecànica estadística negant la preeminència teòrica de l'una respecte de l'altra. En aquell article, Wilson planteja el mateix problema i procediment matemàtic de maximització d'una funció però en el context explicatiu de la mecànica estadística. És en aquest article on s'introdueix estrictament el terme de maximització de l'entropia. El que Wilson pretén provar-hi ja és que el seu model gravitatori no és una analogia per translació de característiques dels sistemes físics als socials, sinó que la seva versió és una formulació que no depèn del principi de la termodinàmica. De tota manera, en formular-hi els conjunts canònics, macrocanònics i microcanònics per adaptació de situacions de distribucions de fluxos entre orígens i destins, introdueix el que a parer meu és el més important: la possibilitat de fer correspondre les restriccions del programa matemàtic al que serà conegut més endavant com les característiques macroestructurals del sistema d'interacció o dades agregades conegudes del sistema, i, per altra banda, l'assimilació del combinatori de les possibilitats d'interacció d'individuals com l'expressió de la ignorància de l'observador o planificador sobre els comportaments i les preferències de cada persona en el sistema. D'aquesta manera es revisa, doncs, la discussió entorn del nivell de resolució en anàlisi i planificació territorial, ja que en el procediment es contempla alhora el macro i el micronivell d'anàlisi¹.

Des de l'any 1967 fins avui dia, la producció de Wilson en articles i llibres ha estat amplíssima. Dintre del període que ara ens ocupa, ja sigui en la forma de presentació provisional en *Research Papers* del Centre for Environmental Studies, o bé sigui com a articles, el seu interès se centrava en assegurar per tots els mitjans explicatius que el seu model gravitatori no

1. Aquest aspecte ha estat desenvolupat per l'autor de l'article en la seva tesi doctoral (1968): *Alternatives d'ordenació territorial: l'enfoc teòretic*.

consistia en una analogia física sinó en una derivació, la interpretació de la qual era independent d'altres dominis de coneixement.

Però, ¿a qui s'enfrontava Wilson amb tantes precaucions? ¿Hi havia en els anys 1967 i 1968 alguna polèmica entorn de la derivació?. Els geògrafs universitaris no reaccionarien decididament fins tres o quatre anys més tard. Fins que es féu evident, cap a 1971 o 1972, que l'enginyer Wilson s'introduïa ràpidament en els estaments geogràfics tradicionals (revistes, associacions, més tard professor de geografia universitària) i no es limitava al domini, molt imprecís, de límits teòrics, de la Ciència Regional i de la poderosa *Regional Science Association*, en la qual es va recolzar en el primer període d'investigacions. Tampoc no va donar-se la polèmica amb els defensors del corrent en geografia anomenat de física social; per exemple, els treballs sobre potencial de població i mercats de William Warnzt plasmatats en cartografia isoplètica de síntesi.

L'única polèmica iniciada per Wilson en aquesta primera etapa va ésser aquella que va tenir amb l'econometrista D. J. White sobre la validesa del procediment de maximització de l'entropia per a aplicacions en teoria de la decisió. Venia arran de les rèpliques de White (1969 i 1970) a un article més general de Dreschler (1968), en el qual es relacionava l'entropia termodinàmica amb la incertesa de la teoria de la informació. White implicava de passada les aportacions de Wilson, i aquest ho va aprofitar per replicar-li (1970).

En canvi, és sorprenent la manca de polèmica immediata entre Wilson i els economistes J. H. Niedercorn i B. V. Bechdolt quan aquests varen presentar (1969) una derivació del model gravitatori amb resultats similars als de Wilson, de dos anys abans. La derivació de Niedercorn i Bechdolt es basava també en un programa matemàtic. Però la funció objectiva és una funció d'utilitat en relació amb els desplaçaments dels individus i en la qual s'introdueix també la distància o el cost del recorregut entre els orígens i els destins de la interacció. Les restriccions a què està sotmesa en el programa són similars a les proposades per Wilson. En cap cas no feien esment de l'entropia en la presentació d'aquells autors ni en les rèpliques i contrarèpliques subsegüents que l'article va provocar entre economistes. Solament s'hi esmentava la derivació wilsoniana en el segon torn de rèpliques, per part de B. W. Allen (1972), i, encara, molt de passada.

Durant la primera època de la introducció de l'ús del concepte d'entropia, doncs, es va polaritzar l'atenció en l'analogia termodinàmica i de la mecànica estadística, sigui com a usuari directe, sigui per desfer-ne la relació. Tot això sense que no hi hagués cap discussió dintre del col·lectiu de

recerca geogràfica. El corrent estén les arrels de l'arbre que creixerà durant la dècada dels anys setanta. Tot i així, les arrels que veritablement s'entroncaran més endavant són aquelles que han apostat per una quantificació seriosa de les propostes d'ús.

2. GENERALITZACIÓ TEMÀTICA: 1970-1974

La segona etapa de desenvolupaments de l'ús del concepte d'entropia en l'ordenació del territori ptr datar-se entre 1970 i 1974. Constitueix una etapa d'enfortiment del procediment de maximització aplicat a l'anàlisi de fluxos. Sorgeixen nous autors interessats en el tema i s'eixampla el coneixement de la tècnica, que fins aleshores semblava circumscrita a economistes i enginyers. En aquest sentit, la primera menció i aplicació del procediment a Espanya va ser de l'enginyer Rodríguez Bayraguet, feta l'any 1972 en una col·laboració al Gabinet de Programació de l'Àjuntament de Barcelona, a través del qual i també a partir de les seves publicacions s'introduïren les principals novetats en planificació urbana i regional operatives dels anys setanta.

L'afermament del corrent va recolzar-se, sobretot, en la possibilitat d'introduir la nova versió del model gravitatori en els estudis de transport de les àrees urbanes, i, conseqüentment, en el disseny de la seva zonificació i forma. Tant Wilson com Michael Batty, que trobarem més endavant, varen dirigir equips de recerca (per exemple, WILSON, 1969, 1975) en aquell context aplicat. En aquests estudis hi prenia especial rellevància l'anàlisi dels fluxos pendulars entre residències i lloc de treball, en primer lloc, els fluxos entre residències i zones comercials, en segon lloc i, finalment, els fluxos entre residències i llocs d'esbarjo, de cap de setmana i de vacances, sobretot. A partir del coneixement de les localitzacions d'aquelles implantacions funcionals i del nombre de persones residents o de les seves capacitats (en persones, en superfície, etc) podien elaborar-se unes estimacions acurades de trànsit. A més, la nova formulació del model gravitatori permetia integrar completament els estudis sectorials que comporta qualsevol estudi de trànsit: *modal-split*, *route-split*, etc.

El llibre de Wilson *Entropy in Urban and Regional Planning* és dedicat fonamentalment a explicar i desenvolupar el model gravitatori pel disseny de models de trànsit. En bona part ja havien estat presentats en treballs de l'etapa anterior (per exemple, en WILSON, 1969). En canvi, el sentit de l'ús donat al concepte d'entropia en ordenació territorial ocupa solament el

primer capítol de l'obra. En aquesta part substantiva també recull aportacions anteriors. Però la sistematització de la presentació que se'n fa, malgrat que sigui breu per bé que condensada, hi demostra que havia explorat en profunditat totes les implicacions del terme. De totes formes, malgrat l'especialització temàtica i la brevetat teòrica, l'obra va significar un revulsiu molt considerable en el domini de la planificació territorial. Ho testimonia l'article del geògraf Bernard Marchand (1974) dedicat a recollir les ressenyes i crítiques aparegudes en aquest període sobre l'obra.

El model original de la derivació de Wilson era el que s'anomenarà com a doblement restringit. Pel que fa a l'estimació de fluxos pendulars entre zones de residència i zones de treball, això vol dir que són coneguts el total de residents a cada zona i el total de llocs de treball a les zones corresponents. El treball més important que va desenvolupar l'equip de Wilson entre 1970 i 1972 va ser la generació i definició dels models gravitatoris adequats en les situacions en les què solament és disponible una d'aquelles dues distribucions de localització, o bé el cas en que no se'n disposi de cap. Cal notar que en qualsevol cas hom hauria de conèixer el total de persones presents en el sistema de trànsit a projectar.

Amb aquestes diverses configuracions de restriccions varen generar l'anomenada «família» de models gravitatoris per maximització de l'entropia. La millor sistematització pot trobar-se en un article de Cordey-Hayes i Wilson, de 1971. En variar els atributs macroestadístics, o sia, del que és conegut sobre el conjunt agregat del sistema, també varien les restriccions en el programa matemàtic de maximització i la formulació final del model i l'aproximació a les constants de balanç. Alhora començaren a reinterpretar-se els models gravitatoris en funció d'altres finalitats específiques no relacionades directament amb els estudis de trànsit residència-treball.

Així, es podia constatar dels models gravitatoris de la «família» de Cordey-Hayes i Wilson, per als que els manca la dimensió d'una de les dues localitzacions bàsiques —models gravitatoris amb restricció simple—, el seu paralelisme amb els models de base probabilística ja coneguts de Huff (1963) i de Lakshmanan i Hansen (1965 i 1975), per a la delimitació d'àrees de mercat entorn de centres comercials i per a l'estimació de vendes d'aquells centres coneguda la localització de la demanda, respectivament. En la terminologia de Cordey-Hayes i Wilson, el primer va esdevenir el model gravitatori de producció restringida —conegut el potencial de l'oferta— i el segon el model gravitatori d'atracció restringida —quan és conegut el poder de la demanda.

