

Espacio geográfico y ciencias sociales. Nuevas propuestas para el estudio del territorio*

Joaquín Bosque Sendra¹

RESUMEN: El desarrollo de la Ciencia de la información geográfica, de la Geocomputación y de una Ciencia social espacialmente integrada ofrece nuevas e interesantes perspectivas para el estudio de los problemas territoriales. En este trabajo se describen estas tres iniciativas y se reflexiona sobre sus posibilidades para integrar las diversas ciencias sociales.

Clasificación JEL: R00, R10.

Palabras clave: tecnologías de la información geográfica, Ciencia de la información geográfica, Geocomputación y Ciencias sociales integradas.

Geographic spaces and social sciences. New approaches to study territory

ABSTRACT: The development of the Geographical Information Science, Geocomputation and the spatial integrated Social Science offer new and interesting perspectives to study territorial problems. This article describes these proposals and discusses their possibilities to integrate the different social sciences.

JEL classification: R00, R10.

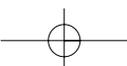
Key words: Geographic Information Technologies, Geographical Information Science, Geocomputation and integrated social sciences.

1. Introducción

El estudio de los problemas territoriales, en el que la Geografía ha tenido siempre un papel destacado, está experimentando en los últimos años cambios muy significativos, que

* Agradezco los comentarios y sugerencias realizadas sobre una primera versión de este artículo por Gustavo Buzai.

¹ Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá. E-mail: joaquin.bosque@uah.es



pueden conducir próximamente a una mejora sustancial de los procedimientos empleados y a una mucha mayor interrelación entre las diversas disciplinas (Geografía, Sociología, Economía, Ciencia regional, etc.) que se interesan por estos temas. En buena medida esto se debe a la aparición de, al menos, tres iniciativas para la creación de nuevas subdisciplinas sobre el tema, subdisciplinas que podemos denominar transdisciplinares.

El texto que sigue trata de aclarar un poco el papel de estas iniciativas y el desarrollo actual de muchas de sus sugerencias. En parte estas reflexiones se basan en la lectura del texto de M. Goodchild y R. Haining (2004) sobre la convergencia entre los SIG y el análisis espacial e intenta situar algunas de sus afirmaciones en un contexto más general que nos permita entender mejor el significado de algunos contenidos de este texto.

En los últimos años el auge y difusión de una serie de tecnologías de la información geográfica, principalmente los SIG y la Teledetección, han cambiado notablemente las posibilidades existentes para el estudio de los hechos territoriales.

También estas innovaciones instrumentales han provocado numerosas discusiones de carácter más conceptual, muchas de ellas iniciadas por algunos de sus más conocidos cultivadores, que, mediante reflexiones y sugerencias, han aportado nuevos puntos de vista sobre la finalidad y las posibilidades del estudio de los problemas territoriales².

Un objetivo de este texto es plantear algunas de estas discusiones y tratar de observar el efecto actual y futuro que tales polémicas pueden tener para la próxima evolución de los estudios del territorio, de la Geografía y, más en general, para el conjunto de las Ciencias sociales.

Se puede concretar las más recientes, y más importantes, de estas sugerencias y temas de discusión en las siguientes tres propuestas:

- 1.º La aparición de la llamada Ciencia de la Información Geográfica.
- 2.º La propuesta de nacimiento y desarrollo de la denominada Geocomputación.
- 3.º La sugerencia para el desarrollo de una Ciencia social espacialmente integrada, una iniciativa reciente de varios científicos norteamericanos.

2. La ciencia de la información geográfica

Hace ya algunos años varios geógrafos norteamericanos (Goodchild, 1992 y 1997; Wright, Goodchild, y Proctor, 1997) propusieron desarrollar una nueva disciplina científica, la denominada Ciencia de la información geográfica (CIG). La principal razón de ello estribaría en el potente desarrollo de nuevas y numerosas Tecnologías para el manejo de la información geográfica (TIG): GPS (Núñez, Valbuena y Velasco, 1992), Teledetección (Chuvioco, 2002), Sistemas de información geográfica (Bosque Sendra, 1997), principalmente.

El uso generalizado de estas tecnologías ha producido una mejora indudable en el estudio y resolución de numerosos problemas y cuestiones territoriales, pero, al mismo tiempo, también se han dejado ver numerosas insuficiencias y dificultades de

² Un buen ejemplo son los diferentes trabajos del profesor Openshaw en los que siempre ha mostrado su ánimo polémico pero muy sugerente en cuanto al impacto esencial del uso de diversas técnicas y metodología dentro de la Geografía: Openshaw, 1991; Openshaw, 1981.

la aplicación de estos instrumentos en el estudio de los complejos problemas de Ordenación del territorio, de la evaluación del impacto ambiental, o del modelado de problemas ambientales, etc. Para muchos la creación de esta nueva disciplina suponía un intento destacable de solucionar esta problemática.

De esta manera podríamos definir a la CIG como: «Un cuerpo de conocimiento que pretende el estudio, la investigación y el desarrollo de los conceptos teóricos, los algoritmos matemáticos, los programas informáticos, los instrumentos físicos, las bases de datos, las nuevas formas de uso y la búsqueda de nuevos temas de estudio en relación a las tecnologías que permitan el uso eficiente de la información geográfica».

Ejemplos concretos de cada una de estas cuestiones podrían ser las siguientes:

Conceptos teóricos: Determinación de la utilidad y la dificultad de la representación digital del espacio geográfico en forma de «campos» (modelo raster) o mediante objetos geográficos.

Algoritmos matemáticos: Nuevas formas de resolver los modelos de localización-asignación que mejoren el algoritmo de intercambio (Teitz y Bart, 1968) o que lo apliquen en forma de computación en paralelo (Healey y otros, 1998).

Programas informáticos: Que resulten más intuitivos y fáciles de utilizar por usuarios inexpertos y que sean interoperables entre los diferentes proveedores del mercado.

Dispositivos físicos: Estudio de las posibilidades que ofrecen las técnicas de realidad virtual para el manejo más fácil e intuitivo de los programas SIG.

Bases de datos: Más completas, interoperables y que permitan análisis y tratamientos a distintas escalas espaciales resolviendo las cuestiones de la generalización cartográfica de manera sencilla y «automática»...

Nuevas formas de uso: Mejora en el empleo del GPS para la toma de datos sobre producciones agrarias (agricultura de precisión).

Nuevos temas donde aplicar las tecnologías geográficas: Como la reciente Agricultura de precisión, la salud pública, etc, cuestiones nuevas en las que el uso de estas tecnologías aporte resultados interesantes y solución a problemas intratables de otro modo.

La ciencia de la información geográfica sería un campo de conocimiento multidisciplinar en el que la Geografía, la Cartografía, la Geodesia, la Fotogrametría, entre otras, aportan ideas y elementos para su desarrollo. Es decir se trataría de una disciplina transdisciplinar en la que se fusionarían el grueso o parte sustancial de los contenidos existentes en las citadas disciplinas.

Tras las primeras propuestas de creación se produjeron una serie de reacciones importantes, fundamentalmente la organización de un consorcio de universidades en Estados Unidos (UCGIS, 2004) para la promoción de esta disciplina. Igualmente varias de las revistas científicas más ligadas a estos temas cambiaron su nombre para incluir este aspecto: *International Journal of Geographic Information Systems* paso a denominarse *International Journal of Geographic Information Science* (en 1996), y algo similar ocurrió con *Cartography and Geographic Information Systems*. Del mismo modo surgieron en muchas Universidades norteamericanas centros y departamentos o puestos de profesor con dicha denominación. Igualmente aparecieron nuevos estudios y diplomas dedicados al tema (por ejemplo, en la Universidad de Queensland, Australia, o en la Universidad de Leicester, Gran Bretaña, entre otras).

