

# LA CIENCIA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA GEOGRAFÍA

por Joaquín Bosque Sendra

## Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá

El objetivo de este texto es discutir las características de la naciente Ciencia de la Información geográfica, sus orígenes y, sobre todo, los objetivos científicos que se han planteado para ella hasta el momento. Por otra parte, se plantean algunas consideraciones sobre su impacto sobre la Geografía, una disciplina académica mas antigua y que, en alguna medida, esta contribuyendo a su desarrollo.

### I. Definición de Ciencia de la Información geográfica

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 campos de aplicación, en relación a las tecnologías de la información geográfica. Para aclarar mejor el significado de esta definición podemos establecer algunos ejemplos de cada uno de los temas mencionados en el apartado anterior:

**Conceptos teóricos:** La discusión de gran profundidad conceptual sobre la organización del espacio geográfico en forma de "campos" continuos o mediante la previa definición de "objetos" geográficos (Goodchild, 1992).

**Algoritmos matemáticos y/o informáticos:** Búsqueda de nuevas formas de resolver los modelos de localización-asignación que mejoren el algoritmo de intercambio (utilizado en la resolución de modelos de localización, Church y Sorensen, 1996) o que lo apliquen de manera más rápida utilizando la computación en paralelo (Moreno Pérez, 1996; Healey, 1998).

**Programas informáticos:** Diseño de nuevas interfases de acceso a los programas SIG de manera que estos resulten mas intuitivos y fáciles de utilizar por usuarios inexpertos (Hearnshaw y Unwin, 1994; Raper, 1991).

**Dispositivos físicos:** Empleo de instrumentos de realidad virtual para el manejo de programas SIG (Camara, 1998).

**Bases de datos:** mas completas (incluyendo la dimensión temporal de manera eficiente), interoperables y que permitan análisis y tratamientos a distintas escalas espaciales (Weibel y Dutton, 1999).

**Nuevas formas de uso:** El empleo del GPS para la toma de datos sobre producciones agrarias a un nivel de detalle espacial muy elevado.

**Nuevos temas donde aplicar las tecnologías geográficas:** El desarrollo de la denominada "Agricultura de precisión". Una amplio número de disciplinas ya existentes se pueden relacionar, de alguna manera, con la naciente Ciencia de la Información geográfica: \* Por un lado, las disciplinas que han estudiado, tradicionalmente, la información geográfica: Cartografía, Teledetección, Geodesia, Topografía, Fotogrametría, etc. \* Por otro, las que estudian la información geográfica en formato digital: Informática (bases de datos, geometría computacional, reconocimiento de patrones, proceso de imágenes), Ciencia de la información. \* También las que estudian, de forma tradicional, la Tierra, en especial su superficie: Geología, Geofísica, Oceanografía, Agronomía, Biología (Ecología, Biogeografía), Ciencias ambientales, Geografía, Sociología,

Antropología, y otras \* Las que pretenden integrar los conocimientos sobre la superficie terrestre procedentes de otras disciplinas: Geografía, Ciencias ambientales, Cambio global, etc

\* Finalmente, aquellas que estudian la naturaleza del pensamiento del hombre y su interacción con los ordenadores: Psicología (Psicología Cognitiva y Psicología ambiental), Ciencia de la cognición, Inteligencia artificial.

La Ciencia de la Información geográfica es una propuesta reciente de algunos autores norteamericanos (Goodchild, 1992; Wright, Goodchild y Proctor, 1997), que en algunos lugares (Canadá, Australia, Francia) se suele nombrar como Geomática, y que esta recibiendo el creciente apoyo de diversas instituciones, una serie de hitos marcan con claridad el surgimiento de esta nueva ciencia: \* NCGIA (USA) y su nuevo proyecto de investigación VARENIUS, centrado en el desarrollo conceptual de la nueva disciplina. \* La nueva versión del Core curriculum para SIG del NCGIA, ahora denominado