Un altre domini d'interpretació que s'obrirà en aquest període és el que

afecta els paràmetres del model gravitatori. Durant el període, l'interès no se centra tant en una millor definició dels factors de balanç, similars a la constant k del model gravitatori newtonià, sinó que més aviat afecta la seva estimació juntament amb l'exponencial CCBRR en el denominador de la formulació de Wilson. Tant H. R. Kirby (1970 i 1974) com Suzanne Evans (1973), que varen desenvolupar aquests aspectes, eren col·laboradors de Wilson al CES de Londres. No n'era col·laborador, en canvi, Allen Scott. S'interessà ben aviat pel mètode de la maximització de l'entropia i el va desenvolupar (1970 i 1971) en el mateix context de Wilson però introduint-hi els costos de congestió que s'ocasionen en els arcs de la xarxa urbana pròxims al centre. Cal tenir present que el geògraf Allen Scott s'ocupava aleshores de temes relacionats amb l'escala de les regionalitzacions en geografia (1969), a través de procediments heurístics i de programació lineal extrets de l'econometria, com per exemple de Leon Cooper (1964). Cal notar, també, que tant Evans com Scott s'allunyarien del teoreticisme d'instrumentació matemàtica durant la segona meitat dels anys setanta per acostar-se decididament a les tendències crítiques en geografia humana.

Amb tot això vull fer notar que, amb les excepcions de rigor, l'entroncament del corrent va realitzar-se entorn de la figura d'Alan Wilson. L'aportació de Bussière i Snickars (1970) va ser una excepció relativa, ja que els dos autors estaven relacionats amb el CES. L'originalitat del treball d'aquests economistes francès i suec, respectivament, consistia en la derivació d'un altre model intuïtiu ja proposat molt abans per Colin Clark (1951): el model negatiu exponencial de distribució de la densitat de població entorn del centre de l'aglomeració urbana. La derivació també l'aconseguien mitjançant un programa matemàtic en el qual es maximitzava una funció que en aquest cas reflectia la localització de la demanda en el sistema territorial de dimensions contínues i entorn del centre subjecte a la restricció del cost de desplaçament des del centre. Per tant, conegudes les condicions macroestadístiques del sistema, era possible efectuar una estimació de la localització, per exemple, de les residències entorn del centre respectant el desconeixement sobre les conductes individuals. Constitueix, doncs, una primera aproximació als models d'estimació de la localització des de l'òptica de la maximització de l'entropia. Mentre que els treballs de Wilson i el seu grup incidien sobretot en l'anàlisi dels fluxos i de les dimensions dels orígens i destins a través del model gravitatori, Bussière i Snickars varen demostrar de manera pormenoritzada que també era possible derivar altres tipus de models per simular la localització pròpiament dita. Més endavant, aquesta línia de recerca seria represa en els treballs de Webber.

Les crítiques a l'ús del terme entropia en aquesta fase d'entroncament varen venir dels adherents al model gravitatori derivat per la maximització de la utilitat que abans ha estat assenyalat. En aquest sentit varen prendre especial importància per la seva contundència, més que no pas efectivitat per a frenar a l'oponent, les de M. J. Beckmann i els seus col·laboradors (1972).

Una altra crítica, aquesta vegada velada sota la forma d'una introducció pedagògica a la maximització, és la del geògraf Peter Gould (1972). D'antuvi, Gould hi sintetitza el procediment general de la maximització a partir de l'obra bàsica de Wilson (1970). La seva declaració inicial en el sentit que la lectura d'aquella obra li havia suposat la major dificultat de comprensió que recordava, no era precisament una manera d'animar els lectors de la seva crítica per a posteriors aprofundiments o aplicacions. I encara més, quan el seu escrit era el primer que es feia ressò del formalisme a la molt influent revista *Annals of the American Association of Geographers*. A partir de llavors, la referència bàsica dels geògrafs per conèixer el procediment de maximització va ser la crítica de Gould als *Annals*. La crítica negativa de Gould, però, rau en la segona part de l'article. En aquesta part, Gould remetia la interpretació del concepte d'entropia a les accepcions de la termodinàmica sense matisacions. Així, doncs, hi sostenia i difonia la idea que el procediment de derivació del model gravitatori en què se salvaguardaven totes les possibilitats de moviments dels individus era una analogia física més. La «gran dificultat» del procediment, i la seva caracterització com a analogia, oblidant-se dels arguments del mateix Wilson per rebatre-ho, allunyaren possiblement molts geògrafs de l'estudi teòretic en la línia de resolució mesoanalítica. L'aura d'incomprensibilitat i esoterisme que va prendre el procediment entre els geògrafs arranca possiblement d'aquest article de Gould.

Amb les excepcions de Scott i de Curry, les aportacions dels primers anys en la línia de la maximització de l'entropia varen ser desenvolupades per enginyers i economistes orientats cap als estudis de planificació del trànsit. El cas de Leslie Curry és diferent. Malgrat haver avançat la derivació de la regla rang-dimensió per maximització de l'entropia en l'article ja assenyalat de l'any 1964, els seus treballs posteriors denoten un marcat interès per la validació de la teoria de la localitat central en àmbits geogràfics concrets mitjançant enfocaments probabilístics i amb especial preferència d'anàlisi entorn a temes que podrien relacionar-se amb l'escala de les agregacions de les àrees de mercat. No va ser fins a l'any 1972 que Curry va retornar sobre el tema de la maximització de l'entropia en el camp d'aplica-

ció de l'anàlisi de fluxos (1972 a i b). En aquests treballs, Curry proposava una combinació de l'aplicació del mètode maximitzador per a l'estimació de fluxos territorials, alhora que aplicaria les mesures d'informació de Shannon per caracteritzar les dades dels fluxos realment observats. Així, s'avançaria cap a l'explicació dels fluxos per la comparació dels estimats amb els observats mitjançant l'ús d'un cos teòric unificat del qual Wilson havia avançat alguns elements. El primer dels articles citats és, en el sentit pedagògic, molt més oportú i interessant que el de Gould, i del mateix any. Desgraciadament, però, no va gaudir de la mateixa popularitat.

En certa manera, com els propòsits dels articles esmentats de Curry, el principal interès dels primers geògrafs que es dirigiren a l'entropia va orientar-se cap a l'aprofundiment en l'estructura de les dades macroestadístiques localitzades en la perspectiva d'efectuar explicacions de l'organització territorial. L'interès per a l'estimació prospectiva o predictiva va arraconar-se i varen cercar-se descripcions cada volta més exhaustives. Aleshores, l'interès del terme no residia en la seva maximització, sinó en la medicació sobre les distribucions observades. En aquest context, l'enfocament s'havia d'orientar cap a l'aplicació de les mesures d'incertesa en una distribució de probabilitats ja coneguda, el que els relacionava directament amb la teoria de la informació. Seguint la tradició empírica heretada del corrent quantitatiu, la mesura de Shannon va ser aplicada a situacions empíriques territorials ben diverses.

Amb aquest denominador comú de la teoria de la informació, destaquen des de 1970 les aportacions dels geògrafs Keith Chapman, Robert Semple, Lawrence Brown i Yuri Medvedkov. Aquest darrer n'havia avançat l'interès en sengles articles de 1967. Mentre que l'interès de Chapman (1970 i 1973) és sobretot metodològic, en els altres autors s'hi endevina l'oportunitat no desaproveitada d'aplicació d'uns índexs llampanants a dades territorials agregades.

Chapman s'esforça en la reformulació, val a dir que molt minsa, de les mesures informacionals per adaptar-les a les situacions d'anàlisi, en les quals es proposa explicar-se la localització de la població en el territori i la seva evolució temporal. Les explicacions, però, li caldrà cercar-les en fenòmens socio-econòmics més generals. La indexació informacional de les distribucions espàcio-temporals constituïen solament el pas descriptiu previ. En aquesta descripció, cal notar que els resultats comentats com amb més o menys nivell d'entropia aplicada a distribucions de probabilitat subjectives —o com a proporcions de cada valor respecte dels totals marginals del vector o matriu de dades— no són contemplats en absolut com a indicadors

d'ordre o desordre, grau de complexitat o característiques semblants que s'imputen al nivell d'entropia en termodinàmica. En aquest sentit, les insinuacions de Brian Berry als anys seixanta eren ben enterrades.

Lawrence A. Brown és més conegut en geografia per les seves aportacions en l'ús del procediment probabilístic de les cadenes de Markov per a l'anàlisi de canvis temporals en els sistemes territorials i pel control de l'escala de les agregacions. Aprofitant la naturalesa probabilística de les cadenes de Markov, va introduir-hi la medicció de la seva incertesa (1970). L'aplicació de la teoria de la informació del rus Medvedkov és relativa a un tema d'interès que ja havia subjugat els quantitativistes: la mesura del grau de regularitat, agrupament o aleatorietat de les entitats de poblament en el territori amb l'objectiu més general de comprovar si la distribució observada s'avenia amb la regularitat d'emplaçaments en retícula hexagonal proposada per la teoria de la localitat central. Medvedkov proposava una mesura de la distribució de proporcions trobada pel recompte del nombre d'entitats per cada una de les cel·les d'una retícula ortogonal sobreposada al mapa de registre bàsic. El procediment era similar al que, tractat amb estadística convencional, s'anomena *quadrat analysis*, els antecedents del qual s'han de cercar en els estudis mostrals d'espècies realitzats en ecologia (per exemple CLARK i EVANS, 1954). El procediment d'extracció de les proporcions i aplicació de les mesures de Medvedkov seria criticat més endavant per Thomas i Reeve (1976).

