

Los Sistemas de Información Geográfica al servicio de la sociedad

Josep Sitjar i Suñer

Técnico en SIG – SIGTE (Servicio de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad de Girona)

¿Dónde debería ubicarse un centro hospitalario para dar un buen servicio a la comunidad? ¿Cuál es el trazado óptimo para construir una carretera? ¿En qué zona deben destinarse más recursos después de una catástrofe? Desde la creación del primer Sistema de Información Geográfica, la toma de decisiones para resolver los problemas espaciales del mundo real ha resultado cada vez más fácil. En el siguiente artículo se desvelan algunas de las claves y fundamentos de estos poderosos sistemas.

Palabras clave: Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), Sistemas de Información Geográfica (SIG), Organizaciones No Gubernamentales de Desarrollo (ONGD).

On s'hauria d'ubicar un centre hospitalari per a donar un bon servei a la comunitat? Quin hauria de ser el traçat òptim per a construir una carretera? En quina zona haurien de destinar-se majors recursos després d'una catàstrofe? Des de la creació del primer Sistema d'Informació Geogràfica, la presa de decisions per a resoldre els problemes espacials del món real ha resultat cada vegada més fàcil. En el següent article s'entreveuen algunes de les claus i fonaments d'aquests poderosos sistemes.

Paraules clau: Tecnologies de la Informació Geogràfica (TIG), Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG), Organitzacions No Governamentals de Desenvolupament (ONGD).

Where should we install a health centre for the best community service? Which is the optimal route for a road construction? In which zone should we assign more resources after a disaster? Since the creation of the first Geographical Information System, the decision making to solve spatial problems in the real world it's been easier and easier. The following article reveals some key aspects and the basis of these powerful systems.

Key words: Geographic Information Technologies (GIT), Geographic Information Systems (GIS), Non-Governmental Organizations Development (NGDO).

Introducción

En multitud de artículos y libros especializados encontramos infinidad de razones que avalan el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como gestores de información geográfica. En ellos se alude a su capacidad para manejar grandes cantidades de información, a la ayuda que confieren en la resolución de problemas territoriales o a la optimización de recursos que conlleva su uso. Sin embargo, una cuestión aparentemente más trivial nos revela los motivos que han atribuido a estos sistemas la necesidad de estar presentes en muchos ámbitos de nuestra vida. El hecho es muy simple: todo lo que ocurre en el mundo, ocurre en algún lugar. Por este motivo, conocer la localización geográfica de los objetos y acontecimientos que en él se encuentran resulta de gran utilidad a las sociedades humanas.

Quienes nunca hayan entrado en contacto con los SIG, pueden pensar de ellos que son aplicaciones informáticas encaminadas al manejo de información geográfica. Es cierto que lo son, pero también son algo más. Su carácter sistémico les otorga un componente de complejidad que debe tenerse en cuenta a la hora de definirlos. Por ello

en las siguientes páginas trataremos de descubrir y analizar cada una de las partes que conforman estos sistemas, y cómo interactúan para llegar a resolver nuestras dudas espaciales.

Sería presuntuoso otorgar a los SIG la capacidad para dar soluciones definitivas a los proyectos en los que tienen cabida; sin embargo, podemos estar seguros de que desde la implementación del primer SIG, el Sistema de Información Geográfica de Canadá (CGIS, por sus siglas en inglés), el proceso de toma de decisiones apoyado por estos sistemas ha resultado mucho más eficiente y rápido.

Vamos a ver entonces, qué son los SIG y cómo podemos llegar a sacar provecho de su utilización.

“Conocer la localización geográfica de los objetos y acontecimientos que en él se encuentran resulta de gran utilidad a las sociedades humanas”

El valor de lo espacial

No tendría demasiado sentido empezar un artículo introductorio sobre los SIG sin antes referirse al valor de la Información Geográfica (IG), entendida como aquella que puede ser relacionada con localizaciones en la superficie de la Tierra (DoE, 1987). De hecho, y como iremos viendo en las siguientes páginas, la IG es uno de los componentes más importantes de todo SIG.