*Core curriculum para GIScience.*

\* La creación del Consorcio universitario para la CIG en USA. Este consorcio para la CIG, establecido entre mas de 30 Universidades y centros de investigación norteamericanos, se puede considerar uno de los principales promotores de la creación de esta nueva disciplina. En diversas reuniones y congresos han elaborado una amplia documentación sobre la cuestión, que es accesible por INTERNET (<http://www.ucgis.org>), en ella se enumeran una serie de temas como los mas importantes para la investigación por la nueva ciencia (UCGIS, 1996):

\* Adquisición e integración de los datos geográficos

\* Informática distribuida. Las bases de datos descentralizadas

\* Extensiones de la representación digital de los datos geográficos

\* Percepción y cognición de la Información geográfica

\* Interoperabilidad de la Información geográfica

\* Escala espacial

\* Análisis espacial en un SIG.

\* Futuro de la Infraestructura de información espacial

\* Incertidumbre en los datos geográficos y en los procesos de análisis de los SIG.

\* Ciencia de la información geográfica y sociedad

\* La revista científica *International Journal of Geographical Information Systems* ha cambiado su nombre, la S significa ahora **Science**. En principio, se argumenta que la necesaria creación de la CIG se basa en las crecientes dificultades de las tecnologías de la información geográfica para atender a las nuevas demandas planteadas por los usuarios. Para entender esta apreciación consideremos primero que son estas tecnologías de la información geográfica y sus problemas actuales.

## **II. Tecnologías de la información geográfica**

Nos referimos a los procedimientos desarrollados para reunir y manipular (analizar) la información geográfica, en especial aquella que está expresada en formato digital.

Existen varios tipos:

Las mas antiguas como la Topografía, la Geodesia y la Cartografía. Otras mas recientes, pero ya clásicas: la Fotointerpretación y la Fotogrametría. Por fin, las mas recientes y novedosas:

\* **GPS y GLONASS**, constelación de satélites terrestres que permiten determinar con gran exactitud la posición geográfica sobre la superficie terrestre, usando un receptor de radio (Núñez-García del Pozo, Valbuena Durán, y Velasco Gómez, 1992).

\* **Teledetección**. Sensores y cámaras en órbita terrestre y aerotransportados que permiten obtener información de diversos tipos sobre la superficie de la tierra, mediante la obtención de imágenes digitales y su integración en base de datos (Chuvienco, 1995).

\* **SIG**, un sistema de hardware, software, datos y usuarios que permite capturar, almacenar, desplegar, cartografiar, analizar, etc información geográfica y con ello ayudar a la toma de decisiones (Bosque Sendra, 1997). La CIG pretende conseguir que estas tecnologías avancen rápidamente haciéndose, cada día, mas útiles y potentes, permitiendo resolver mayor número y más difíciles problemas geográficos. En la actualidad el uso de estas tecnologías se esta generalizando en las nuevas sociedades de la información, lo que está generando nuevos y graves problemas. Los usuarios actuales son personas no informadas desde un punto de vista "geográfico", lo que dificulta grandemente un uso correcto de estos procedimientos. Por otra parte, su empleo en nuevos y complejos problemas está poniendo de manifiesto sus insuficiencias para tratar muchas cuestiones de gran importancia. En resumen, las tecnologías de la información geográfica son, simultáneamente, poco potentes para resolver ciertos problemas y muy difíciles de usar. La importancia de estas cuestiones se puede entender estudiando los problemas conceptuales y teóricos que en los últimos años se han enumerado para el empleo de estas tecnologías. La solución de estas cuestiones es lo que quiere resolver la Ciencia de la Información geográfica.

### **III. Los grandes problemas y cuestiones a investigar por la CIG**

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

#### **1º Diseño de nuevos y mejores modelos de datos para la representación digital de la Información geográfica**

\* Modelos de datos que:

- Manejen sin problemas 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 espaciotemporal de los hechos geográficos (Langram, 1992).

- Informen de las características de los datos y, al mismo tiempo, de las incertidumbres y los errores que se incluyen en los datos (Hearnshaw y Unwin, 1994, p. 141-149).