El cas de la línia seguida pel geògraf canadenc R. K. Semple també des de l'any 1970, constitueix un exemple immillorable d'ús passiu de les mesures informatives. Un ús molt quantitativista, certament. És el que ha tret més profit de les mesures sense millorar-les en absolut. Junt amb diversos col·laboradors, Semple treu un article per any des de 1970 (1970, 1971, 1972 i 1973) i en cadascun hi ha una introducció en la qual invariablement es repeteixen les beceroles de les mesures de la teoria de la informació: la d'incertesa de Shannon, el guany d'informació de Kullback, la redundància com el quocient entre la incertesa màxima i la incertesa observada, i les descomposicions de les mesures aplicades a dades sobre àmbits de base jerarquitzats. Val a dir que en tots els casos l'habilitat de Semple és forçar, si cal, la definició de la distribució de probabilitats com a proporcions de manera adequada al tema d'estudi explicitat en els títols dels articles citats. Els treballs de Semple varen representar, doncs, la continuïtat de les pràctiques quantitativistes abocades a l'empirisme per a qualsevol àmbit geogràfic.

Precisament, la primera i única referència trobada en el rastreig bibliogràfic correspon a un treball de 1974 de l'economista Uriel Jiménez. Hi

estudiava la disparitat de la distribució de la renda per càpita a l'Estat espanyol amb un recorregut metodològic semblant al de Semple i Gautier (1972) en estudiar la distribució territorial de la renda al Brasil. Uriel no cita ni a Theil (1967), capdavanter en l'ús de les mesures informacionals en ciències socials. Els primers geògrafs espanyols interessats en l'aplicació de la teoria de la informació en geografia humana no apareixerien fins entrats els anys vuitanta.

El corrent d'aplicacions de les mesures d'incertesa a les quals abans feia esment tenen molt d'interès per a l'avaluació d'índexs de concentració. La translació de la mesura de Shannon no és pas dificultosa quan, com és el cas, les dades per analitzar poden organitzar-se vectorialment. Hom pot formar immediatament una distribució de probabilitats per la proporció de vendes, personal, superfície, etc de cada empresa respecte del total general. L'aplicació de la mesura d'incertesa és ben senzilla i no tindria grans diferències respecte de les citades de Semple o els altres geògrafs. L'originalitat aportada per Horowitz (1968, 1970, 1971) als volts de l'any 1970 va ser el desenvolupament de la noció de nombre equivalent. Aquest, en el domini d'aplicacions de mesura de la concentració de l'activitat per empreses, no és cap altre que el nombre d'empreses observat. Això permet relativitzar adequadament les comparacions intersectorials o inter-regionals. Aquest darrer aspecte dels nombres equivalents, de caire més territorial, va ser aplicat per Garrison i Paulson (1973) a la distribució d'activitats als comtats de la Tennessee Valley Region. Altres economistes empraren les mesures d'informació per caracteritzar la concentració de les activitats per empreses. De totes maneres, les publicacions disponibles reincidenten (HART, 1971; JACQUEMIN i KUMPS, 1971; MARFELS, 1971) en comparar els resultats obtinguts per aquest procediment respecte dels obtinguts amb altres índexs usuals en el tema de la mesura de concentració.

Així, doncs, entre 1970 i 1974, els desenvolupaments entròpics en anàlisi i planificació del territori es poden sintetitzar en dues grans branques: la de maximització i la d'indexació, que es presenten de forma independent. Mentre en el corrent maximitzador, orientat cap a la planificació, hi és present tothora la preocupació epistemològica i metodològica, en el corrent indexador aquestes característiques són ben circumstancials. Si el corrent maximitzador té en Alan Wilson un líder clar, el corrent indexador és més esmicolat pel que fa referència a autors clau. El primer corrent també podria caracteritzar-se per la interprofessionalitat dels seus adherents, com es correspon a les tasques de planificació; en canvi, el segon estava més focalitzat en el camp de la geografia, o, almenys, comptant amb l'existència d'aplica-

cions similars en altres dominis científics, com per exemple per a estudis de concentració en economia hi havia un cos específic d'aplicacions en el camp de la geografia humana quantitativa, bo i seguint-ne la tradició.

Qualificaria l'any 1974 com de tombant en el desplegament del corrent, a causa de la representativitat diverses obres que apareixen durant aquest any i que assenyalen canvis importants. En primer lloc, la publicació de l'obra de Wilson *Urban and Regional Models in Geography and Planning* (1974), editada el 1980 en castellà. És possiblement l'única obra significativa del corrent en llengua hispànica. De tota manera, no és una recopilació cronològica de les aportacions anteriors de l'autor, sinó, més aviat, una refosa al servei del model general de funcionament del sistema urbà i regional que Wilson hi proposa. No és, doncs, un manual d'introducció al corrent, malgrat que hi faci recurs dels models de localització i d'interacció territorial per operativitzar l'entramat de relacions urbanes.

Amb aquesta obra, Wilson s'introdueix definitivament en el domini de la geografia universitària. En aquelles dates va passar a dirigir el departament de Geografia de la Universitat de Leeds, on avui dia continua, i en el qual formarà un grup de col·laboradors que desenvoluparan precisament els submodels abans anunciats.

En segon lloc, cal destacar l'aparició en la escena teòrica, aquell any de 1974, de Michael Batty amb l'article *Spatial Entropy* (1974). Batty ha estat un geògraf de difícil emmarcament en la disciplina. Normalment és considerat com a planificador del territori i no se l'inclou en la nòmina dels geògrafs. Per exemple, en la nòmina que va confeccionar Peter Gould l'any 1985 en *The Geographer at Work*, Batty no hi és pas citat. Abans de 1974, Batty era en efecte un planificador dedicat també a la modelització de sistemes de trànsit, com ho feia Wilson al CES. La primera incursió de Batty en relació amb el concepte d'entropia és de l'any 1972, en un curt article a la revista *Area*, en el qual exposa per primera vegada la possibilitat d'usar les mesures informacionals per controlar les agragacions territorials; per tant, un enfocament original del problema de l'escala de les regionalitzacions en geografia. Des de 1974 en endavant, les seves col·laboracions en revistes de geografia seran continuades i gairebé ininterrompudes fins a mitjan dels anys vuitanta, marcades sempre amb un segell propi inconfusible en el desenvolupament de les formulacions.

Fruit de l'etapa de planificador actiu de finals dels anys seixanta i començaments dels setanta va sorgir la seva obra més coneguda: *Urban Modeling: Algorithms, Calibrations, Predictions*, editada l'any 1976. Òbviament, no hi desconeix les aplicacions del model gravitatori de Wilson, que ja havia revi-

sat en un article anterior amb col·laboració (BATTY, 1972). Però és també el problema de l'escala el que pren especial relleu en dedicar-hi un capítol sencer. Batty recull les aportacions de Broadbent (1970) en el sentit que és possible jerarquitzar l'estimació dels fluxos de totes les unitats territorials de base entre si. D'antuvi, serien cercats els fluxos entre agregacions de les unitats de base i, després, els que es generarien entre les unitats de cada zona d'agregació. Finalment, amb els dos nivells d'escala es realitzaria la matriu de fluxos globals entre totes les unitats de base. Aquest procediment redueix considerablement el temps necessari per efectuar les interaccions entre totes les unitats de base territorials. Per tant, la línia que Batty inicia cap a 1974 té les arrels en la pràctica de la planificació del territori.

És per tot això que les contribucions de Batty són també de difícil classificació dintre del corrent teòric entròpic. Si per una banda recull les aportacions de Wilson i la seva escola, per l'altra, els seus desenvolupaments més genuïns haurien de classificar-se en la línia de la utilització de les mesures informacionals.

La mesura d'entropia territorial de Batty consisteix en una adaptació de la formulació de Shannon de manera que pugui tractar distribucions de probabilitat o de proporcions preses en àmbits territorials de dimensió diversa. La crítica de Batty respecte d'altres aproximacions a l'ús de la mesura d'incertesa era el retret que en les aplicacions de base territorial no prenen en consideració la diversitat de talla o superfície de les unitats territorials per a les quals és formava la distribució. Ja que el territori és de naturalesa contínua, la mesura d'incertesa hauria d'aplicar-se a distribucions que ho tinguessin en compte. Per això proposa una versió contínua de la mesura amb solució quan la superfície de la unitat territorial tendeix a ser molt petita. En l'aproximació discreta de la mesura, quan aquella condició existeix, inclou la dimensió de les unitats territorials de base de l'àmbit geogràfic d'estudi.

3. EL PERÍODE DE PLENITUD: 1975-1979

És propiament a la segona meitat dels anys setanta quan es va conèixer l'eclosió i brancatge efectiu de l'ús de l'entropia en anàlisi i planificació del territori. La difusió de les metodologies d'anàlisi a través de la premsa científica creix considerablement tant en quantitat com en diversitat. A les línies ja assenyalades abans de Wilson i Batty agregaren altres que reforçaren les tesis bàsiques. En primer lloc, augmentaren les aportacions a la

búsqueda d'una millor definició del coneixement sobre el nivell microanalític, el dels comportaments dels individus en el sistema urbà, amb diverses alternatives. Les més destacades entre aquestes serien les representades pel geògraf Michael Webber, l'economista Frank Cesario i els econometristes Snickars i Weibull. Aquests autors treballaran en base al formalisme de maximització de Wilson.

En l'aspecte de crítica al procediment de derivació, és de destacar l'aportació dels econometristes holandesos Nijkamp i Paelinck sobre la interpretació de la solució dual del programa matemàtic no lineal. Això seria el procediment invers al de maximització de la incertesa per a l'obtenció de la distribució de probabilitats corresponent. En aquesta solució, la interpretació seria una minimització de la informació per a la distribució. Ja he fet notar que els termes d'incertesa i d'informació són l'anvers i el revers de la mateixa moneda, representada per una distribució de probabilitat. De tota manera, la tècnica de minimització de la informació en una distribució aplicada al territori seria reclamada per quatre grups diferents entre 1974 i 1977.