Son muchas las cualidades asociadas a la IG, cuyo verdadero valor estriba en cómo a través de sus características es capaz de mostrarnos la realidad geográfica de la cual depende la mayoría de las actividades del hombre (Comas y Ruiz, 1993). La posición, el tamaño, la distancia, la dirección, la forma, la textura, el movimiento y las relaciones son las **propiedades espaciales** de los objetos que nos da la IG. Conocer y aprovechar estas propiedades va a permitir el desarrollo de interesantes proyectos de SIG.

Imaginemos por ejemplo una situación en la que debamos escoger entre dos emplazamientos para la construcción de un centro hospitalario. La **ubicación** de los núcleos de población de la región, la **distancia** a las principales arterias de comunicación o las **relaciones** que pudieran establecerse con otros centros sanitarios, son solo algunas de las propiedades espaciales de la IG que deberíamos analizar si quisiéramos determinar una óptima localización.

Los SIG se han erigido como la tecnología capaz de trabajar y sacar provecho a toda esta información; y aunque resulta indiscutible el potencial tecnológico –*hardware*, *software*, redes– y científico –métodos, personal, organizaciones– que con ellos va asociado, su verdadero poder deriva del valor de la información con la que trabajan. Sin IG, no hay SIG.

¿Qué es un Sistema de Información Geográfica?

Breve historia de los SIG

Para empezar a ver qué son los SIG, nos será útil retroceder hasta sus orígenes. Si bien es cierto que la aparición de los SIG va estrechamente relacionada con el desarrollo de la informática –años 60–, la idea de visualizar diferentes capas de datos en series de mapas de base y relacionar elementos geográficamente, apareció hace bastante más tiempo que la llegada de los ordenadores.

Ya en 1781, el cartógrafo francés Louis-Alexandre Berthier representó los movimientos de las tropas en la Batalla de Yorktown mediante mapas que contenían información cruzada. En 1854, el doctor John Snow utilizó el análisis geográfico para determinar la causa de la epidemia de cólera de Londres. Más adelante, McHarg demostró cómo la técnica de superposición de capas podía ser incorporada en los procesos de planeamiento. Otros autores, como Hägerstrand¹ o Christaller², hicieron uso del análisis geográfico

mediante superposición de capas de información para realizar sus estudios.

Sin embargo, no fue hasta los años 60 cuando se produjeron las innovaciones que dieron impulso al desarrollo de los SIG tal y como los conocemos en la actualidad. En esos años, Roger Tomlinson –considerado el padre de los SIG–, creó el CGIS, diseñado para identificar y explotar los recursos existentes en el territorio canadiense. También en esa década se empezaron a desarrollar, en la agencia del Censo de los Estados Unidos, algunas herramientas automatizadas mediante SIG, necesarias para realizar el Censo de Población de 1970 (Longley, 2005).

A partir de ese momento, el avance y las innovaciones relacionadas con el mundo de los SIG siguieron una curva ascendente e imparable hasta la actualidad.

Las definiciones

Existen muchas y variadas definiciones acerca de qué son los SIG. De hecho, podría afirmarse que hay casi tantas definiciones como autores que escriben sobre el mundo de los SIG (Gutiérrez Puebla y Gould, 1994). Dependiendo del contexto en que los utilizemos, nos sentiremos más identificadas con unas u otras. Así, mientras que para algunos los SIG son simplemente el medio para automatizar la producción de mapas, para otros esta aplicación parece banal en comparación con su complejidad asociada a la solución de problemas geográficos y el soporte a la toma de decisiones (Longley, 2005). Encontrar la forma más adecuada para referirse a ellos no es tarea fácil.

Según el Centro Nacional de Información Geográfica y Análisis (NCGIA, por sus siglas en

inglés), un SIG es un sistema de *hardware*, *software* y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. Sin duda, se trata de una definición funcionalista en la que se reflejan, aparte de la tecnología, todos aquellos aspectos y partes que conforman un SIG.