- Faciliten la consideración de los cambios de escala de representación, análisis y captura de los datos. De manera que los datos puedan ser usados sin problemas a diversos niveles de la escala espacial, manteniendo la coherencia y la validez de la información representada.

- Puedan representar de manera correcta a los hechos geográficos que no poseen, en la realidad territorial, límites claramente definidos, por el contrario su

posición y extensión espacial es borrosa y con fronteras poco claras (Burrough y Frank, 1996)

## **2º 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).  
- 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 general, desarrollo de nuevos procedimientos para una mejor visualización, simplificación, análisis de componentes y teorización de la información geográfica, que tengan en cuenta la interacción espacial de los datos geográficos (autocorrelación espacial) (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).

## **3º Nuevos procedimientos para la adquisición e integración de datos geográficos**

Aunque se han desarrollado nuevos procedimientos mas eficientes para la adquisición de datos geográficos (GPS, nuevos sensores con mayor resolución, etc) todavía este tema sigue siendo uno de los mas difíciles y problemáticos del uso de las tecnologías geográficas. Mas 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 proyecto procedan de fuentes dispares, de modo que la problemática de la integración se hace mayor. Existe por lo tanto una urgente necesidad de investigar procedimientos mas potentes de integrar datos dispares, de forma mas automática, con menor intervención humana. Se ha planteado el termino "conflación" (conflation) 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. En cualquier caso se trata de un tema de creciente importancia y de fuerte necesidad de investigación y desarrollo por parte de los científicos de la información geográfica.

B) Nuevos problemas ya existentes o, incluso, de previsible aparición en el cercano futuro, dado el desarrollo de la tecnología informática y el cada vez mas 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 residen en dos tendencias generales de gran importancia:

1º El propio auge y desarrollo de las tecnologías geográficas y de su uso cada vez más generalizado. Los campos de aplicación de estos procedimientos se amplían continuamente, desde la investigación de los problemas ambientales a diversas escalas, al desarrollo de la agricultura de precisión, por todos los ámbitos se difunden formas diversas de estas tecnologías. 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, cada vez necesita más la de tipo geográfico por su papel importante en muchos procesos sociales, económicos y ambientales. La mayoría de los procesos sociales y ambientales tienen una plasmación 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 resultado de todo esto es la creciente aparición de usuarios de las tecnologías geográficas que no están "Espacialmente informados". Es decir, hasta hace pocos años todos los que utilizaban los SIG o la Teledetección eran personas que habían recibido una importante formación en muchos de los conceptos geográficos, y de otro tipo, que subyacen a estas técnicas. Esta situación está variando continuamente y en el futuro se puede esperar que las tecnologías geográficas se integren en la panoplia común de instrumentos de trabajo del ciudadano, un buen ejemplo es la actual tendencia a la instalación de ayudas a la navegación en los automóviles, basadas en tecnologías geográficas y con interesantes problemas de lenguaje y comunicación de unos datos espaciales. Para que esta difusión masiva sea posible estas tecnologías tienen que sufrir un amplio proceso de normalización, simplificación en el uso y mejora en sus capacidades. Y para ello es precisa una difícil labor de formalización del lenguaje geográfico, que lo haga, simultáneamente, más potente y más sencillo de emplear.

2º Por otra parte, la evolución de las tecnologías informáticas inciden igualmente sobre la aparición de nuevos problemas. Por ejemplo, el desarrollo de la orientación a objetos en la informática ha incidido de manera cada vez mayor en la creación de nuevos tipos de software SIG (Workboys, 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 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). Por ejemplo, los nuevos métodos de búsqueda heurística para la operación de grandes bases de datos espaciales, el desarrollo de sistemas expertos que ayuden a diversas tareas (redacción cartográfica, colocación de etiquetas en mapas, etc.), el uso de redes neuronales para una más rápida computación y, finalmente, el uso de la lógica borrosa para la más adecuada toma de decisiones espaciales. Todos estos

procesos originan una serie de nuevos problemas, que se pueden concretar en dos:

### **1º La interoperabilidad de la información y de las tecnologías geográficas**

(Sondheim, Gardels y Buehler, 1999) Se refiere este termino a la creciente necesidad de que, no solo 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 (en un número especial de la revista *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 12, nº 4, junio de 1998, se puede encontrar un buen tratamiento de muchas de las cuestiones relacionadas con este tema). - 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 (Rodríguez Pascual, 1999; más información sobre este tema en la Asociación Española de Normalización y Certificación: <http://www.aenor.es>).