En resumen, esta propuesta ha conseguido un amplio eco y difusión en muchas zonas del mundo y, se puede decir, que se ha constituido en un foco de desarrollo teórico e instrumental de gran importancia. Principalmente la preocupación de los cultivadores de la CIG estriba en facilitar el desarrollo y mejora de las tecnologías de la información geográfica. Podemos resumir los temas estudiados por la CIG en el estudio (UCGIS, 1996 y 2002) de problemas antiguos mal resueltos y de nuevas cuestiones de reciente aparición.

A) Resolución de problemas antiguos de las tecnologías geográficas, problemas que no han sido adecuadamente resueltos y que dificultan la extensión de estas tecnologías de manera general entre el conjunto de la población

I. Diseño de nuevos y mejores modelos de datos para la representación digital de la Información geográfica

Modelos de datos que:

- Manejen simultáneamente y con agilidad las tres dimensiones geométricas de la realidad: la longitud y la anchura (que ya están incluidas en los SIG actuales) y la altura, muy mal representada en los sistemas actuales.
- Incluyan la dimensión temporal de la realidad geográfica y la dinámica espacio-temporal de los hechos geográficos (Langram, 1992; Peuquet, 2002).
- Informen, simultáneamente, de las características de los datos y de las incertidumbres y de los errores que afectan a los datos (Hearnshaw y Unwin, 1994, pp. 141-149).
- Faciliten la consideración de los cambios de escala para la representación, análisis y captura de los datos. Consiguiendo que los datos geográficos puedan ser usados sin problemas a diversos niveles de la escala espacial, manteniendo la coherencia y la validez de la información representada (Weibel y Dutton, 1999; Muller, Legrange y Weibel, 1995).
- Puedan representar de manera correcta a los hechos geográficos que no poseen, en la realidad territorial, límites claramente definidos, es decir los fenómenos en los que su posición y extensión espacial es borrosa y con fronteras poco claras (Burrough y Frank, 1996).

Como se puede comprobar por la enumeración anterior, la representación digital de los hechos territoriales presenta todavía deficiencias importantes, y es una cuestión en desarrollo, pero que necesita de una reflexión muy profunda y que descienda a las raíces del tema. En este sentido un planteamiento que, en cierto modo, unifica muchas de las cuestiones mencionadas es la denominada ontología de los hechos geográficos (Mark, 2003), una parte de la CIG que trata de establecer una teoría formalizada de los hechos geográficos relevantes del mundo real, las relaciones que tienen entre si y los procesos que los modifican. El volumen de trabajos recogido por Duckham, Goodchild y Workboys (2003) supone una importante aportación en este sentido.

II. Desarrollo de mejores métodos de análisis de la Información geográfica que se incluyan en las tecnologías geográficas

- Métodos de análisis espacial que permitan la exploración de los diversos componentes de los datos geográficos: el espacial, el temático, el temporal. Explorando cada uno por separado y en interacción con los restantes y con los diversos niveles de escala de observación: global, regional, local (Anselin, 1999; Anselin, Syabri y Kho, 2004).
- Procedimientos de análisis que permitan la confirmación rigurosa de las hipótesis, teorías y modelos elaborados dentro de los SIG (Fabbri y Chung, 1996). Para ello se debe tener en cuenta las propiedades específicas de los datos geográficos: autocorrelación espacial, falta de independencia estadística de las observaciones espaciales, variables con distribuciones de frecuencia no gaussianas, etc (Fischer, Scholten y Unwin, 1996, parte 3). En esta línea se sitúan bastantes de las cuestiones tratadas en el artículo de Goodchild y Haining (2004) que sirve de referencia a estas reflexiones.
- En general, desarrollo de nuevos procedimientos para una mejor visualización, simplificación, análisis de componentes y teorización de la información geográfica, que tengan en cuenta la autocorrelación espacial de los datos territoriales (Cressie, 1991).
- Métodos que faciliten la utilización de los SIG y del resto de las tecnologías geográficas como herramientas para la ayuda a la decisión espacial (Armstrong, Densham y Rushton, 1986; Bosque y otros, 2000; Malckewski, 1999).

III. Nuevos procedimientos para la adquisición e integración de datos geográficos

Aunque se han desarrollado nuevos procedimientos más eficientes para la adquisición de datos geográficos (GPS, nuevos sensores con mayor resolución, etc.) todavía este tema sigue siendo uno de los más difíciles y problemáticos del uso de las tecnologías geográficas. Más aún si, además de la mera adquisición, se consideran las dificultades de integrar todos los nuevos tipos de datos en bases de datos coherentemente georeferenciadas. Por otra parte, no se debe olvidar la creciente tendencia a que los datos empleados en cualquier estudio geográfico procedan de fuentes dispares, de modo que la problemática de la integración se hace aún mayor.

Existe por lo tanto una urgente necesidad de investigar procedimientos más potentes de integrar datos dispares, de forma más automática, con menor intervención humana. Se ha planteado el termino «conflación» (Conflation, 2004) para referirse a las técnicas que son capaces de georeferenciar distintos temas de manera automática, mediante el reconocimiento de elementos comunes y el ajuste de los aspectos geométricos y temáticos. En una línea semejante se pueden mencionar los avances en los denominados «SIG de campo» (GIS field) (Wilson, 1999), que permiten registrar de modo automático información sobre el terreno, por ejemplo en la denominada «agricultura de precisión», de modo que se puedan organizar las actividades humanas pertinentes empleando una información espacial muy detallada.

B) Nuevos problemas recientemente surgidos o, incluso, de previsible aparición en el cercano futuro, dado el desarrollo de la tecnología informática y el cada vez más amplio uso de las tecnologías geográficas

Junto a los problemas anteriores, muchos de ellos ya muy viejos y conocidos, se han empezado a plantear nuevas cuestiones que empiezan a ser ya, o se prevé que lo serán en el próximo futuro, temas difíciles e importantes de resolver. El origen de estos nuevos problemas reside en dos tendencias generales de gran importancia:

1.º El propio auge y desarrollo de las tecnologías geográficas y de su uso cada vez más generalizado. Las áreas de aplicación de estos procedimientos aumentan continuamente, yendo desde la investigación de los problemas ambientales a diversas escalas, al desarrollo de la agricultura de precisión.

Un factor decisivo para esta difusión es el crecimiento de la llamada sociedad de la información, que centrada en el manejo e intercambio de información en general, necesita utilizar cada vez más a menudo la de tipo geográfico. Los datos espaciales/territoriales ocupan un papel decisivo en muchos procesos sociales, económicos y ambientales (Openshaw y Goddard, 1987). Por ejemplo, la mayoría de los procesos sociales y ambientales tienen una plasmación y un sustento territorial, el crecimiento rápido de la población mundial y el impacto ambiental de las actividades humanas reducen el territorio disponible, lo que aumenta la importancia de la planificación y organización correcta del uso del territorio. El espacio geográfico es un bien cada vez más escaso, su uso se debe planificar con sumo cuidado³.

El resultado de todo esto es la creciente aparición de usuarios de las tecnologías geográficas que no están «espacialmente informados». Hasta ahora los usuarios de los SIG o la Teledetección tenían una formación significativa en muchos de los conceptos geográficos que subyacen a estas técnicas. En la actualidad esto no es así, y en el futuro se puede esperar que las tecnologías geográficas se integren en la panoplia común de instrumentos de trabajo del ciudadano: ayudas a la conducción de automóviles, cartografía servida a través de Internet, etc. Desde otro punto de vista se puede mencionar que esta proliferación de aplicaciones y el uso masivo de las Tecnologías de la información geográfica deben facilitar una mejora notable de las habilidades espaciales de gran número de personas, lo que constituye un factor positivo no desdeñable que se debe considerar a la hora de apoyar la difusión de estos procedimientos.