Otras aproximaciones a los SIG se refieren tan solo al componente tecnológico, sin tener demasiado en cuenta el resto de elementos. Sería este el caso de la definición hecha por Bracken y Webster (1990) según la cual un SIG es “un tipo especializado de base de datos que se caracteriza por la capacidad de manipular datos geográficos [...] que se pueden representar como imágenes”.

¹ En 1973, desarrolló un modelo basado en la geografía del tiempo, que hace énfasis en la continuidad y en el vínculo de secuencias de eventos que se desarrollan en situaciones enmarcadas en el espacio y el tiempo.

² Autor de la “Teoría de los lugares centrales” (1933). Estudió la distribución y jerarquización de los lugares centrales en un espacio isotrópico. Se le considera el fundador de la nueva geografía cuantitativa.

Peter Burrough (1986):

Un SIG es un potente equipo instrumental para la recogida, el almacenamiento, recuperación, transformación y representación de datos espaciales relativos al mundo real.

Roger Tomlinson (1987):

Sistema digital para el análisis y manipulación de todo tipo de datos geográficos, a fin de aportar información útil para las decisiones territoriales.

Department of Environment (DoE), Gran Bretaña (1987):

Sistema para capturar, almacenar, validar, integrar, manipular, analizar y representar datos referenciados sobre la Tierra.

Stan Arnoff (1989):

Sistema informático capaz de realizar las tareas para manejar datos georreferenciados: entrada, almacenamiento, recuperación, manipulación, análisis y representación.

El enfoque funcionalista es el más utilizado –y a la vez el más aceptado por la comunidad– para referirse a un SIG, al remarcar éste su carácter sistémico, integrador y funcional. En este sentido no es demasiado relevante para la mayoría de los usuarios entender cómo funcionan los algoritmos que implementan una función; sin embargo, sí es prioritario entender qué son, qué realizan y cómo son utilizables las funciones

(Arnoff, 1989). Del mismo modo, tampoco tiene demasiado interés el empleo de un SIG si no cumple con el objetivo de ser parte de una organización, al aportar eficacia en la integración horizontal de varios registros digitales de información, o en el intercambio vertical entre niveles jerárquicos –como el directivo, el de gestión y operativo– (Comas y Ruiz, 1993).

Componentes y funcionalidades de un SIG

Hemos visto hasta ahora algunas definiciones acerca de los SIG que pueden llegar a resultar complejas para quienes no hayan trabajado antes con ellos. Para poder entender mejor qué es un SIG, y poder reconocer uno cuando nos hallemos frente a él, será útil analizar sus componentes y funcionalidades.

Todo SIG se compone de cinco partes fundamentales: **Tecnología, Datos, Métodos, Organizaciones y Red.**

Según el libro “Geographic Information Systems and Science” (Longley, 2005) el principal componente de un SIG actual es la Red, sin la que el intercambio de información o la rápida comunicación no es posible. De hecho, las ventajas de las redes en el campo de los SIG son numerosas, al permitir la visualización, consulta y análisis de información espacial sin necesidad de instalar ningún *software* o descargar grandes cantidades de datos.

La segunda pieza de la anatomía de un SIG es la tecnología, que viene definida por el *software* y el *hardware*. Mediante el *hardware*, el usuario interactúa directamente con el sistema, al permitir llevar a cabo las distintas operaciones SIG de entrada y salida de información³. A su vez, el *software* actúa como soporte lógico que organiza, dirige y da consistencia a todo el sistema.

Dentro de la estructura de un SIG los datos son la parte mediante la cual se representa la realidad, a la vez que permiten enlazarla a situaciones y aplicaciones específicas. Comas y Ruiz (1993), para explicar el concepto de datos espaciales, proporcionan una definición concisa y útil: “Los datos son la representación concreta de hechos y constituyen el antecedente necesario para el conocimiento”.