- 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. Se trata de objetivos muy ambiciosos, pero esenciales para alcanzar una amplia difusión de estas tecnologías en la sociedad. Todo esto, evidentemente, requiere una amplia labor de investigación en la normalización y formalización de un lenguaje geográfico para la descripción, manipulación, análisis y modelado de los datos geográficos. Es, pues, una importante tarea para los científicos de la Información geográfica. Existen ya iniciativas importantes en esta línea, la más llamativa es la denominada OPEN GIS de un conjunto de empresas comerciales de SIG (<http://www.opengis.org>). Pero aun quedan multitud de tareas por desarrollar.

### **2º 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:

- Privacidad e información geográfica.
- Infraestructuras sociales para la difusión nacional e internacional de la información geográfica (Burrough y Masser, 1998).
- 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).

- Incidencia de las desigualdades de acceso a la información geográfica en el acrecentamiento o disminución de las desigualdades sociales y económicas.

- Los cambios provocados por el uso de estas tecnologías en las organizaciones sociales o de 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 el número especial: "Public participation GIS", de la revista *Cartography and GIS*, vol. 25, nº 2, abril 1998, se plantean algunas cuestiones útiles sobre este tema). El estudio de todas estas cuestiones y de algunas otras semejantes que se podrían añadir ofrece un amplio campo de trabajo a esta nueva ciencia, y asegura que, con el impulso institucional adecuado (que en muchos países ya existe) la cristalización de la nueva disciplina en los ámbitos académicos está asegurada. La cuestión ahora es ¿cuál es el impacto que la CIG puede tener sobre el contenido temático y la organización institucional de la Geografía académica?.

#### **IV. La nueva Ciencia de la Información Geográfica y la vieja Geografía**

La Geografía ha tenido un papel destacado en el desarrollo de varias de las tecnologías de la información antes mencionadas, muy en concreto en la aparición de los SIG y, en menor medida, de la Teledetección. Diversos geógrafos tienen y han tenido un papel muy importante en la elaboración de los modelos de datos utilizados en los SIG, en el planteamiento de las herramientas de análisis y el diseño de algunos de los programas SIG más difundidos en el mercado. Un buen ejemplo lo constituye el programa IDRISI de Clark University elaborado por un profesor de Geografía (Eastman, 1995). Por otra parte, el NCGIA americano (un centro fundamental de desarrollo de la CIG) tiene su base, entre otros lugares, en departamentos de Geografía californianos y de Nueva York. Algo semejante se puede decir de otros países, Gran Bretaña, España, etc. Esto no quiere decir que los SIG sean una exclusiva de los geógrafos, únicamente que estos han tenido un papel destacado en su desarrollo y, sobre todo, en su utilización y popularización en ciertas aplicaciones. No obstante, el reciente desarrollo de los SIG va haciendo disminuir ese papel de los geógrafos. Un buen ejemplo de ello es la denominada "polémica caja de herramientas frente a bases de datos", que enfrenta las ideas que tienen los geógrafos de los SIG como una colección de herramientas de análisis geográfico frente a la concepción, más propia de los informáticos, que ven a los SIG como, esencialmente, unas bases de datos. Por ello, la creación de la CIG plantea un desafío y una nueva problemática (un riesgo) a los geógrafos. \* El **riesgo** es que su importante participación actual en estos campos se diluya demasiado en un cuerpo de conocimiento mucho más amplio y heterogéneo (la CIG), con un enfoque más técnico (más basado en Matemáticas, Informática, etc.) menos dirigido a las aplicaciones y sus problemas, y, por lo tanto, a la creación de procedimientos de análisis geográfico para su resolución. Igualmente las posibilidades de fragmentación de la Geografía como disciplina única se incrementan. Es necesario recordar el desarrollo, dentro de la Geografía, de tendencias muy diferentes: Geografía postmoderna frente a SIG, por ejemplo. Existe por lo tanto la posibilidad de que los practicantes actuales de la Geografía