No obstante, la mencionada difusión masiva de estas tecnologías necesita de un amplio proceso de normalización, simplificación en el uso y mejora en sus capacidades. Para ello es imprescindible una difícil labor de formalización del lenguaje geográfico, que lo haga, simultáneamente, más potente y más sencillo de emplear. En este sentido, existe desde hace ya tiempo una interesante línea de investigación que trata de estudiar los aspectos cognitivos (Mark, 2003) y del razonamiento (Egenhofer y Golledge, 1998) sobre el espacio geográfico, tratando de precisar, por ejemplo, las diferencias y las semejanzas entre las distintas lenguas (inglés, francés, español, etc.)

³ En relación a esta cuestión el concepto de huella ecológica generada por la actividad humana resulta muy esclarecedor (Huella ecológica, 2004).

en el modo de nombrar la posición en el espacio y como se refieren a los hechos espaciales, con la finalidad de tratar de encontrar elementos que permitan definir un lenguaje más intuitivo para los programas informáticos SIG (Mark y Frank, 1991). Otras muchas cuestiones similares se estudian en este enfoque cognitivo de las TIG que celebra a menudo conferencias científicas (COSIT, 2005) y genera una amplia literatura, por ejemplo Hirtle y Frank (1997). Es ésta, por lo tanto, una importante y difícil tarea pendiente para los científicos de la Información geográfica.

2.º Por otra parte, la evolución de las tecnologías informáticas incide igualmente sobre la aparición de nuevos problemas. Por ejemplo, el desarrollo de la orientación a objetos en la informática ha conducido, de manera cada vez mas evidente, a la creación de nuevos tipos de software SIG (Worboys, 1999); la ampliación de la informática distribuida y en red, con el auge de las redes de ordenadores, de bases de datos, de programas o de la red de redes, Internet, supone igualmente un cambio importante que afecta a las tecnologías geográficas (Plewe, 1997). Del mismo modo se debe considerar (como se verá mas abajo) la incidencia que el actual y futuro desarrollo de la Inteligencia artificial pueden tener en las tecnologías de la información geográfica (Openshaw y Openshaw, 1997).

Todos estos procesos originan una serie de nuevos problemas, que se pueden concretar en dos.

I. La interoperabilidad de la información y de las tecnologías geográficas (Sondheim, Gardels y Buehler, 1999)

Se refiere este concepto a la urgente necesidad de que, no sólo los datos geográficos, también los diversos elementos del software que constituyen las tecnologías geográficas, puedan ser intercambiables y utilizables de modo sistemático por los distintos usuarios.

- Interoperabilidad de los datos. Es decir, que las operaciones de intercambio de datos, de formatos, entre los distintos programas sean sencillas y automáticas. Esto exige que los datos que describen una situación geográfica estén siempre acompañados de unos metadatos que expliquen a otros posibles usuarios la estructura y el significado de estos datos. De modo que no exista la menor ambigüedad sobre el sentido de cada elemento geográfico, de los aspectos temáticos ligados a él o de las incertidumbres y errores que acompañan a los datos. En este sentido los trabajos de las oficinas de normalización y estandarización están avanzando en el sentido de crear mecanismos muy precisos y detallados para la definición de los datos geográficos. Un importante desarrollo en este sentido es la creación de las denominadas Infraestructuras de datos espaciales (Groot y McLaughlin, 2000) que tienden a facilitar la utilización sencilla de datos geográficos distribuidos, en España existen ya iniciativas de creación de este tipo de infraestructuras (IDE, 2004).
- Interoperabilidad de los programas informáticos y de las operaciones de análisis y tratamiento de la información geográfica. El objetivo sería que la enorme variedad de funciones analíticas y de manipulación de los datos geográficos ideadas en la diversidad de programas existentes, estuviesen

normalizadas. De modo que un usuario las pudiese activar sin necesidad de tener un entrenamiento en cada uno de los programas existentes en el mercado. En este sentido trabaja el consorcio OpenGis (ahora renombrado como Open Geospatial Consortium), formado por los más importantes productores de software SIG y que ha elaborado numerosas normas y especificaciones sobre la organización común de programas y datos geográficos (OpenGeospatial, 2004).

Se trata de objetivos muy ambiciosos, pero esenciales para alcanzar una amplia difusión de estas tecnologías en la sociedad.

II. Las relaciones conflictivas y de colaboración entre la sociedad de la información y las tecnologías geográficas

Dada la tendencia a la difusión masiva de estas tecnologías parece oportuno considerar como un nuevo tema de investigación las cuestiones institucionales y sociales del uso de estas tecnologías, entre las que se pueden incluir los siguientes temas:

- La problemática provocada por la posible destrucción de la privacidad relacionada con la disponibilidad de grandes cantidades de información geográfica de las actividades personales, por ejemplo la que se genera a partir del uso diario de tarjetas de crédito, que puede facilitar numerosos datos sobre los movimientos diarios de las personas y sobre sus gustos y actividades (Goss, 1995). Otro ejemplo de esta amenaza se trata en el trabajo de Buzai (2003).
- El agravamiento de las desigualdades sociales que puede ocasionar el desigual despliegue de las Infraestructuras para la difusión nacional e internacional de la información geográfica (Burrough y Masser, 1998). Existen intentos de creación de Infraestructuras globales y de ámbito supranacional (GSDI, 2004).
- Las limitaciones conceptuales que las tecnologías geográficas plantean al estudio de muchos problemas sociales y económicos, fundamentalmente por su insistencia exclusivamente en la forma externa y por su olvido de los procesos causales, e, igualmente, por la no utilización de datos sociales no convencionales (percepciones subjetivas, etc.). (Bosque Sendra y otros, 1995; Johnston, 1999).
- Los cambios provocados por el uso de estas tecnologías en las organizaciones sociales o en la administración pública y en sus métodos para la toma de decisiones. ¿Se hace más participativa esta toma de decisión o más elitista? ¿Cuáles son los obstáculos para que estas tecnologías puedan ser empleadas por todos los grupos sociales en una toma de decisión más racional y justa?, en esta línea se están desarrollando trabajos e ideas en la denominada Toma de decisiones participativa y Planificación participativa con un fuerte papel de nuevas tecnologías de la Información geográfica: Jankowski y Nyerges (2001), Cray, Harris y Wein (2002), o el número especial: «Public participation GIS», de la revista *Cartography and GIS*, vol. 25, n.º 2, abril, 1998.

Desde que se propuso la Ciencia de la información geográfica, a principios de los años 90, las actividades desarrolladas en relación con ella han sido numerosas: congresos y reuniones científicas anuales, proyectos de investigación sobre los diversos

temas planteados, y, como ya hemos indicado, la aparición de Centros de estudio y de plazas de profesorado con esta denominación en numerosas Universidades de todo el mundo. Por lo tanto, podemos considerar que existe un cuerpo institucionalizado de personas (profesores, investigadores, etc.) centradas en estos temas y que es probable que esto suponga la aparición de una nueva disciplina científica en la que se integren personas hasta ahora implicadas en disciplinas anteriores más tradicionales, en especial de la Geografía.