Para llevar a cabo las distintas tareas relacionadas con el diseño, creación y funcionamiento de los SIG, se requiere de un cuerpo metodológico

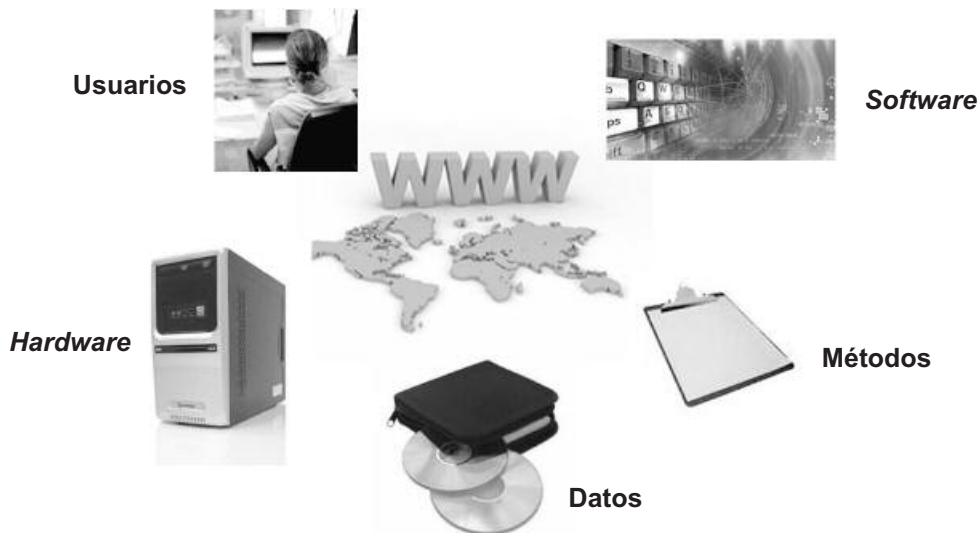
³ Se incluyen aquí los aparatos de lectura convencionales que permiten la transferencia de archivos, los mecanismos de red, aparatos de salida como las impresoras, los monitores, y un largo etcétera.

específico. Los métodos tienen, en última instancia, la finalidad de establecer la estructura de un SIG y, en concordancia con ello, implementar aplicaciones que sustenten la toma de decisiones. La adopción de un buen método determinará el éxito o fracaso del proyecto.

El hecho de que la organización forme parte de los componentes de todo SIG explica su claro

objetivo de llegar a ser un elemento clave en ella. Y es que un SIG solamente tiene sentido en el contexto de una organización, entendida como la estructura que establece procedimientos, líneas de información, puntos de control, y otros mecanismos que aseguren el presupuesto, mantengan una elevada calidad de los trabajos realizados y garanticen las necesidades de la organización (Longley, 2005).

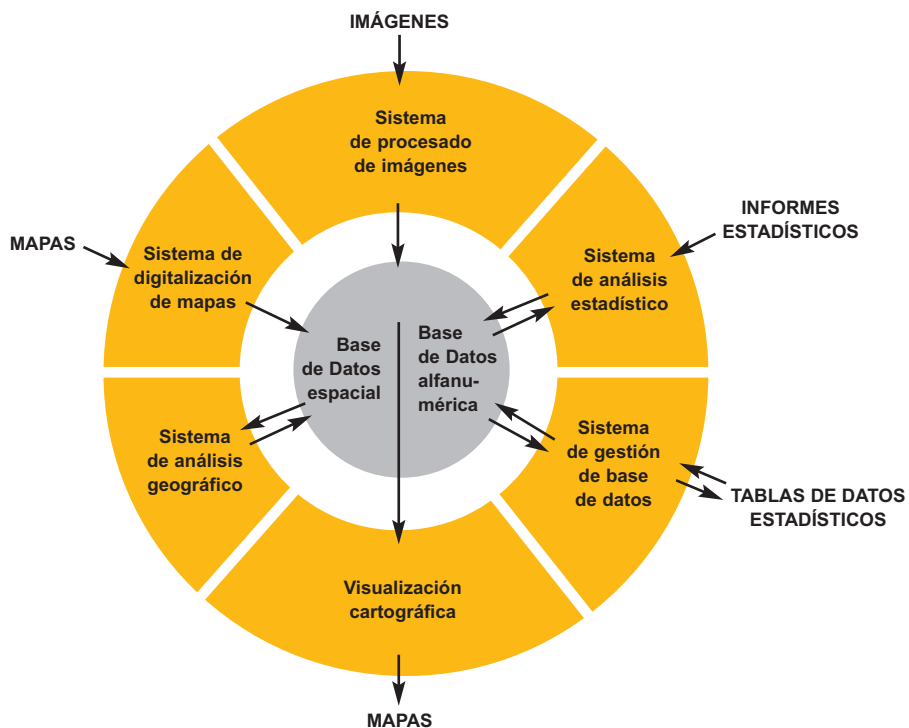
Figura 2
Componentes de un SIG
Fuente: elaboración propia