En el domini de l'aplicació de mesures informacionals, el panorama d'aquest període era d'essallament, salvant-ne els casos aïllats de Chapman i les aportacions de Batty, cada volta més interessats en els problemes de l'escala de l'agregació territorial.

La línia de recerca de l'australià Michael Webber s'ha caracteritzat des de 1975 per la seva dedicació a explorar els models de localització per maximització de l'entropia, com per exemple havia estat el de Bussièrre i Snickars (1970) a partir de formulacions de distribució de probabilitat alternatives al coneixement que hom pot tenir de la diferenciació dels individus dels sistemes repartits en classes (WEBBER, 1975, 1976 i 1977). Per tant, contempla el nivell de resolució microanalític d'una manera diferent de com ho havia fet Wilson. En efecte, aquest no distingia entre tipus d'individus. La maximització de la incertesa es basava precisament en la manca total d'informació sobre les seves actituds. En realitat, Webber no viola aquest principi bàsic, sinó que desdobra el micronivell per establir distribucions de probabilitat a dos nivells: el de les característiques dels individus, que poden obtenir-se macroscòpicament (per exemple, el gènere, el nivell d'ingressos, l'edat, etc) per passar després als individuals de cada classe. Aquesta aproximació al micronivell de resolució, coneguda alguna divisió dels individuals mitjançant dades agregades que s'introdueixen com a restriccions en la maximització, és una de les troballes fonamentals de Webber.

L'obra magna de Webber, i un dels pilars del corrent teòretic, és de

1979: *Information Theory and Spatial Structure*. Una ullada a l'obra, que podem trobar a la secció de geografia de la biblioteca d'una facultat de lletres, pot induir fàcilment el lector a la suposició que hi ha hagut una equivocació en la catalogació i que caldria traslladar-la ràpidament a la secció de matemàtiques. En efecte, no és solament un llibre amb formulacions matemàtiques rigoroses; és un llibre en què les relacions territorials són enterament desenvolupades mitjançant els formalismes habituals de l'exposició matemàtica: axioma, lema, teorema, etc. Hi perseguia la descripció de l'estructura urbana d'una ciutat (Hamilton, prop de Toronto) a partir del reconeixement de les restriccions socials i econòmiques que l'afecten. El desenvolupament matemàtic d'aquestes restriccions quantificables és específic de l'objectiu que es vol atènyer. Per tant, malgrat que Webber hi recullí molts aspectes tractats en articles anteriors o dels realitzats amb els seus col·laboradors sobre teoria de la informació, de cap manera no pot qualificar-se com un estudi de revisió del corrent. Més aviat, Webber reprèn la crítica de la teoria de la localització neoclàssica iniciada a *Impact of Uncertainty on Location* (1971) des d'un enfocament pre-entròpic, citant-la de passada i n'ofereix una alternativa aplicada. La seva crítica se centra sobre el conductisme dels models resultants d'aquell corrent teòric i li oposa la possibilitat de modelització a partir de dades agregades, però amb la particularitat que mitjançant el formalisme, sobretot el de la minimització de la informació, és contemplat el ventall de les conductes individuals. L'aportació de l'obra, doncs, descansa novament en l'enfocament mesoanalític del nivell de resolució. A més, i com es veurà més endavant, el procediment de minimització de la informació es més apte per recollir documentació antedecent sobre conductes agregades que no pas el procediment revers de maximització de l'entropia.

El procediment de minimització de la informació en una distribució de probabilitats resulta tècnicament de la solució dual del programa matemàtic en què l'altra solució consistiria en la maximització de la funció objecte amb les degudes restriccions. En un article clau, Wilson i Senior (1974) posen de relleu aquesta qüestió. Sigui dit de passada, en el mateix article Wilson i Senior tracten d'aclarir les similituds i les diferències existents entre el seu procediment de derivació del model gravitatori i el generat per la maximització de la utilitat de Niedercorn i Bechdolt (1969). És l'única vegada que es referiran al procediment rival de base de resolució microanalítica. Tot i així, altres autors (NIJKAMP, 1975; BEHARA, 1974; CHOUKROUN, 1975; FISCH, 1977) continuaran la discussió entre entropia i utilitat entre els anys 1974 a 1977.

El procediment de minimització de la informació i la seva significació en els estudis de planejament territorial es desenvoluparà també entre 1974 i 1977. Una presentació alternativa de l'obra de Wilson i Senior, i dintre del domini de la programació matemàtica, és deguda als econometristes Nijkamp i Paelinck (1974). Encara que immers ja en altres temes, Batty també s'hi afegeix, juntament amb Lionel March (1975), malgrat que amb posterioritat no faria ús de la minimització.

La presentació més coneguda i difosa és, però, la de Snickars i Weibull de l'any 1977: *A Minimum Information Principle*. En aquests autors se'ls atribueix, a vegades, el mèrit de la derivació. El mèrit de l'article rau, en canvi, en el ventall de possibilitats d'aplicació que ofereixen per a estudis de trànsit. Amb això reprenen el tema bàsic que havia motivat la maximització. Així, si es desitja realitzar una estimació del trànsit entre orígens i destins en un sistema urbà, hom pot partir només de la base del nombre d'habitants en la zona i de les distàncies entre els pols d'interacció. Snickars i Weibull proposen introduir-hi, també, la informació coneguda i l'antecedent sobre trànsit en el sistema urbà. Normalment es disposen de dades sobre els fluxos de trànsit pendular, recollides a través de censos generals de població o d'enquestes als conductors. La tècnica tradicional d'explotació per a la planificació del trànsit d'aquestes dades conegudes era i és la seva projecció a diversos horitzonts temporals amb tècniques estadístiques senzilles, com ara l'ajustament de la tendència per mínims quadrats. La proposta de Snickars i Weibull té similituds amb aquest procediment, però se n'aparta obertament des del punt de vista metodològic. Mitjançant el procediment de minimització de la informació realitzen estimacions de les interaccions, de manera que aquestes recullin les tendències de les dades diponibles. El nucli del procediment consisteix a introduir la documentació antecedent com a restriccions en el programa matemàtic corresponent, assegurant així que l'observador o planificador no introduirà cap tipus d'esbiaixament per interpretació de la informació disponible. Per altra banda, els autors mostren que la funció a minimitzar és la de guany d'informació de Kullback, però sense citar Batty ni March (1975 i 1976), que ja ho havien avançat.

En aquests anys de 1977-78 es poden concretar ja les grans línies de pensament teòretic per mitjà de l'entropia. Aquestes línies són tres. En primer lloc, continuava la línia de desenvolupament de models sectorials dirigida per Alan Wilson des de Leeds; amb Coelho i Senior va refinar els models de localització, especialment el de compra al detall (COELHO i WILSON, 1976 i 1977; COELHO, WILLIAMS i WILSON, 1978); amb MacGill l'ob-

jecte era la recerca dels coeficients pel model *input-output* i de les relacions inter-regionals en base a aquell model (MACGILL, 1977 a i b, 1978). Tot i així, aleshores s'observa un progressiu estancament innovador en la línia de Wilson. A poc a poc, aniria orientant-se cap a la modelització dinàmica dels sistemes urbans, sense abandonar la línia que s'havia marcat el 1974. Ja a l'any 1976 va apareixer el seu primer escrit sobre el valor de la teoria de les catàstrofes de Rene Thom en anàlisi i planificació del territori (WILSON, 1976), i el 1978, en col·laboració amb Briton Harris (1978), inicia un decidit enfocament en aquest sentit, al qual s'afegiran nous col·laboradors.

En segon lloc, cal destacar la línia seguida per Michael Webber des de la Mc-Master University. Ha estat una línia de recerca més eclèctica en el sentit que s'hi barrejaven enfocaments de la maximització/minimització de la incertesa/informació amb elements més aviat classificables en els desenvolupaments de la teoria de la informació. Els treballs fets amb J. A. Walsh i M. E. O'Kelly (WALSH i WEBBER, 1977; WALSH i O'KELLY, 1979) serviren per sistematitzar la base operativa dels treballs efectuats de manera empirista pel corrent de Medvedkov, Semple o Chapman en el període entre 1970 i 1974. Així, sistematitzen el que és fonamental per a les aplicacions, això és, la tria de la distribució de probabilitats, que cal mesurar-ne la incertesa. També efectuaren el mateix pels conceptes de desigualtat territorial aplicat a l'anàlisi de la distribució de les rendes.

I, finalment, la línia de Michael Batty des de Reading, amb estances a Cardiff i a la Universitat d'Ontario. Des del meu punt de vista, és la línia més original de les tres malgrat que es recolza en troballes de les dues anteriors. Aquesta originalitat, assenyalada ja abans, rau en la recerca de les agregacions per mitjà de la teoria de la informació.

Cap a mitjan dels anys setanta sorgeix un interès renovat per l'agregació territorial. En principi, aquest corrent era ben independent de l'entròpic i va originar-se davant la necessitat de millorar les tècniques de *clustering* associades als resultats que proveïa l'anàlisi factorial de dades localitzades en les unitats territorials de base que calia agregar. Per altra banda, la generalització de l'ús d'ordinadors per a treballs de geografia quantitativa en l'àmbit anglosaxó facilitava la generació de configuracions alternatives de partició del territori a través d'algorismes específics de control del nombre de zones i de la contigüïtat desitjada entre les unitats territorials de base. Les sistematitzacions del problema van venir donades fonamentalment per I. Masser, P. J. B. Brown i J. S. Scheurwater entre 1975 i 1980.