La principal aportación que se puede esperar de su desarrollo, y que, en parte ya se ha conseguido, es facilitar el uso más fácil, más potente y más correcto del amplio número de nuevas tecnologías de la información geográfica ya existentes y de las que están surgiendo en los últimos años. Pero al mismo tiempo la CIG ha servido para mostrar la importancia del territorio, del espacio geográfico, en el entendimiento de muchos problemas sociales o ambientales y de la necesidad de disponer de métodos de análisis que tengan en cuenta este decisivo componente del mundo real.

3. La Geocomputación

Casi simultáneamente al mencionado desarrollo de la CIG otro grupo de practicantes de las citadas tecnologías de la información geográfica, algunos de ellos herederos significativos de las técnicas cuantitativas y estadísticas de la Geografía de los años 70/80 (un buen ejemplo sería el trabajo clásico de Openshaw, 1981) y, bastantes de ellos, pertenecientes a Universidades británicas, iniciaron la creación de otra subdisciplina geográfica, o de otra manera de estudiar los problemas territoriales, a la que denominaron Geocomputación.

Como resultado de esta iniciativa se han desarrollado una serie de conferencias sobre el tema (Geocomputation, 2004) que han ido aportando numerosos materiales y resultados de gran importancia. Igualmente se han publicado dos importantes textos sobre el tema (Longley y otros, 1998; Openshaw y Abrahart, 2000). Previamente ya se había presentado un útil manual sobre las aplicaciones de la Inteligencia artificial en Geografía (Openshaw y Openshaw, 1997).

La clave de la Geocomputación está en otorgar un protagonismo más claro y decisivo al uso de la Informática y de los ordenadores en el estudio de los problemas territoriales. De este modo, una posible definición podría ser: «La aplicación de las técnicas y los métodos de la Informática a mostrar las propiedades espaciales, explicar fenómenos geográficos y a resolver problemas geográficos» (Couclelis, 1998). Más sucintamente se podría definir como: «El arte y la ciencia de resolver problemas espaciales complejos con el uso de ordenadores». Por lo tanto, en un sentido similar a lo indicado para la CIG, se trataría de una nueva disciplina transdisciplinar, en este caso, formada por las conexiones entre, al menos, la Geografía, la Informática y la Inteligencia artificial.

La Geocomputación insiste en la oportunidad y necesidad de modificar los procedimientos de análisis y representación de los datos geográficos para utilizar de manera más amplia, y más adecuada al caso, las grandes posibilidades de cálculo y procesamiento de los ordenadores actuales. Sus practicantes son partidarios, por lo tanto,

de lo que podemos denominar el uso intensivo de los ordenadores para estudiar los problemas geográficos. De este modo, pretenden, por ejemplo, desarrollar métodos estadísticos que no hagan tantas suposiciones sobre las características de los fenómenos estudiados y sustituyan dichas simplificaciones (necesarias cuando no se tenían las actuales posibilidades de procesamiento) por el uso intensivo del ordenador para generar todas las alternativas o todas las situaciones que permitan resolver el tema sin simplificaciones. Una buena muestra de ello serían los procedimientos de remuestreo (bootstrap y similares) para generar test inferenciales e intervalos de confianza y de significación estadística de los análisis tradicionales (regresión, etc.), ver, por ejemplo, una aplicación a un problema geográfico en Bosque Sendra (1990).

Esta idea (la explotación de las potentes posibilidades de los ordenadores disponibles) se puede aplicar a otras muchas cuestiones, un buen ejemplo es la máquina geográfica de detección de patrones de Openshaw y otros (1987).

Un componente importante de la Geocomputación es el empeño en la utilización sistemática de técnicas derivadas de la Inteligencia artificial para el estudio de los problemas territoriales. Por ejemplo, en los dos volúmenes mencionados estas cuestiones ocupan gran parte del texto. En concreto, las técnicas de este carácter que han mostrado una mayor capacidad para ser utilizadas en el estudio de problemas territoriales serían las siguientes:

- Autómatas celulares: utilizados especialmente para el análisis de la difusión y el crecimiento de las ciudades (Barredo y otros, 2003; O'Sullivan y Torrens, 2000) y, más en general, para elaborar modelos explicativos y predictivos de los cambios del uso y de la ocupación del suelo (Pontius y otros, 2001).
- El uso de modelos de simulación basados en multiagentes con reglas de funcionamiento individuales (Gimblett, 2002). Este tipo de modelos se usan ampliamente para estudiar las zonas urbanas, la evolución y cambios de los usos del suelo (Dawn y otros, 2003), los problemas ambientales, el cálculo de cuencas de drenaje, y en especial todo lo que tiene que ver con el comportamiento espacial de los individuos: movimiento de peatones, uso de áreas recreativas, etc. En el trabajo de Goodchild y Haining (2004) se muestran las interesantes relaciones de este enfoque instrumental con planteamientos metodológicos como los de la Nueva Geografía económica de Krugman.
- Modelado borroso, muy útil, por ejemplo, en el desarrollo de técnicas de evaluación multicriterio más adecuadas a la situación fluida y poco definida de muchos problemas territoriales (Malczewski, 1999:32).
- Redes neuronales, un procedimiento informático que resulta útil para el modelado de sistemas espaciales y que puede sustituir a los métodos estadísticos convencionales que es conocido se ven afectados por importantes problemas: autocorrelación espacial, etc.
- Sistemas expertos que, hasta el momento, han sido aplicados al manejo de algunos problemas geográficos (Moore, 2000) como el diseño automatizado de mapas, la generalización de datos cartográficos, la extracción de elementos del terreno de datos de un modelo digital del terreno y el soporte de decisiones geográficas (Ruiz Pérez, 2004).
- Programación genética o evolutiva (Krzanowski y Raper, 2001) que facilita el

desarrollo, con rapidez y eficacia, de nuevos algoritmos y programas informáticos para tratar cuestiones diferentes, por ejemplo, el cálculo de rutas óptimas en una red, la resolución de modelos de localización-asignación (Hosage y Goodchild, 1986) o el diseño de nuevos modelos de interacción espacial (Openshaw y Openshaw, 1997, pp. 212-216).

- Procesamiento informático en paralelo (Healey y otros, 1998), que puede facilitar el tratamiento de problemas geográficos hasta ahora inmanejables, un ejemplo muy claro podría ser la solución directa de los modelos de localización-asignación antes mencionados que hasta el momento se resuelven con medios heurísticos que no siempre encuentran la mejor solución posible (Moreno Jiménez, 2004, p. 90; Moreno Pérez, 1996). Hasta el momento se pueden encontrar aplicaciones reales, del procesamiento en paralelo, en la superposición de mapas de polígonos, un proceso complicado y laborioso que puede ser sumamente facilitado por este tipo de funcionamiento; la determinación de rutas óptimas; el cálculo de estadísticos de autocorrelación espacial; la realización de procesos de interpolación espacial, entre otros ejemplos.

Junto a los temas ya mencionados algunas otras cuestiones dependientes del uso de ordenadores también alcanzan un papel relevante en la Geocomputación: la visualización y las aplicaciones multimedia a la cartografía y a la representación de la muy abundante cantidad de datos territoriales disponibles en la actualidad (Bosque y Zamora, 2002). El uso de la Geometría fractal para describir la forma y la evolución de las zonas urbanas (Longley, 2000; Batty y Longley, 1994).

Finalmente la compleja problemática de la interrelación entre los SIG y los modelos preexistentes para estudiar problemas territoriales también ha dado origen a trabajos y publicaciones que se han insertado en esta corriente de pensamiento, en el libro de Fotheringham y Wegener (2000) se muestran ejemplos referidos a la inserción de modelos matemáticos específicos con SIG en temas diversos; erosión del suelo, modelos urbanos, modelos atmosféricos, etc, lo que indica una vez más la versatilidad de los SIG como herramientas de estudio de problemas territoriales.