Siguiendo con el criterio funcionalista del que hemos hecho uso anteriormente para definir los SIG, ahora podemos caracterizar las cinco funciones que con ellos podremos realizar: entrada

de información, almacenamiento, salida o representación gráfica y cartográfica de la información, y gestión de la información espacial y funciones analíticas.

Figura 3
Funcionalidades de un SIG
Fuente: Adaptado de Eastman, 1999



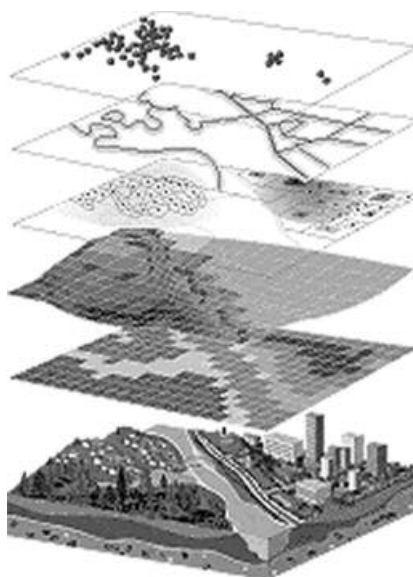
Al trabajar con los SIG lo primero que vamos a necesitar será información, la cual resultará del proceso de abstracción-simplificación de la realidad, pues cada fenómeno o aspecto de un determinado territorio puede ser modelizado en capas de información. Según lo que nos interese representar o analizar, recurriremos a unas u otras capas de información. De este modo, y si siguiendo con el ejemplo citado anteriormente (localización óptima de un centro hospitalario), necesitaremos disponer como mínimo de una capa de poblamiento, una de red de infraestructuras viarias y otra con la localización de los centros sanitarios.

"las cinco funciones que podremos realizar [con los SIG son]: entrada de información, almacenamiento, salida o representación gráfica y cartográfica de la información, y gestión de la información espacial y funciones analíticas"

En un SIG, las **funciones para la entrada de información** son las que nos permiten la introducción, edición y visualización de datos geográficos. *A priori*, estas funciones nos pueden parecer banales en comparación con las demás, pero como hemos visto, son de gran trascendencia, pues sin ellas resultaría imposible realizar ningún trabajo. Además, puesto que en algunos ámbitos geográficos la existencia de información espacial es muy escasa, el proceso de obtención puede resultar tedioso y muy caro; en este sentido, cabe tener presente que la obtención de buenos datos puede llegar a absorber entre el 50 y el 70% del presupuesto de la implementación de un SIG. Del mismo modo, los procesos de edición incluidos en las funciones de entrada de información suelen requerir de grandes recursos; se trata en este caso de la modificación de las características geométricas de las entidades (orientación, posición, forma), de la corrección de inconsistencias de los datos o de la generalización o suavizado de las líneas. Sin ellos, los datos no están "preparados" para ser utilizados.

Una vez capturada la información geográfica, y puesto que en general habremos producido gran cantidad de datos, esta deberá ser almacenada de alguna forma. Las **funciones de almacenamiento** nos permitirán este proceso, que no implicará solamente al disco duro del ordenador, ya que a medida que vayamos desarrollando un SIG será necesario ir traspasando información a

Figura 4
Modelización de la realidad en capas de información
Fuente: ESRI



otros dispositivos, así como crear copias de seguridad.