Els dos primers van ser els curadors d'un aplec de contribucions que relacionen la divisió territorial que hom hagi proposat amb la interacció de

les persones que hi habiten: *Spatial Representation and Spatial Interaction* (1978). En aquest sentit, i en aquest període, les aportacions més interessants i operatives van ser realitzades per Stan Openshaw (1977 a i b). Stan Openshaw coneixia les possibilitats d'aplicació de la teoria de la informació al problema de l'agregació. Tot i així, el va refusar respecte d'altres mètodes. Un altre autor versat en els problemes de l'agregació, P. B. Slater té fins i tot una contribució en relació amb la derivació del model gravitatori per maximització de l'entropia (1978), però tampoc no se'n fa ressò en els seus estudis de regionalització.

Des 1976, els treballs de Michael Batty es mouren en aquesta direcció de la regionalització en relació amb l'aplicació de models d'interacció. O sia, per crear zonificacions que serveixin de base per a la ulterior aplicació del model gravitatori d'estimació de les interaccions entre les zones. Els resultats d'aquesta investigació es plasmaron el 1979 en el llarg article titulat *On Searching the most Informative Spatial Pattern* en col·laboració amb Roger Sammons, que hi va aportar la seva experiència en la construcció d'algorismes de partició. El procediment és basat en la mesura del guany d'informació entre els diversos nivells de zonificació. L'interès del treball és a l'altura del de Webber sobre estructura urbana, i és per això que tots dos signifiquen un tombant prou important com per cloure una etapa de desenvolupaments de l'entropia en anàlisi i planificació territorial.

La resta d'aportacions teòriques del període 1975 a 1979 es poden classificar entre aquelles que giren entorn dels temes tractats per les línies principals, la majoria, i les que constitueixen casos aïllats d'importància diversa i, normalment, prolongacions de tendències apuntades pel període anterior. No cal estendre's en els primers, ja que, en general, són puntuacions o presentacions alternatives del model gravitatori o dels models de localització derivats per maximització de l'entropia. En destacaria solament els desenvolupaments relatius a la programació geomètrica de Dinkel i Kochenberger (1977) i els del grup format per P. K. Walsh, T. R. Jefferson, R. W. Gibberd, C. H. Scott (JEFFERSON i SCOTT, 1979; WALSH i GIBBERD, 1980; WALSH i altres, 1981; WALSH i GIBBERD, 1983), aspecte que ja havia estat avançat per Peter Nijkamp (1975). També són de destacar els del grup de l'enginyer Sven Erlander (1977; STEWART, 1978; NGUYEN i STEWART, 1979) en relació amb la interpretació de la maximització com un model per mesurar l'accessibilitat en el sistema urbà.

De les tendències heretades del període anterior, l'objectiu de les quals era l'aplicació de les mesures informacionals, en aquest solament cal destacar la dedicada a l'anàlisi de distribucions territorials de poblament, en la

línia marcada per Medvedkov anys abans. En realitat, ara es desfermen les crítiques envers aquelles aportacions primerenques. Així, s'estima que existeixen distribucions de probabilitat més eficients per registrar l'aleatorietat de la distribució de punts en un pla. Thomas i Reeve (1976) proposen la maximització (noti's que es canvia l'enfocament) de les distribucions de Bose-Einstein per a aquestes tasques. Aquesta aproximació va ser criticada pel geògraf alemany Ralph Lenz (1977) i refusada encara pels matemàtics A. M. Liebtrau i A. F. Karr (1977), que proposen a la vegada la maximització en base a la distribució de Maxwell-Boltzmann. En fi, és notori que el corrent iniciat amb la simple aplicació de la formulació d'incertesa de Shannon acabi en un col·lapse de formulacions alternatives en el context de la maximització d'una distribució ideal per comparar-la amb una altra observada. És també significatiu que l'entrada de matemàtics en el debat... talli el debat! En efecte, després d'aquestes contribucions per a la descripció de distribucions de poblament, solament se'n troben un parell més de a Lenz (1979) i Thomas (1977).

Un altre corrent aïllat que es desenvolupa en aquest període és el relacionat amb la medició de la complexitat dels mapes geogràfics. Els treballs de Gatrell (1977), Hodge i Gatrell (1976), Guptill (1978) i Pipkin (1975 i 1977), recullen i amplien la idea de complexitat del mapa mesurable a través de la teoria de la informació. Aquestes aportacions, però, no traspasaran el llindar de proves i no tindran continuïtat posterior. En aquesta etapa, també restà aïllada la línia d'aplicació empirista de K. Semple. Els seus estudis sobre l'estructura del comerç internacional (SEMPLE i SCORRAR, 1975; SEMPLE i DEMKO, 1977) prescindiran cada vegada més de les mesures informacionals per ordenar i sintetitzar les dades de base.

He deixat deliberadament per al comentari final d'aquesta etapa l'obra de Keith Chapman, *Human and Environmental Systems: a Geographer's Appraisal*, 1977. És així, ja que pren una volada molt considerable des del punt de vista epistemològic, alhora que és gairebé inclassificable dintre de les tendències apuntades. Però tampoc no és gratuïta la seva inclusió dintre del corrent teòretic que aquí es revisa. La tercera part de l'obra constitueix la millor introducció per a l'aprenentatge de les mesures d'informació per aplicacions territorials. La cura en la definició de les distribucions de probabilitat, per a les quals cal mesurar la incertesa, és la clau de l'excel·lent exposició. Chapman no va arribar a la redacció del llibre en persecució d'una aplicació territorial concreta. Ofereix al lector unes aplicacions extremes dels articles citats de l'etapa anterior però relegats a l'apèndix del llibre. L'interès general no és aquest; se centra en la possibilitat de reconèixer

mecanismes d'autorregulació entre la societat i el medi físic. En aquest sentit, en les dues primeres parts de l'obra desenvolupa els conceptes de la teoria de la regulació i de la cibernètica, en el marc d'un teixit de relacions entre aquells dos pols enteses com a sistema.

4. ENFOCAMENTS CONCLUSIUS A PARTIR DE 1980

A partir de 1980, els corrents teòrics basats en l'ús del concepte d'entropia sofriran ja un acusat encallament en gairebé tots els ordres, excepte en el de les aportacions que afinaran els trets de les aplicacions de les etapes anteriors. Un signe d'encallament innovador és l'aparició de síntesis d'aplicació dels mètodes de maximització de l'entropia en planificació territorial. En aquest sentit, cal destacar les obres de Batty i Sikdar (1982 a, b, c i d), que es comentaran més endavant, i la de Webber (1984), entorn del model de metròpoli de Lowry, en el qual aplica de manera exemplar els models d'interacció i de localització per maximització de l'entropia desenvolupats per Wilson i ell mateix. Aquestes obres coronaven les línies d'ambdós autors en relació amb l'entropia.

No es troben tampoc en aquest període les síntesis totalitzadores del corrent que fineix. Els comentaris sobre la pròpia trajectòria personal de Wilson (1984) indiquen la necessitat de fer-ne l'inventari. En canvi, sí que apareixen articles que intenten situar en els seus orígens el terme d'entropia i de les accepcions que se li han donat en geografia i ordenació del territori. Els més pedagògics són els dels geògrafs K. E. Haynes, F. Y. Philips i J. W. Mohrfels (1980), amb treballs anteriors sobre l'aplicació de les mesures informacionals al territori (HAYNES i ENDERS, 1975; HAYNES i STORBERG, 1978), i el dels físics i economistes italians A. Cecchini i S. Griguolo (1984). Aquest interès, no pas gaire acusat, per la introspecció sobre el terme clau del corrent teòric punter dels anys setanta delata la preocupació sobre el sentit dels estudis realitzats. On es vol anar a parar amb tanta entropia? Fins a cert punt és detectable una sensació d'enfarfegament, que se'n feia ressò Frank Cesario amb un irònic *Much Ado About Entropy* com a títol d'un article (1979) en el qual revisava per enèsima vegada la definició de microestat en la derivació wilsoniana del model gravitatori.

En aquesta darrera etapa estudiada no solament es capta un estat de saturació en els estudis sinó, també d'estancament. L'anàlisi de la terminologia emprada és ben significativa. Un exemple representatiu és el que ofereixen Johnston i Semple, aquest circumstancialment readmès, en un opus-

cle introductori de les mesures informacionals en geografia (1983), en el qual es desprenen sense explicacions dels termes «entropia» i «probabilitat» per usar a partir d'ara els termes «incertesa» i «proporcions». Naturalment, els índexs de Shannon i de Kullback que s'hi exposen per a tasques de classificació de dades territorials o no són els mateixos de sempre. Solament un any abans Thomas havia publicat un treball similar (1981) amb intencions com la de Johnston i Semple, en el qual els temes entropia i probabilitat s'empraven com era habitual fins aleshores. Possiblement hi podia influir un estat d'opinió que tendia a refusar el terme entropia per les seves connotacions no geogràfiques. Sigui com sigui, els dos opuscles citats tanquen un període de dotze anys (1970-1982), en el qual diversos geògrafs van intentar una aplicació explícita de la teoria de la informació als estudis d'anàlisi territorial. El lector pot consultar-los amb profit com a introducció general i per espigolar-ne la bibliografia més bàsica, la qual ha estat omesa en el present article per raons d'espai.

No és d'estranyar que sigui aleshores quan comença a parlar-se'n entre els geògrafs del nostre país i en els llatins en general. Joseba Juaristi ho aplica a l'estudi de l'estructura funcional de la xarxa urbana de Biscaia (1985 a i b) i ho va aprofitar per presentar una introducció a la teoria de la informació en geografia (1984), en la qual és notori el recolzament en el contingut i bibliografia dels dos opuscles de Johnston i Semple i de Thomas abans citats. M. José González (1985) també va aplicar els índexs informacionals, en aquest cas per a la diferenciació de l'estructura urbana de la ciutat de León.