Una característica de muchos de los métodos propuestos por la Geocomputación es facilitar explicaciones/predicciones de situaciones territoriales que no responden, de manera sencilla, a la intuición y al sentido común. Por ejemplo, los modelos de interacción espacial desarrollados mediante algoritmos genéticos por Openshaw y Openshaw (1997, pp. 212-216) generan modelos con variables explicativas poco habituales y relaciones matemáticas entre ellas menos usuales aún y, desde luego, poco intuitivos y comprensibles en primera instancia pero de alta capacidad predictiva. Por su parte, las explicaciones y predicciones encontradas por los redes neuronales para diversos procesos espaciales ofrecen, nuevamente, una alta capacidad predictiva pero funcionan como una caja negra de la que no queda claro del todo el funcionamiento o, al menos, su funcionamiento está bastante lejos de los usos habituales y, más o menos intuitivos.

Del mismo modo, el uso continuo, y cada vez más desarrollado, de la Simulación por ordenador (Geosimulación, 2004; Benenson y Torrens, 2004) ha creado un modo diferente y original de hacer ciencia, ya no se trata tanto de formular leyes y teorías generales, difíciles de establecer en los hechos sociales, sino de crear modelos

matemáticos, lo más sencillos posibles, que reproduzcan de la mejor manera algún aspecto del comportamiento y de la organización del territorio, permitiéndonos vislumbrar, un poco, fuerzas y causas que inciden en estas cuestiones.

En muchos sentidos la Geocomputación se asemeja a la denominada Bio-informática, otra nueva disciplina transdisciplinar, de muy reciente aparición, que se ha creado para tratar, analizar y utilizar la ingente cantidad de datos sobre el genoma, proteonoma, etc., que sin el concurso de potentes herramientas informáticas, muchas de ellas sin desarrollar aún, no podrán proporcionar los grandes avances médicos y mejoras técnicas en el tratamiento de las enfermedades que tanto se han pregonado⁴.

Podemos considerar, de manera general, que, en muchos campos diferentes, parece existir una cierta necesidad de repensar el uso realizado hasta ahora de las técnicas informáticas, reconsideración que debe tener en cuenta dos nuevos elementos cruciales: la enorme abundancia de datos sobre muchas cuestiones y, al mismo tiempo, la gran capacidad de cálculo que facilitan los ordenadores actuales y la red de redes. La conjunción de estos dos elementos está generando unas posibilidades y unas demandas que las disciplinas más tradicionales no parecen saber atender y esto ocasiona la aparición de nuevas ramas del saber, entre las cuales se debe situar a la Geocomputación.

Finalmente, algunos otros autores le proporcionan a la Geocomputación unas creencias teóricas más profundas y trascendentes. En el citado trabajo de Couclelis (1998) se plantea la íntima relación de la Geocomputación con la Teoría de la computación desarrollada por diversos autores como Minsky y otros. En opinión de Couclelis la Teoría de la computación puede proporcionar a la Geocomputación medios para manipular símbolos que representan objetos en lugar de emplear solo números como es habitual en los análisis más tradicionales de la Geografía cuantitativa, igualmente ofrece la posibilidad de expresar cambios cualitativos tan difíciles de gestionar con los medios habituales (matemáticos y estadísticos) ahora empleados, y finalmente ayudar a generar métodos de exploración de problemas complejos, usualmente simplificados hasta la caricatura u olvidados por los métodos actualmente disponibles (por ejemplo los SIG comerciales). Por lo tanto, en esta concepción el desarrollo de la Geocomputación podría tener la trascendencia que tuvo, dentro de la Geografía académica de los años 60, el desarrollo de la Revolución cuantitativa, que supuso un cambio fundamental y radical en el planteamiento básico de la Geografía como disciplina académica, introduciendo una nueva filosofía y una nueva problemática.

Como se puede comprobar la propuesta de este nuevo enfoque para el tratamiento de los problemas geográficos tiene efectos evidentes ya: la aparición de nuevos métodos e instrumentos de solución de temas mal resueltos anteriormente, pero, al mismo tiempo, podría implicar cambios más radicales en la organización del estudio de los problemas territoriales. El tiempo dirá en que grado se cumplen estas perspectivas. Lo que sí que es cierto es que, del mismo modo que lo ha hecho la CIG, la Geocomputación ha puesto de manifiesto la importancia del espacio geo-

⁴ En la siguiente dirección WEB se puede encontrar un sencillo resumen del significado de la Bio-informática y no es difícil realizar diversos paralelismos con el caso de la Geocomputación: www.madrid-mas.org/globalidi/analisis.asp?id=16664.

gráfico como factor explicativo o, al menos, integrante de las teorías sobre problemas diversos, y la urgente necesidad de disponer de métodos nuevos y más potentes para su estudio.

4. Hacia el desarrollo de una ciencia social espacialmente integrada

La tercera iniciativa surgida en torno a estas cuestiones es la que gira en torno a un proyecto de investigación financiado por la NSF de los Estados Unidos, que ha dado origen a un importante centro de investigación denominado «Center for a spatially integrated social science» (CSISS, 2004).

Este centro también es debido a la iniciativa de algunos investigadores que antes plantearon la idea de la Ciencia de la información geográfica (en concreto, Michael Goodchild), y, en cierto sentido, se puede considerar una ampliación y continuación de este planteamiento, pero ahora con muchas mayores pretensiones teóricas y conceptuales, que, además, enlazan muy bien con otros desarrollos teóricos, como el muy conocido de la Nueva Geografía económica (Fujita y Krugman, 2004).

La idea fundamental de este centro es insistir en el papel central que, cada vez mas, alcanza el espacio geográfico, el territorio, en numerosas ciencias sociales.

Desde luego, el espacio geográfico, su descripción, la explicación de su organización, la predicción de su evolución, ha sido el centro de las dos iniciativas antes comentadas, pero, al mismo tiempo, el desarrollo de todas las tecnologías de la información geográfica ahora disponibles ha impulsado la posesión de más datos sobre el territorio que en ningún otro momento de la historia, abriendo las mejores posibilidades para se pueda entender la organización espacial de la sociedad. Por ello, este desarrollo tecnológico y los planteamientos teóricos e instrumentales adjuntos (la Ciencia de la información geográfica y la Geocomputación) se convierten en un ingrediente y en un aliciente para la creación de una nueva visión de las Ciencias sociales con la plena integración en ellas del espacio geográfico como elemento explicativo. Por lo tanto parece necesario un esfuerzo consciente para impulsar una mejor consideración del papel del espacio geográfico dentro de las diversas Ciencias sociales, lo que, justamente, pretende el CSISS.

Otro de los argumentos mencionados para crear el CSISS se refiere a que si, por un lado, la pretensión principal de la ciencia es descubrir grandes principios generales y abstractos, por otra parte, la aplicación de esos principios generales para adoptar políticas concretas necesita, en muchas ciencias sociales, de una concreción y aplicación a lugares concretos, para lo que es esencial la consideración de las variaciones espaciales de los fenómenos y de los citados principios generales. Por lo tanto, el territorio, y sus concretas y específicas variaciones, se convierte en un elemento crucial para la formulación de políticas y acciones de Ordenación territorial, basadas en el conocimiento de algunos principios generales más o menos ya bien conocidos en diversas Ciencias sociales. En este sentido, creo que se puede considerar un ejemplo muy paradigmático el caso ya mencionado de la Nueva Geografía económica de

Krugman (Fujita y Krugman, 2004).