mas técnica y "científica" se separen del resto de los geógrafos y se integren en la nueva disciplina de la CIG, extrayendo de la Geografía una porción significativa de sus actuales componentes, arrebatándole un tipo muy fructífero de enfoque (más aplicado y científico), de modo que la Geografía quede reducida a las otras tendencias, mas humanistas y de pura interpretación de la realidad geográfica. Esto sería negativo para el conjunto de la Geografía, pero, igualmente, lo sería para la CIG, que perdería contacto con unos enfoques y unos problemas que le pueden ser de cierta utilidad.

Podría producirse una situación semejante a la que vivió la Geografía en el siglo XVIII, cuando los contenidos mas científicos y matemáticos se separaron de esta antigua disciplina para crear nuevas ciencias: la Cartografía, la Geodesia. La Geografía vivió un momento muy delicado, estando a punto de desaparecer como disciplina autónoma, únicamente la aportación de Humboldt y de otros grandes geógrafos del siglo XIX consiguieron renovar finalmente nuestra disciplina y mantenerla en el ambiente académico aunque, evidentemente, mucho más limitada desde el punto de vista temático.

\* Por su parte, el **desafío** reside en que los problemas geográficos y los enfoques y habilidades de los geógrafos sean incorporados al desarrollo de esta nueva ciencia, ya que pueden suponer una aportación de interés por muchas razones. El análisis geográfico, fundamento de la CIG y de los SIG, tiene buena parte de su origen en los trabajos de los geógrafos. Algunos de los problemas más difíciles de tratar por los SIG, y de mayor profundidad teórica, por ejemplo el de la Unidad espacial modificable, han sido estudiados y analizados por los geógrafos (Openshaw, 1981; Openshaw y Taylor, 1979). Muchos de los métodos de análisis geográfico se han ideado, en alguna medida, por geógrafos, por ejemplo, el análisis estadístico espacial (Unwin, 1981), etc.

Desde un punto de vista muy diferente, otros tipos de estudios realizados por los geógrafos están suponiendo una aportación de gran importancia al desarrollo de la Ciencia de la Información geográfica, nos referimos a la Geografía de la Percepción y del Comportamiento, ya que, para preparar unas herramientas fáciles de utilizar por usuarios inexpertos, es importante comprender mejor como se percibe el espacio geográfico y como se organizan mentalmente los comportamientos espaciales de la población (Egenhofer y Golledge, 1998). Por todo ello, la aportación de los geógrafos a la nueva ciencia es importante y se debe plantear con habilidad y persistencia, sin permitir que sea menospreciada y minusvalorada. En conclusión, los próximos años, los primeros del siglo XXI, van a resultar un período muy crucial en el desarrollo de la Geografía. De su respuesta al desafío aquí planteado, como a otros de tipo muy diverso, dependerá si nuestra disciplina se mantendrá como una herramienta útil e importante para la sociedad, o si, por el contrario, poco a poco perderá importancia, como una forma de conocimiento diferente y singular, en la nueva época de la sociedad de la información que ya estamos empezando a vivir.

### **Bibliografía**

Armstrong, M., Densham, P. y Rushton, G. (1986): "Architecture for a microcomputer based decision support systems", *Proceedings of the 2nd International Symposium on Spatial Data Handling*. International Geographical Union,



Williamsville, New York, p. 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, 2º edición, 253-266.

Bosque Sendra, J. (1997): *Sistemas de información geográfica* Madrid, Ediciones Rialp, 2ª edición corregida, 451 p.