Retornant a la Gran Bretanya, cal assenyalar finalment l'originalitat de l'enfocament encapçalat pel geògraf Ron Johnston. Una de les preocupacions epistemològiques de Johnston, ben bé des de 1968, ha estat el de l'eficàcia de les classificacions en geografia. Després de treballar i manualitzar els mètodes estadístics multivariats, el 1979 els va comparar amb les mesures informacionals (JOHNSTON, 1979) i amb l'anàlisi multidimensional. Incidentalment, cal notar que en una obra de Nijkamp del mateix any (1979) es relaciona el model de gravetat derivat per maximització de l'entropia amb l'anàlisi multidimensional. De tota manera, Johnston no va aprofundir en el domini d'aplicacions de les mesures informacionals, sinó és per l'opuscle introductori realitzat amb Keith Semple ja citat, així com per un article de 1983 per a l'anàlisi de sèries temporals.

Les aplicacions de Johnston i els seus col·laboradors (Hay, Rumley, Taylor) es basaren en la maximització de l'entropia per a l'anàlisi de tendències electorals. Aplicaren el mètode per a l'estimació del contingut d'una matriu

de resultats de votació d'un districte electoral de tipus anglès i del qual hom coneixia solament els marginals. Aquests eren el total de vots obtinguts per cada partit i el total de votants per cada categoria socio-econòmica contemplada. La matriu resultant de l'estimació podria utilitzar-se per a l'estudi d'efectes estructurals en el sistema electoral (JOHNSTON, 1981 i 1982 a i b; JOHNSTON i HAY, 1984; JOHNSTON, HAY i RUMLEY, 1984). També és emprat per estimar matrius de transició per a l'anàlisi de les variacions de tendència de vot entre diverses votacions (JOHNSTON i HAY, 1982 a i b; HAY i TAYLOR, 1982). En fi, aprofita una enquesta de tendències de vot realitzada a un estat australià per comparar-ne els resultats amb les estimacions obtingudes pel procediment de maximització (JOHNSTON, HAY i RUMLEY, 1983).

Finalment, la clau de volta del corrent entròpic per a l'ordenació del territori és la sèrie de quatre articles de Batty i Sikdar (1982 a, b, c i d) a *Environment and Planning A* amb el títol general de *Spatial Aggregation in Gravity Models*. En aquests articles, que en conjunt haurien d'haver-se publicat com a llibre per la seva extensió i extrema dificultat de comprensió, els autors aconsegueixen relacionar operativament el nivell de zonificació amb el model gravitatori per a l'estimació de fluxos de persones entre les zones; o sia, es relacionen els nivells d'incertesa de la zonificació creada, amb els paràmetres del model gravitatori per maximització de l'entropia que li correspon.

Amb això no es clouen pas les recerques dels geògrafs entorn de l'aplicació de l'entropia o incertesa en anàlisi i planificació del territori. Des de la data que tanca el nostre rastreig bibliogràfic fins a l'actualitat ha continuat la producció d'aportacions, sobretot en la vessant de la maximització de l'entropia en la derivació de models gravitatoris, per a models de localització i en zonificació. Més aviat, cal considerar que el centre d'interès dels estudis en geografia teòrica dels anys vuitanta s'ha desplaçat de l'enfocament clàssic de considerar les relacions entre societat i configuracions territorials de manera lineal cap a enfocaments no lineals. Els problemes plantejats a la dècada dels setanta entorn de la incertesa han ajudat decididament a l'eclosió dels estudis de dinàmica espacial dels vuitanta. Però el desenvolupament d'aquests darrers hauria de ser objecte d'un nou article monogràfic en una altra ocasió.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, B. M. (1972) «Economic Derivation of Gravity Law of Spatial Interaction: comment on reply». *Journal of Regional Science*, 12, pp. 119-126.
- ANDERSON, J. (1969) «On General Systems Theory and the Concept of Entropy in Human Geography». London: London School of economics, Department of Geography (Research Paper, 31).
- BATTY, M. (1972) «Entropy and spatial Geometry». *Area*, 4, pp. 230-236.
- BATTY, M. i MACKIE, S. (1972) «The Calibration of Gravity, Entropy and related Models of Spatial Interaction». *Environment and Planning*, 4, pp. 205-233.
- BATTY, M. (1974) «Spatial Entropy». *Geographical Analysis* 6, pp. 1-32.
- BATTY, M. i MARCH, L. (1975) «Dynamic Urban Models Based on Information-Minimising». Reading: University of Reading, Department of Geography, *Reading Geographical Papers*, 48.
- BATTY, M. i MARCH, L. (1976) «The Methods of Residuals in Urban Modelling». *Environment and Planning, Series A*, 8, pp. 189-214.
- BATTY, M. i SAMMONS, R. (1978) «On searching the most Informative Spatial Pattern». *Environment and Planning, Series A*, 10, pp. 747-779.
- BATTY, M. i SIKDAR, P. K. (1982) «Spatial aggregation in Gravity Models». *Environment and Planning, Series A*, 14, pp. 377-405; pp. 523-553; pp. 629-658; pp. 795-822.
- BECKMANN, M. J. i GOLOB, T. F. (1972) «A critique of Entropy and Gravity in Travel Forecasting». En Newell, G: *Traffic flow and Transportation*. New York: Elsevier, pp. 109-118.
- BEHARA, M. (1974) «Entropy and Utility». A Menges, G: *Information, Inference and decision*. Dordrecht: Reidel.
- BERRY, B. J. L.; Barnum, Hg. (1962) «Aggregate Relations and Elemental Components of Central Places Systems». *Journal of regional Science*, 4, pp. 35-68.
- BERRY, B. J. L. (1964) «Cities as Systems within Systems of Cities». *Papers of the Regional Science Association*, 13, pp. 147-163.
- BERRY, B. J. L. (1967) *Geography of Market centers and Retail Distribution*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. Trad. castellano (1971) *Geografía de los centros de mercado y distribución al por menor*. Barcelona: Vicens Vives.
- BERRY, B. J. L. i SCHWIND, P. (1969) «Information and Entropy in Migrant Flows». *Geographical Analysis*, 1, pp. 5-14.
- BRILLOUIN, L. (1956) *Science and Information Theory*. New York: Academic Press.
- BROADBENT, T. A. (1970) «A Hierarchical Interaction-Allocation Model for a two-level Spatial Systems». *Regional Studies*, 5, pp. 23-27.
- BROWN, L. A. (1970) «On the Use of Markov Chains in Movement Research». *Economic Geography*, 46, pp. 393-403.
- BUSSIÈRE, R. i SINCKARS, F. (1970) «Derivation of the Negative Exponential Model by an Entropy Maximizing Method». *Environment and Planning*, 2, 295-301.
- CECCHINI, A. i GRIGUOLO, S. (1984) «Entropia ed analisi territoriale». *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, 19, pp. 119-152.
- CESARIO, F. J. (1979) «Much Ado about Entropy». *Geographical Analysis*, 11, pp. 189-196.
- CHAPMAN, G. P. (1970) «The application of Information Theory to the Analysis of Population Distribution in Space». *Economic Geography*, 46, pp. 317-331.

- CHAPMAN, G. P. (1973) «The Spatial Organization of the Population of the United States, and England and Wales». *Economic Geography*, 49, pp. 325-343.
- CHAPMAN, G. P. (1977) *Human and Environment Systems: a Geographer's Appraisal*. London and New York: Academic Press.
- CHOUKROUN, J. M. (1975) «A General Framework for the Development of Gravity-Type Trip Distribution Models». *Regional Science and Urban Economics*, 5, pp. 177-202.
- CLARK, C. (1951) «Urban Population Densities». *Journal of the Royal Statistical Association, Series A*, 114, pp. 490-496.
- CLARK, P. J. i EVANS, F. C. (1954) «Distance to nearest Neighbor as a Measure of Spatial relationships in Population». *Ecology*, 35, pp. 445-453.
- COELHO, J. D. i WILSON, A. G. (1976) «The Optimum Location and Size of Shopping Centers». *Regional Studies*, 10, pp. 413-421.
- COELHO, J. D. i WILSON, A. G. (1977) «Some Equivalence Theorems to Integrate Entropy Maximizing Submodels within overall Mathematical Programming Frameworks». *Geographical Analysis*, 9, pp. 160-173.
- COELHO, J. D.; WILLIAMS, H. C. W. L. i WILSON, A. G. (1978) «Entropy Maximizing submodels within overall Mathematical Programming Frameworks: a correction». *Geographical Analysis*, 10, pp. 195-201.
- COOPER, L. (1964) «Heuristic Methods for Location-Allocation Problems». *SIAM Review*, 6, pp. 37-53.
- CORDEY-HAYES, M. i WILSON, A. G. (1971) «Spatial Interaction». *Socio-Economic Planning Sciences* 5, pp. 73-95.
- CURRY, L. (1964) «The Random Spatial Economy: an Exploration in Settlement». *Annals of the Association of American Geographers*, 54, pp. 138-146.
- CURRY, L. (1972a) «Spatial Entropy». ADAMS, W. P. i HELLEINER, F. M. *International Geography 1972*. Toronto: Toronto University Press, pp. 899-901.
- CURRY, L. (1972b) «A Spatial Analysis in Gravity Flows». *Regional Studies*, 6, pp. 131-147.
- DINKEL, J. J.; KOCHENBERGER, G. A. i WONG, S. D. (1977) «Entropy maximization and geometric programming». *Environment and Planning, Series A*, 9, pp. 419-427.
- DRESCHLER, F. S. (1968) «Decision Trees and the Second Law». *Operations Research Quarterly*, 19, p. 409.
- ERLANDER, S. (1977) «Accessibility, Entropy and the Distribution and Assignment of Traffic». *Transportation Research, Series B*, 11, pp. 149-152.
- ERLANDER, S. i STEWART, N. F. (1978) «Interactivity, Accessibility and the Cost in Trip Distribution». *Transportation Research, Series B*, 12, pp. 291-293.
- ERLANDER, S.; NGUYEN, S. i STEWART, N. F. (1979) «On the Calibration of the Combined Distribution-Assignment Model». *Transportation Research, Series B*, 13, pp. 259-267.
- EVANS, S. P. (1973) «A relationship between the Gravity Model for Trip Distribution and the Transportation Problem of Linear Programming». *Transportation Research, Series B*, 7, pp. 39-61.
- FANO, P. L. (1968) «L'evoluzione dei sistemi urbani: un approccio probabilistico». *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, 1, pp. 1-7.
- FANO, P. L. (1969) «Organization, City-Size Distributions and Central Place». *Papers of the Regional Science Association*, 22, pp. 29-38.
- FISCH, O. (1977) *Geographical Analysis*, «On the Utility of Entropy Maximization», 9, pp. 79-84.