Capturada y almacenada la información geográfica, el siguiente paso a realizar será el de extraer de la base de datos del SIG las porciones de información espacial que interesan en cada momento. Para ello se utilizan las **funciones de gestión**, cuya finalidad esencial es permitir la independencia entre la organización física y lógica de los datos; es decir, la independencia entre la base de datos y los programas que la gestionan (Bracken y Webster, 1990) para poder de este modo controlar su almacenamiento, recuperación y actualización (Comas y Ruiz, 1993).

Las **funciones de análisis espacial** –sin duda las más representativas del *software* de SIG– son las que en definitiva atribuyen valor a los datos geográficos, al revelarnos cosas que de otra forma no conseguiríamos percibir. Conocer y comprender las operaciones espaciales es útil para planificar mejor y de forma más eficiente el trabajo con los SIG. Dichas funciones pueden clasificarse en cuatro grupos (Arnoff, 1989): recuperación, superposición, vecindad y conectividad; y entre ellas se incluyen operaciones de consulta, medición de áreas o perímetros, superposición de capas de información, y álgebra de mapas o reclasificación⁴ de datos. Dependiendo del paquete de *software* de SIG que utilizemos, dispondremos de más o menos funciones de análisis.

⁴ Asignación de una nueva categoría o valor a las entidades.

Volviendo al caso planteado, a partir de la información referente al poblamiento, infraestructuras y centros sanitarios, y con las distintas funciones de análisis espacial que ofrece un SIG, será relativamente fácil determinar los suelos aún no urbanizados en los que se podrá construir, que se encuentran bien comunicados y que además no entran en competencia con el radio de acción de los otros hospitales.

Finalmente, las **funciones de salida o representación gráfica y cartográfica de la información** mediante un SIG son las que permiten transferir los datos, imágenes o mapas contenidos en él a otro medio o soporte. De este modo podemos representar los datos almacenados a partir de una serie de criterios⁵ que permitirán visualizar la información en función de los objetivos establecidos.

Aplicaciones de los SIG

Los SIG se están convirtiendo en una herramienta habitual de nuestro mundo, demostrando su eficacia en numerosas aplicaciones de gestión de recursos, análisis de alternativas, herramientas de soporte para la toma de decisiones y planes de actuación frente a diversidad de situaciones. Veamos ahora algunos casos concretos.

En las administraciones públicas, por ejemplo, el empleo de los SIG tiene un papel muy destacado, y no es de extrañar, ya que más del 70% de las tareas que en ellas se realizan presentan un componente geográfico. En general, las aplicaciones más típicas en estos organismos están relacionadas con el inventario de recursos, la gestión de los transportes públicos o la localización óptima de equipamientos.

Las oficinas del catastro suelen ser también buenos modelos de implementación de SIG, ya que el hecho de disponer de información actualizada y fiable del territorio digital les ayuda a evitar problemas de límites ambiguos o superpuestos de las parcelas, a describir relaciones complejas e incluso a facilitar el acceso al público a dicha información.

Compañías de servicios o de transporte, son también organizaciones en las que el empleo de los SIG ha permitido mejorar la eficiencia y el rendimiento de las tareas. En estos casos, el volu-

Cabe recordar en este punto, que un mapa no es un elemento neutro, sino todo lo contrario. Dependiendo del modo en que se realice la presentación, el resultado final –el mensaje que queramos presentar– puede llegar a ser muy diferente. Los usuarios de SIG y los productores de cartografía deben ser conscientes de ello, y actuar en consecuencia.