Igualmente la integración de diferentes procesos sociales, normalmente estudiados por ciencias diferentes, se ha convertido en imprescindible. Pero esta integración se tiene que realizar, en muchas ocasiones, considerando el contexto espacio-temporal donde ocurren todos ellos. Es decir, nuevamente, el espacio geográfico, el territorio, tiene un papel central para el tratamiento de los problemas derivados del crecimiento y avance las diferentes ciencias sociales, que nos lleva a considerarlas simultáneamente para profundizar mucho más en el conocimiento de la realidad. La nueva situación sería similar a la denominada Geografía global por Buzai (1999, pp. 187-189), en la que el desarrollo de las Tecnologías de la información geográfica proveería una nueva forma de ver los problemas sociales, en la cual el territorio y el espacio geográfico ocupa una posición fundamental.

Por ello, la iniciativa por una Ciencia social espacialmente integrada, insiste en este nuevo papel central que el territorio tiene en el estudio de diversos problemas cruciales del mundo actual, entre otros se pueden citar los siguientes:

- El cambio ambiental y climático. Las complejas interrelaciones entre el medio físico y las actividades humanas requieren una consideración de la organización espacial de estas interrelaciones.
- Los estudios urbanos. Realizados desde la perspectiva de diferentes ciencias sociales (Sociología, Geografía, Economía, etc.), ponen de manifiesto el nuevo papel de las ciudades en un mundo globalizado, pero un avance más profundo en estos conocimientos requiere una explícita consideración del espacio, de la localización y la interacción espacial de los diferentes entes estudiados por las distintas ciencias sociales. Para ello es muy relevante la toma en consideración de la metodología de la Estadística espacial o de la Econometría espacial (Anselin, 1988).
- Las desigualdades económicas y sociales. Que, al ser estudiadas por diversos científicos sociales, han puesto de manifiesto la importancia de la aparición de concentraciones espaciales de estos problemas para su persistencia y mantenimiento; por ello, el conocer el papel del territorio en estos problemas parece importante, nuevamente para ello es muy relevante el empleo de métodos de análisis espacial (Anselin, 1988; Goodchild y Janelle, 2004).
- Los estudios culturales y el análisis del sentido simbólico del espacio ya han mostrado el papel fundamental de los lugares, reales o imaginados, en el desarrollo de sentimientos nacionalistas y étnicos. La consideración del territorio se vuelve nuevamente muy relevante, central, para el entendimiento y la explicación de estos temas.

Los anteriores son sólo ejemplos de muchas otras cuestiones sociales en las que el espacio geográfico ocupa una posición significativa, y, por lo tanto, sin un estudio y consideración de este tema muchos problemas sociales no se podrán comprender correctamente. A esta tarea se quiere dedicar el CSISS. En mi opinión, se trata de un intento muy meritorio de enlazar, de unificar, las diversas ciencias sociales, similar a otros previos en la pretensión (la teoría de la estructuración de Giddens, 1984; o el análisis de sistemas mundiales de Wallerstein que intenta unificar la Sociología y la Historia, ver Taylor, 1994, p. 4). No obstante, la idea básica de la CSISS parece mejor

orientada que, por ejemplo, la propuesta de Giddens en la que la Geografía sólo ofrecía un marco (el territorio) dentro del cual actuaban las otras Ciencias sociales, ahora el territorio, el espacio geográfico, entraría a formar parte de los factores explicativos y causales que deben ser considerados en el entendimiento de muchos procesos sociales, por lo que, quizás, esta nueva propuesta de unificación e integración de las Ciencias sociales cuente con mejores posibilidades de éxito.

Dadas estas necesidades, esta iniciativa, y este centro, intenta crear los medios técnicos para que se formen científicos sociales que puedan desarrollar un enfoque espacial (más bien podríamos hablar de espacio-temporal ya que la conexión entre estos componentes de la vida social es crucial para todo este planteamiento) en sus estudios e investigaciones. Para ello se pretende que este tipo de científicos conozcan, entre otras cuestiones, las siguientes:

- La representación de los fenómenos espaciales en el ordenador y las implicaciones que esto ocasiona desde el punto de vista de la Ontología y de la cognición de los hechos geográficos.
- Herramientas para la visualización (Camara, 1998), exploración, análisis y explicación de los fenómenos y los datos espaciales. Se trata de un campo donde se ha producido avances interesantes como, por ejemplo, el desarrollo del programa GeoDa, herramienta esencial del denominado Análisis estadístico exploratorio espacial, ESDA (Anselin, Syabri, y Kho, 2004; Anselin, 1999).
- Los principios del uso de la Estadística en un contexto espacial, en este campo se han producido enormes avances teóricos e instrumentales que facilitan evitar las dificultades clásicas de la estadística para el estudio de los datos geográficos (autocorrelación espacial y falta de independencia estadística de las observaciones geográficas), por ello la literatura sobre el tema es muy abundante, por ejemplo: Fotheringham, Brunson y Charlton, 2000 y 2002; Haining, 1990 y 2003; Anselin, 1988; Cressie, 1991. Destaca en este campo los desarrollos para medir la autocorrelación espacial global y localmente (Anselin, 1995), o las propuestas de un procedimiento de regresión ponderada geográficamente (Fotheringham, Brunson y Charlton, 2002).
- Métodos para acceder a los datos espaciales, en especial a partir de Internet.

El centro ha creado una importante página WEB donde se disponen los resultados de sus esfuerzos, y se están realizando numerosas actividades donde científicos sociales de diverso origen se relacionan e intercambian opiniones, es de suponer que este ejemplo suponga un impacto grande en la creación de lazos más estrechos entre las diversas disciplinas y en el surgimiento de un enfoque transdisciplinar de los problemas sociales, donde el espacio geográfico actúe de catalizador y organizador de los problemas y de los modelos explicativos de ellos.

5. Conclusiones

La aparición de las tres iniciativas analizadas en este texto muestra el auge y el poderío del tema del espacio geográfico en el conjunto de las Ciencias sociales y se puede considerar un resultado de cambios sociales y culturales a gran escala: la globaliza-

ción económica y social; el crecimiento exponencial de la Ciencia y de la Tecnología, y muy en concreto de las Tecnologías de la información geográfica.

Antes los nuevos desafíos científicos que tales cambios implican una tendencia muy clara sería la integración de disciplinas, en especial de las ciencias sociales, que permita encontrar soluciones más efectivas a los actuales problemas que la realidad territorial nos propone.

La integración de diversas disciplinas tiene un doble efecto. Un impacto científico, muy especialmente en el campo de las ciencias sociales. Un impacto social relacionado con el uso de Tecnologías de la información geográfica en la resolución de actividades y problemas de la vida cotidiana. En ambos casos existe un hilo conductor común: la necesidad de otorgar mucha mayor atención a la «visión espacial» de los problemas sociales.

Con estos desarrollos teóricos e instrumentales es posible que la ingente cantidad de información sobre el territorio, que crece cada día en grandísimas cantidades, pueda ser analizada y mejor utilizada en mejorar la calidad de vida de la población y en evitar la aparición de grandes problemas ambientales.

La imaginación y el esfuerzo de muchos científicos sociales, ilustrados en las propuestas que hemos intentado resumir en las líneas anteriores, nos proporciona esperanzas de que esto sea posible.