- GARRISON, C. B. i PAULSON, A. S. (1973) «An Entropy Measure of the Geographic concentration of Economic Activity». *Economic Geography*, 49, pp. 319-324.
- GATRELL, A. C. (1977) «Complexity and Redundancy in Binary Maps». *Geographical Analysis*, 9, pp. 27-41.
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, M. J. (1985) *La teoría de la información en Geografía*. «II Coloquio de Geografía Cuantitativa», Madrid.
- GOULD, P. (1972) «Pedagogic Review: Entropy in Urban and Regional Modelling». *Annals of the Association of American Geographers*, 62, pp. 689-700.
- GOULD, P. (1985) *The Geographer at Work*. London: Roulledge and Kegan Paul.
- GUPTILL, S. C. (1978) «An evaluative Technique for Categorical Maps». *Geographical Analysis*, 10, pp. 248-261.
- HARRIS, B. i WILSON, A. G. (1978) «Equilibrium Values and Dynamics of Attractiveness Terms in Production- Constrained Spatial Interaction Models». *Environment and Planning, Series A*, 10, pp. 371-388.
- HART, P. E. (1971) «Entropy and other Measures of Concentration». *Journal of the Royal Statistical Association, Series A*, 134, pp. 73-84.
- HAYNES, K. E. i ENDERS, W. T. (1975) «Distance, Direction and Entropy in the Evolution of a Settlement Pattern». *Economic Geography*, 51, pp. 357-365.
- HAYNES, K. E. i STORBERG, J. E. (1978) «The Entropy Paradox and the Distribution of Urban Population». *Socio-Economic Planning Sciences*, 12, pp. 1-6.
- HAYNES, K. E.; PHILIPS, F. Y. i MOHRFELS, J. W. (1980) «The Entropies: some Roots of Ambiguity». *Socio-economic Planning Sciences*, 14, pp. 137-145.
- HODGE, D; GATRELL, A. (1976) «Spatial Constraint and the Location of Urban Public Facilities». *Environment and Planning, Series A*, 8, pp. 215-230.
- HOROWITZ, A. i HOROWITZ, I. (1968) «Entropy, Markov Processes, and Competition in the Brewing Industry». *Journal of the Industrial Economics*, 16, pp. 196-211.
- HOROWITZ, I. (1970) «Employment Concentration in the Common Market: an Entropy Approach». *Journal of the Royal Statistical Association, Series A*, 133, pp. 463-479.
- HOROWITZ, I. (1971) «On Numbers-Equivalents and the Concentration Ratio: an International Empirical Comparison». *Quarterly Review of Economic Business*, 2, pp. 55-63.
- HUFF, D. L. (1963) «A Probabilistic Analysis of Shopping Center trade areas». *Land Economics*, 39, pp. 81-90.
- JACQUEMIN, A. P. i KUMPS, A. M. (1971) «Changes in the Size Structure of the Largest European Firms: an Entropy Measurement». *Journal of Industrial Economics*, 20, pp. 50-70.
- JAYNES, E. T. (1957a) «Information Theory and Statistical Mechanics I». *Physical Review*, 106, pp. 620-630.
- JAYNES, E. T. (1957b) «Information Theory and Statistical Mechanics II». *Physical Review*, 108, pp. 171-190.
- JEFFERSON, T. R. i SCOTT, C. H. (1979) «The analysis of Entropy Models with Equality and Inequality Constraints». *Transportation Research, Series B*, 13, pp. 123-132.
- JOHNSTON, R. J. (1968) «Choice in Classification: the Subjectivity of Objective Methods». *Annals of the Association of American Geographers*, 58, pp. 575-589.
- JOHNSTON, R. J. (1979) «On the Characterization of Urban Social Areas». *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 70, pp. 232-238.
- JOHNSTON, R. J. (1981) «Regional variations in Britain voting Trends, 1966-79: Test of an Ecological Model». *Regional Studies*, 15, pp. 23-32.

- JOHNSTON, R. J. (1982) «Uncovering Structural effects in Ecological Data: an Entropy Maximizing Approach». *Geographical Analysis*, 14, pp. 355-365.
- JOHNSTON, R. J. (1982) «The Geography of Electoral Change: an illustration of an Estimating Procedure». *Geografiska Annaler Series, B*, 64, pp. 51-60.
- JOHNSTON, R. J. i HAY, A. M. (1982a) «On the Parameters of Uniform Swing in Single Member Constituency Electoral Systems». *Environment and Planning, Series A*, 14, pp. 61-74.
- JOHNSTON, R. J. i HAY, A. M. (1982b) «Estimating the Sources of Spatial Changes in Elections Results: a multiproportional Matrix Approach». *Environment and Planning, Series A*, 14.
- JOHNSTON, R. J. (1983) «On the Symmetry of Leads and Lags in Studies of Regional Unemployment». *Regional Studies*, 17, pp. 105-112.
- JOHNSTON, R. J. i SEMPLE, R. K. (1983) *Classification using Information Statistics*. Norwich: Geo Abstract.
- JOHNSTON, R. J.; HAY, A. M. i RUMBLEY, D. (1983) «Entropy-Maximizing Methods for Estimating Voting Data: a Critical Test». *Area*, 15, pp. 35-40.
- JOHNSTON, R. J. i HAY, A. M. (1984) «The Geography of Ticket-Splitting: a preliminary study of the Elections using Entropy-Maximizing Methods». *Professional Geographer*, 36, pp. 201-206.
- JUARISTI LINACERO, J. (1984) «La teoría de la información en geografía: aspectos introductorios». *Lurralde/Investigación y Espacio*, 1, pp. 219-241.
- JUARISTI LINACERO, J. (1985a) «Sobre diversidad urbana: estructuras de actividad en las ciudades de la comunidad autónoma del País Vasco». *Lurralde/Investigación y Espacio*, 2, pp. 209-218.
- JUARISTI LINACERO, J. (1985b) *La estructura urbana de Vizcaya*. Vitoria: Universidad del País Vasco.
- KIRBY, H. R. (1970) «Normalizing Factors of the Gravity Model: an interpretation». *Transportation Research, Series B*, 4, pp. 37-50.
- KIRBY, H. R. (1974) «Theoretical requirements for Calibrating Gravity Models». *Transportation Research, Series B*, 8, pp. 97-104.
- LAKSHMANAN, T. R. i HANSEN, W. G. (1965) «A Retail Market Potential Model». *Journal of American Institute of Planning*, 31, pp. 134-143.
- LAKSHMANAN, T. R. i HANSEN, W. G. (1975) «Un modelo de potencial de mercado de venta al por menor». A HARRIS, B.: *Modelos de desarrollo urbano*. Vilassar de Mar: Oikos Tau.
- LENZ, R. D. (1977) «A note on the Role of Bose-Einstein Statistics in Point Pattern Analysis». *Geographical Analysis*, 9, pp. 422-428.
- LENZ, R. D. (1979) «Redundancy as an Index of Change in Point Pattern Analysis». *Geographical Analysis*, 11, pp. 374-388.
- LIEBETRAU, A. M. i KARR, A. F. (1977a) «The role of Maxwell-Boltzmann and Bose-Einstein Statistics in Point Pattern Analysis». *Geographical Analysis*, 9, pp. 418-422.
- MACGILL, S. M. (1977b) «Theoretical Properties of biproportional Matrix Adjustments». *Environment and Planning, Series A*, 9, pp. 687-701.
- MACGILL, S. M. (1977) «The Lowry Model as an Input-Output Model and its extension to incorporate full Interactivity». *Regional Studies*, 11, pp. 337-354.
- MACGILL, S. M. (1978) «Rectangular Input-Output Tables, Multiplier. Analysis and Maximizing Entropy Principles: a New Methodology». *Regional Science and Urban Economics*, 8, pp. 255-370.
- MARCH, L. i BATTY, M. (1975) «Generalized Measures of Information Bayes'Likelihood Ratio and Jaynes'Formalism». *Environment and Planning, Series B*, 2, pp. 99-105.