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*, nº 15, pp. 141-155.

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.

Camara, A. S. (1998): *Spatial Multimedia and Virtual Reality*. Londres, Taylor and Francis.

Cressie, N. (1991): *Statistics for Spatial Data* Nueva York, Wiley and sons, 900 p.

Church, R. L. y Sorensen, P. (1996): "Integrating normative location models intoGIS: problems and prospects with the p-median model" en P. Longley y M. Batty: *Spatial Analysis: Modelling in a GIS environment* Cambridge, Geoinformation international, pp. 167-185

Chuvieco Salinero, E. (1995): *Fundamentos de teledetección espacial* Madrid, Ed. Rialp., 3ª edición.

Eastman, J.R. (1995): *IDRISI FOR WINDOWS. User's guide. Version 1.0*. Worcester, Ma., Clark University.

Egenhofer, M.J. y Golledge, R.G. (Editores) (1998): *Spatial and temporal reasoning in geographic information systems* Oxford, Oxford University Press, 294 p.

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 p.

Goodchild, M.F. (1992): "Geographical information science". *International Journal of Geographical Information Systems* 6(1): 31-45. Healey, R. (editor) (1998): *Parallel processing algorithms for GIS* Londres, Taylor and Francis, 460 p. Hearnshaw, H.M. y Unwin, D. (Editores) (1994): *Visualization in GIS*. Chichester, J. Wiley, 243 p.

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, 2º edición, 39-47 Langram, G. (1992): *Time in Geographic Information Systems* Londres, Taylor & Francis, 189 p.

Moreno Pérez, J.A. (1996): "Heurísticas de búsqueda para problemas discretos de localización-asignación" en Puerto Albandoz, J. (editor): *Lecturas en Teoría de la localización* Sevilla, Publicaciones de la Universidad de Sevilla, pp. 107-134 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 p.

Openshaw, S. (1981): "Le problème de l'agregation spatiale en Geographie" *L'Espace Geographique*, 1, pp. 15-24

Openshaw, S. y Openshaw, C. (1997): *Artificial intelligence in Geography* Chichester, J. Wiley & Sons. 329 p.

Openshaw, S. y Taylor, P. (1979): "A million or so correlations coefficients: three experiments on the modifiable areal unit problem" en Wrigley, N. (Editor): *Statistical applications in the Spatial Sciences* Londres, Pion, pp. 127-144

Plewe, B. (1997): *GIS online: information retrieval, mapping and the INTERNET* Santa Fe, Onward Press, 311 p.

Raper, J. (1991): "User interfaces" en Masser, I. y Blakemore, M.: *Handling geographical information: methodology and potential applications*. Londres, Longman, pp. 102-114

Rodriguez Pascual, A. (1999): "La norma UNE 148001 EXP MIGRA: mecanismo de intercambio de información geográfica relacional formado por agregación" *Topografía y Cartografía*, (en prensa).

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, 2º edición, 347-358.

UCGIS (1996): "Research Priorities for Geographic Information Science". *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 23. nº 3, pp. 115-127

Unwin, D. (1981): *Introductory Spatial Analysis* Londres, Methuen

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, 2º edición, 125-155.

Wilson, J.D. (1999): "GIS goes mobile" *GeoEurope*, vol. 8, nº 2, pp. 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, 2º edición, 373-384.

Wright, D.J., M.F. Goodchild, y J.D. Proctor (1997) "Demystifying the persistent ambiguity of GIS as 'tool' versus 'science'". *Annals of the Association of American Geographers* 87(2): 346-362.

#### **Sitios WEB de interés**

**Michael F. Goodchild. (1997): "What is Geographic Information Science?", NCGIA**

**Core Curriculum in GIScience, <http://www.ncgia>**

**[.ucsb.edu/giscc/units/u002/u002.html](http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u002/u002.html), expuesto el 7 de Octubre de 1997.**

**University Consortium for Geographic Information Science:**

**<http://www.ucgis.org>**

**Consorcio OPENGIS: <http://www.opengis.org>**