Bibliografía

- Armstrong, M., Densham, P. y Rushton, G. (1986): *Architecture for a micro-computer based decision support systems*, Proceedings of the 2nd International Symposium on Spatial Data Handling, International Geographical Union, Williamsville, New York, pp. 120-131.
- Anselin, L. (1999): «Interactive techniques and exploratory spatial data analysis» en P. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire y D.W. Rhind (Editores): *Geographical Information Systems. Principles and Technical Issues*. Nueva York, J. Wiley and Sons, 2.ª ed., pp. 253-266.
- Anselin, L. (1995): «Local Indicators of Spatial Association-LISA», *Geographical Analysis*, 27:93-115.
- Anselin, L. (1988): *Spatial Econometrics: Methods and Models Dordrecht*, Kluwer, 284 págs.
- Anselin, L., Syabri, I. y Kho, Y. (2004): «GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis», *Geographical Analysis*, en prensa (disponible en <http://sal.agecon.uiuc.edu/pdf/geodaGA.pdf>, consultado en noviembre de 2004).
- Barredo, J.I., Kasanko, M., McCornick, N. y Lavalle, C. (2003): «Modelling dynamic spatial processes: simulation on urban future scenarios through cellular automata», *Landscape and Urban Planning*, 64:145-160.
- Batty, M. y Longley, P. (1994): *Fractal Cities. A Geometry of Form and Function*. Londres, Academic Press.
- Benenson, I. y Torrens, P.M. (2004): *Geosimulation: Automata-based Modeling of Urban Phenomena*. Londres, Wiley, 312 págs.
- Bosque Sendra, J. (1997): *Sistemas de información geográfica*. Madrid, Ediciones Rialp, 2.ª edición corregida, 451 págs.
- Bosque Sendra, J. (1990): *Análisis exploratorio y confirmatorio en Geografía*, Actas del IV Coloquio de Geografía cuantitativa. Palma de Mallorca, España.
- Bosque Sendra, J., Díaz Muñoz, M.A., Escobar Martínez, F.J. y Salado García, M.J. (1995): «La información en Geografía humana. Algunos problemas de su tratamiento con un sistema de información geográfica (SIG)». *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 15:141-155.
- Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., Moreno Jiménez, A. y dal Pozzo, F. (2000): «Hacia un sistema

- de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos». *Estudios geográficos*, 2000, tomo LXI, 241:567-598.
- Bosque Sendra, J. y Zamora Ludovic, H. (2002): «Visualización Geográfica y nuevas Cartografías», *Geo Focus* (Artículos), 2:61-77. Disponible en: http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo4_2002.pdf, consultado en noviembre de 2004.
- Burrough, P. y Frank, A. (editores) (1996): *Geographic objects with indeterminate boundaries*. Londres, Taylor and Francis.
- Burrough, P. y Masser, I. (editores) (1998): *European Geographic Information Infrastructure*. Londres, Taylor and Francis.
- Buzai, G. (2003): «Ciberespacio, nuevos lugares, nuevas posiciones». *Estudios geográficos*, LXIV, 250:112-120.
- Buzai, G. (1999): *Geografía glob@l. El paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI*. Buenos Aires, Lugar Editorial, 216 págs.
- Camara, A. S. (1998): *Spatial Multimedia and Virtual Reality*. Londres, Taylor and Francis.
- COSIT (2005): *Conference on Spatial Information Theory September 2005*: <http://www.geo.unizh.ch/cosit03/home.html> (consultado noviembre de 2004).
- Conflation (2004): <http://ei.cs.vt.edu/~cs5604/f95/cs5604cnIN/IN-ConfMethods.html>, consultado en noviembre de 2004.
- Couclelis, H. (1998): «Geocomputation in context» en Longley y otros (editores): *Geocomputation. A primer*. Londres, Wiley, pp. 17-29.
- Cray, W.J., Harris, T.M. y Wein, D. (2002): *Community participation and GIS*. Londres, Taylor and Francis.
- Cressie, N. (1991): *Statistics for Spatial Data*. Nueva York, Wiley and sons, 900 págs.
- CSISS (2004): *Center for a spatially integrated social science*: www.csiss.org. Consultado noviembre de 2004.
- Chuvieco Salinero, E. (2002): *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona, Ariel Ciencia, 586 págs.
- Dawn, C.P, Manson, S.M, Janssen, M.A., Hoffmann, M.J. y Deadman, P. (2003): «Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review», *Annals of the A.A.G.*, 93(2):314-337.
- Duckham, M. Goodchild, M.F. y Wokboys, M.F (2003): *Foundations of Geographic information science*. Nueva York, Taylor and Francis, 257 págs.
- Egenhofer, M.J. y Golledge, R.G. (Editores) (1998): *Spatial and temporal reasoning in geographic information systems*. Oxford, Oxford University Press, 294 págs.
- Fabbri, A. y Chung, Ch-J. (1996): «Predictive spatial data analysis in the geosciences» en Fischer, M., Scholten, H.J. y Unwin, D. (1996): *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. Londres, Taylor & Francis, pp. 147-159.
- Fischer, M., Scholten, H.J. y Unwin, D. (1996): *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. Londres, Taylor & Francis, 256 págs.
- Fotheringham, A.S., Brunson, C. y Charlton, M. (2000): *Quantitative Geography*. Londres, Sage Pub., 270 págs.
- Fotheringham, A.S., Brunson, C. y Charlton, M. (2002): *Geographically Weighted Regression*. Londres, Wiley, 269 p.
- Fotheringham, A.S. y Wegener, M. (2000): *Spatial models and GIS*. Londres, Taylor and Francis, 279 págs.
- Fujita, M. y Krugman, P. (2004): «The new economic geography: Past, present and the future», *Investigaciones regionales*, 4:177-208.
- Geocomputation (2004): <http://www.geocomputation.org/> (consultado en noviembre de 2004).
- Geosimulación (2004): <http://www.geosimulation.org/geosim/> (consultado en noviembre de 2004).
- Giddens, A. (1984): *The Constitution of Society. Outline of the Theory of Structuration*. Cambridge, Polity Press.
- Gimblett, H.R (editor) (2002): *Integrating Geographical Information Systems and Agent-based Modeling Techniques*. Oxford, Oxford University Press, 327 págs.
- Goodchild, M.F. (1992): «Geographical information science», *International Journal of Geographical In-*