- MARCHAND, B. (1974) «Reviews of Wilson». *Geographical Analysis*, 6, pp. 89-95.
- MARFELS, C. (1971) «Absolute and Relative Measures of Concentration Reconsidered». *Kyklos*, 24, pp. 753-766.
- MASSER, I. i BROWN, P. J. B. (1978) *Spatial Representation and Spatial Interaction*. Leiden: Martinus Nijhoff.
- MEDVEDKOV, Y. U. (1967) «The Regular Component in Settlement pattern as shown on a Map». *Soviet Geography*, 8, pp. 150-168.
- MURCHLAND, J. D. (1966) «Some Remarks on the Gravity Model of Traffic Distribution and an Equivalent Maximization Formulation». London University; Graduate School of Business, Transport Network Theory Unit, *Working Paper*, 38.
- NIEDERCORN, J. H. i BECHODLT, B. V. (1969) «An Economic Derivation of the Gravity Law of Spatial Interaction». *Journal of Regional Science*, 9, pp. 273-282.
- NIJKAMP, P. i PAELINCK, J. H. P. (1974) «A Dual Interpretation and generalization of Entropy Maximizing Models in Regional Science». *Papers of the Regional Science Association*, 33, pp. 13-31.
- NIJKAMP, P. (1975) «Reflections on Gravity and Entropy Models». *Regional Science and Urban Economics*, 5, pp. 203-225.
- NIJKAMP, P. (1979) *Multidimensional Spatial Data and Decision Analysis*. Chichester: Wiley.
- OPENSHAW, S. (1977a) «Optimal Zoning Systems for Spatial Interaction Models». *Environment and Planning, Series A*, 9, pp. 169-184.
- OPENSHAW, S. (1977b) «A Geographical Solution to Scale and Aggregation Problems in Regional Building, Partitioning, and Spatial Modelling». *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, 2, pp. 459-472.
- PIPKIN, J. S. (1975) «The Map as Information Channel: Ignorance before and after looking at a choropleth Map». *Canadian Geographer*, 12, pp. 80-82.
- PIPKIN, J. S. (1977) «Some Comments on Maps and Information». *Geographical Analysis*, 9, pp. 187-195.
- RODRÍGUEZ BAYRAGUET, A. (1972) «El método maximizador de entropía: estudio de un caso: análisis de alternativas físicas en el planeamiento de la nueva ciudad de Riera de Caldas». *Cuadernos de Estadística Aplicada e Investigación Operativa*, 8, pp. 25-53.
- SCOTT, A. J. (1969) «On the Optimal Partitioning of Spatially Distributed Point Sets». A Scott, A. J.: *Studies in Regional Science*. London: Pion, pp. 57-72.
- SCOTT, A. J. (1970) «Transportation and the distribution of Populations: some Entropy Maximizing Models». Toronto: University of Toronto, Centre for Urban and Community Studies *Research Paper*, 32.
- SCOTT, A. J. (1971) «A Model of Nodal Entropy in a Transport Network with Congestion Costs». *Transportation Science*, 5, pp. 204-211.
- SEMPLER, R. K. i GOLLEDGE, R. G. (1970) «An Analysis of Entropy Changes in a Settlement Pattern over Time». *Economic Geography*, 46, pp. 157-160.
- SEMPLER, R. K. i WANG, L. H. (1971) «A Geographical Analysis of changing Redundancy in Inter-Urban Transportation Links». *Geografiska Annaler, Series B*, 53, pp. 1-5.
- SEMPLER, R. K. i GAUTIER, H. L. (1972) «Spatial-Temporal Trends in Income Inequalities in Brazil». *Geographical Analysis*, 4, pp. 169-180.
- SEMPLER, R. K. (1973) «Recent Trends in the Spatial Concentration of Corporate Headquarters». *Economic Geography*, 49, pp. 309-318.
- SEMPLER, R. K. i SCORRAR, D. A. (1975) «Canadian International Trade». *Canadian Geographer*, 19, pp. 135-148.

- SEMPLE, R. K. i DEMKO, G. J. (1977) «An Information-Theoretic Analysis: an Application to Soviet-Comecon Trade Flows». *Geographical Analysis*, 9, pp. 51-63.
- SHANNON, C. E. (1948) «A Mathematical Theory of Communication». *Bell System Technical Journal*, 27, pp. 379-423 i pp. 623-656.
- SLATER, P. B. (1978) «Gravity Model Estimates and Exact Maximum-Entropy solutions: their differences». *Environment and Planning, Series A*, 10, pp. 1131-1136.
- SNICKARS, F. i WEIBULL, J. W. (1977) «A Minimum Information Principle: Theory and Practice». *Regional Science and Urban Economics*, 7, pp. 137-168.
- THEIL, H. (1967) *Economics and Information Theory*. Amsterdam: North Holland.
- THOMAS, R. W. i REEVE, D. E. (1976) «The Role of Bose-Einstein Statistics in Point Pattern Analysis». *Geographical Analysis*, 8, pp. 113-136.
- THOMAS, R. W. (1977) «Nearest Neighbor Distances in an Infinite Entropic Point Pattern». *Geographical Analysis*, 9, pp. 409-418.
- THOMAS, R. W. (1981) *Information Statistics in Geography*. Norwich: Geo Abstracts.
- URIEL JIMÉNEZ, E. (1974) «La teoría de la información y la medición de la distribución de la renta: aplicación a la distribución provincial de la renta en España». *Anales de Economía*, 23, pp. 5-59.
- WALSH, J. A. i WEBBER, M. J. (1977) «Information Theory: some Concepts and Measures». *Environment and Planning, Series A* 9, pp. 395-417.
- WALSH, J. A. i O'KELLY, M. E. (1979) «An Information Theoretic Approach to Measurement of Spatial Inequality». *Economic and Social Review*, 10, pp. 267-286.
- WALSH, P. K. i GIBBERD, R. W. (1980) «Developments of an Entropy Model for residential Location with maximum Zonal Population Constraints». *Environment and Planning, Series A*, 12, pp. 1253-1268.
- WALSH, P. K. i GIBBERD, R. W. (1983) «A probability Analysis of some Spatial Interaction Models». *Transportation Research, Series B*, 17, pp. 193-200.
- WALSH, P. K.; JEFFERSON, T. R.; GIBBERD, R. W. i SCOTT, C. H. (1981) «Models for Forecasting Residential Populations-The Geometric Programming approach». *Regional Studies*, 15, pp. 521-531.
- WEBBER, M. J. (1972) *Impact of Uncertainty on Location*. Canberra: Australian National University.
- WEBBER, M. J. (1975) «Entropy-Maximizing Location Models for Non-Independent Events». *Environment and Planning, Series A*, 99-108.
- WEBBER, M. J. (1976) «Elementary Entropy Maximizing Probability Distributions: Analysis and Interpretations». *Economic Geography*, 52, pp. 218-227.
- WEBBER, M. J. (1977) «An Elementary Entropy-Maximizing Model of Urban Consumers». *Papers of the Regional Science Association*, 39, pp. 251-277.
- WEBBER, M. J. (1979) *Information Theory and Urban Spatial Structure*. London: Croom Helm.
- WEBBER, M. J. (1984) *Explanation, Predication and Planning: the Lowry Model*. London: Pion.
- WHITE, D. J. (1969) «Operational Research and Entropy». *Operations Research Quarterly*, 20, pp. 126-127.
- WHITE, D. J. (1970) «The Use of the Concept of Entropy in System Modelling». *Operations Research Quarterly*, 21, pp. 279-281.
- WILSON, A. G. (1967) «A Statistical Theory of Trip Distribution Models». *Transportation Research*, 1, pp. 253-269.

- WILSON, A. G. (1968) «Notes on some Concepts in Social Physics». *Papers of the Regional Science Association*, 22, pp. 159-193.
- WILSON, A. G. (1969) «Developments of some Elementary Residential Location Models». *Journal of Regional Science*, 1, pp. 377-385.
- WILSON, A. G.; HAWKINS, A. F.; HUI, G. J. i WAGON, D. J. (1969) «Calibration and Testing of the SELNEC Transport Models». *Journal of Transport and Economic Policy*, 3, pp. 108-126.
- WILSON, A. G. (1970a) *Entropy in Urban and Regional Modelling*. London: Pion.
- WILSON, A. G. (1970b) «The Use of the Concept of Entropy in Systems Modelling». *Operations Research Quarterly*, 21, pp. 247-265.
- WILSON, A. G. (1974) *Urban and Regional models in Geography and Planning*. London: Wiley. Trad. castellano (1980) *Geografía y planeamiento urbano y regional*. Vilassar de Mar, Oikos-Tau.
- WILSON, A. G. i SENIOR, M. L. (1974) «Some Relationships between Entropy Maximizing Models, Mathematical Programming Models, and their duals». *Journal of Regional Science*, 14, pp. 207-215.
- WILSON, A. G.; HAWKINS, A. F.; HUI, G. J. i WAGON, D. J. (1975) «Calibración y comprobación del modelo de transporte SELNEC». A Hall, P.: *Modelos de análisis territorial*. Vilassar de Mar: Oikos Tau, pp. 195-218.
- WILSON, A. G. (1976) «Catastrophe Theory and Urban Modelling: an Application to Modal Choice». *Environment and Planning, Series A*, 8, pp. 351-356.
- WILSON, A. G. (1984) «One Man's Quantitative Geography: Frameworks, Evaluations, Uses and Prospects». A Billinge, M.; Gregory, D. i Martin, R.; *Recolections of a Revolution: Geography as Spatial Science*. London: Macmillan, pp. 200-226.
- WOLDENBERG, M. J. i BERRY, B. J. L. (1967) «Rivers and Central Places: analogous Systems?» *Journal of Regional Science*, 14, pp. 129-139.
- WOLDENBERG, M. J. (1968) «Energy Flow and Spatial Order: Mixed Hexagonal Hierarchies of Central Places». *Geographical Review*, 58, pp. 552-574.