- formation Systems, 6(1):31-45.
- Goodchild, M.F. (1997): «What is Geographic Information Science?», *NCGIA Core Curriculum in GIScience*, <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u002/u002.html>, consultado en noviembre de 2004.
- Goodchild, M.F. y Haining, R.P. (2004): «GIS and data analysis: Converging perspectives», *Papers in Regional Science*, 83:363-385.
- Goodchild, M.F. y Janelle, D. G. (editors) (2004): *Spatially Integrated Social Science: Examples in Best Practice*. Oxford, Oxford University press.
- Goss, J. (1995): «Marketing the New Marketing. The Strategic discourse of Geodemographic Information Systems», en J. Pickles (editor): *Ground Truth. The Social Implications of Geographic Information Systems*. Nueva York, Guilford Press, pp. 130-170.
- Groot, R. y McLaughlin, J. (2000): *Geospatial data infrastructure. Concepts, cases and good practice*. Oxford, Oxford University Press, 286 p.
- GSDI (2004): *Global Spatial Data Infrastructure: http://www.gsdi.org/* (consultado en noviembre de 2004).
- Haining, R.P. (1990): *Spatial data analysis in the social and environmental sciences*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Haining, R.P. (2003): *Spatial data analysis: Theory and practice*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Healey, R., Dowers, S., Gitting, B. y Minelter, M. (editores) (1998): *Parallel processing algorithms for GIS*. Londres, Taylor and Francis, 460 págs.
- Hearnshaw, H.M. y Unwin, D. (Editores) (1994): *Visualization in GIS*. Chichester, J. Wiley, 243 págs.
- Hirtle, S.C., y Frank, A.U., (eds.). (1997). *Spatial Information Theory - A Theoretical Basis for GIS (Proceedings of the Int. Conference COSIT'97)*. Vol. 1.329, Lecture Notes in Computer Science, Berlin, Springer-Verlag (disponible en <ftp://ftp.geoinfo.tuwien.ac.at/frank/shafsi97.pdf>, consultado noviembre de 2004).
- Hosage, C.M. y Goodchild, M.C. (1986): «Discrete space location-allocation solutions from genetic algorithms». *Annals of Operation Research*, pp. 35-36.
- Huella ecológica (2004): <http://www.rprogress.org/newprojects/ecolFoot.shtml>, o <http://www.tierramerica.org/consumidor/huella.shtml>, consultados en enero de 2005.
- IDE (2004): *Infraestructura de datos espaciales de España: http://www.mfom.es/ign/home/ide.htm*, Consultada en noviembre de 2004.
- Jankowski, P., y Nyerges, T. (2001): *Geographic information systems for group decision making: towards a participatory, geographic information science*. Londres, Taylor & Francis, 244 págs.
- Johnston, R.J. (1999): «Geography and GIS» en P. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire y D.W. Rhind (Editores): *Geographical Information Systems. Principles and Technical Issues*. Nueva York, J. Wiley and Sons, 2.^a edición, pp. 39-47.
- Krzanowski, R. y Raper, J. (2001): *Spatial evolutionary modelling*. Oxford, Oxford University Press, 244 págs.
- Langram, G. (1992): *Time in Geographic Information Systems*. Londres, Taylor & Francis, 189 págs.
- Longley, P. (2000): «Fractal analysis of digital spatial data» en S. Openshaw y R. Abraham (editors) (2000) *Geocomputation*. Londres, Taylor and Francis, pp. 293-312.
- Longley, P., Brooks, S.M., McDonnell, R. y Macmillan, B. (editores) (1998): *Geocomputation. A primer*. Londres, Wiley, 278 págs.
- Malczewski, J. (1999): *GIS and Multicriteria decision analysis*. Nueva York, J. Wiley, 392 págs.
- Mark, D. (2003): «Geographic Information Science: Defining the Field» en M. Duckham, M.F. Goodchild y M.F. Workboys: *Foundations of Geographic Information Science*. Londres, Taylor and Francis, pp. 3-19.
- Mark, D. y Frank, A. U. (1991): *Cognitive and linguistic aspects of Geographic Space*. Dordrecht, Kluwer, 519 págs.
- Moore, T. (2000): «Geospatial expert systems» en S. Openshaw y R. Abraham (editors) (2000): *Geocomputation*. Londres, Taylor and Francis, pp. 127-160.
- Moreno Jiménez, A. (2004): «Modelos de localización-asignación de instalaciones y equipamientos» en J. Bosque y A. Moreno (editores): *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Editorial RA-MA, pp. 53-102.
- Moreno Pérez, J.A. (1996): «Heurísticas de búsqueda para problemas discretos de localización-asigna-

- ción» en Puerto Albandoz, J. (editor): *Lecturas en Teoría de la localización*. Sevilla, Publicaciones de la Universidad de Sevilla, pp. 107-134.
- Muller, J. C., Lefrange, J-Ph y Weibel, R. (1995): *GIS and generalization. Methodology and Practice*. Londres, Taylor and Francis, 257 págs.
- Núñez-García del Pozo, A., Valbuena Durán, J. L. y Velasco Gómez, J. (1992): *G.P.S.: la nueva era de la topografía*. Madrid, Ciencias Sociales, D.L. 236 págs.
- OpenGeospatial (2004): *OpenGeospatial Consortium: <http://www.opengeospatial.org/>*. Consultado en noviembre de 2004.
- Openshaw, S. (1981): «Le problème de l'agregation spatiale en Geographie». *L'Espace Geographique*, 1:15-24.
- Openshaw, S. (1991): «A view on the GIS crisis in the Geography, or, using GIS to put Humpty-Dumpty back together again?». *Environment and Planning, A*, 23(5):621-778.
- Openshaw, S. y Abrahart, R.J. (editors) (2000): *Geocomputation*. Londres, Taylor and Francis, 413 págs.
- Openshaw, S., Charlton, M., Craft, A. y Birch, J.M. (1987): «A mark 1 Geographical Analysis Machine for the automated analysis of point data sets», *International Journal of GIS*, 1:335-358.
- Openshaw, S. y Goddard, J. (1987): «Some implications of the commodification of information of emerging information economy for applied geographical analysis in the United Kingdom». *Environment and Planning, A*, 19:1.423-1.439.
- Openshaw, S. y Openshaw, C. (1997): *Artificial intelligence in Geography Chichester*, J. Wiley & Sons. 329 págs.
- O'Sullivan, D. y Torrens, P.M. (2000): «Cellular models of urban systems», en Centre for Advanced Spatial Analysis, Londres. <http://www.casa.ucl.ac.uk/cellularmodels.pdf> (consultado en noviembre de 2004).
- Peuquet, D. (2002): *Representations of space and time*. Nueva York, Guilford Press, 380 págs.
- Plewe, B. (1997): *GIS online: information retrieval, mapping and the INTERNET*. Santa Fe, Onward Press, 311 págs.
- Pontius, R.G. y otros (2001): «Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85:191-203.
- Ruiz Pérez, M., Seguí Pons, J.M., Martí Peñas, J.E., Molinas, J.R., y Martínez Reyes, M.R. (2004): «Modelos de datos para el diseño de un sistema experto en la planificación de entornos aeroportuarios» en C. Conesa, Y. Alvarez y C. Granell (editores) (2004): *El empleo de los SIG y la Teledetección en Planificación territorial Murcia*. Universidad de Murcia, pp. 191-204.
- Sohdheim, M., Gardels, K. y Buehler, K. (1999): «GIS interoperability» en P. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire y D.W. Rhind (Editores): *Geographical Information Systems. Principles and Technical Issues*. Nueva York, J. Wiley and Sons, 2.ª edición, pp. 347-358.
- Taylor, P. (1994): *Geografía política. Economía-mundo, estado-nación y localidad*. Madrid, Trama editorial, 339 págs.
- Teitz, M. y Bart, P. (1968): «Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph». *Operations Research*, 16, 5:955-961.
- UCGIS (1996): «Research Priorities for Geographic Information Science». *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 23, 3:115-127.
- UCGIS (2002): Documentos de prioridades de la investigación disponible en <http://www.ucgis.org/priorities/research/2002researchagenda.htm> (consultado en noviembre de 2004).
- UCGIS (2004): University Consortium for Geographic Information Science: <http://www.ucgis.org> (consultado en noviembre de 2004).
- Weibel, R. y Dutton, G. (1999): «Generalising spatial data and dealing with multiple representations» en P. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire y D.W. Rhind (Editores): *Geographical Information Systems. Principles and Technical Issues*. Nueva York, J. Wiley and Sons, 2.ª ed., pp. 125-155.
- Wilson, J.D. (1999): «GIS goes mobile». *GeoEurope*, 8, 2:30-34.
- Worboys, M.F. (1999): «Relational databases and beyond» en P. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire y D.W. Rhind (Editores): *Geographical Information Systems. Principles and Technical Issues*. Nueva York, J. Wiley and Sons, 2.ª ed., pp. 373-384.
- Wright, D.J., Goodchild, M.F. y Proctor, J.D. (1997): «Demystifying the persistent ambiguity of GIS as "tool" versus "science"». *Annals of the Association of American Geographers*, 87(2):346-362.