"Los SIG se están convirtiendo en una herramienta habitual de nuestro mundo, demostrando su eficacia en numerosas aplicaciones de gestión de recursos, análisis de alternativas, herramientas de soporte para la toma de decisiones y planes de actuación frente a diversidad de situaciones"

men de información territorial que se maneja suele ser muy grande, y su disponibilidad inmediata y la rápida capacidad para gestionarla suponen, en muchas ocasiones, el éxito o el fracaso de sus actividades. Una empresa de electricidad, por citar algún ejemplo, puede llegar a tener centenares o millones de clientes, varias redes de distribución, además de un sinfín de transformadores, postes de electricidad, etcétera, representando billones de euros invertidos. El mantenimiento de toda esta infraestructura y la dificultad que puede conllevar la detección de una avería que en ella se haya producido solamente puede realizarse mediante el empleo de los SIG.

En agricultura, el uso de mapas detallados e imágenes para planificar los cultivos, analizar los campos y gestionar aplicaciones eficientes de fertilizantes y químicos es cada vez más habitual. Estas técnicas son conocidas como "agricultura de precisión", y permiten obtener grandes beneficios en la cantidad de las producciones agrícolas.

"En agricultura, el uso de mapas detallados e imágenes para planificar los cultivos, analizar los campos y gestionar aplicaciones eficientes de fertilizantes y químicos es cada vez más habitual. [...] [conocido] como 'agricultura de precisión'"

⁵ Estos criterios pueden basarse en capas de información, simbología o el fenómeno que uno quiera representar.

Todo este conjunto de aplicaciones –y muchas más que encontraríamos sin demasiada dificultad–, confieren a los SIG una imagen “elitista” de la que parecen estar muy lejos aquellas empresas o entidades sin demasiados recursos económicos. No negaremos la dificultad que supone implantar un SIG, ni tampoco su costo en capital humano; sin embargo, existen muchos motivos para pensar en la posibilidad de integrarlos, por ejemplo, en organizaciones no gubernamentales dedicadas a la ayuda y cooperación para el desarrollo humano.

La misma falta de recursos económicos puede ser el primer incentivo para que una ONG para el Desarrollo (ONGD) decida hacer uso de los SIG, al mejorar éstos la planificación y programación de sus actividades y, en consecuencia, la eficiencia de las inversiones realizadas.

Asimismo, los SIG facilitan el seguimiento de los proyectos, reduciendo los costos que ello suele conllevar; y permiten el análisis posterior de las actuaciones acometidas, facilitando la obtención de indicadores que pueden ser utilizados en futuras intervenciones.

En el artículo “Cartografía de riesgos naturales en América Central con datos obtenidos desde Internet” (Bosque Sendra, 2005) se analizan con más detalle las ventajas y limitaciones que los SIG y la información geográfica disponible presenta frente a las necesidades de las ONGD, así como las posibilidades que actualmente ofrece Internet para la adquisición de la información geográfica. En éste concluyen que a pesar de que en su actividad diaria las ONGD utilizan numerosa información geográfica, el uso de los SIG es muy reducido debido, principalmente, a la dificultad técnica que supone el empleo de estos programas, y a la falta de un formato de datos geográficos común a todos los productores y usuarios.

De hecho, en los ámbitos de trabajo de las ONGD la mayor dificultad a la hora de trabajar con SIG recae en la adquisición de información espacial (datos geográficos), ya que en muchos casos es inexistente o se encuentra a una escala con tan poco detalle que impide la elaboración de estudios provechosos. Además, plantearse la elaboración de cartografía en estos casos resulta un hito prácticamente inasequible.

Por otro lado, la presencia cada vez más grande de programas SIG de código abierto, que además de aportar flexibilidad para el desarrollo de soluciones a medida, suprimen el elevado coste de adquisición de algunas licencias propietarias, puede facilitar la implementación de los SIG por parte de las ONGD. Es cierto que en muchas ocasiones las empresas productoras de *software* rebajan el precio de las licencias (o incluso las regalan) a los países en vías de desarrollo, o a las ONG que trabajan en ellos; sin embargo, las relaciones de dependencia que ello conlleva pueden resultar perjudiciales a largo plazo (Véase el artículo “¿Qué es el *software* libre?” publicado en el Cuaderno número 2 de esta misma revista).

"los SIG facilitan el seguimiento de los proyectos, reduciendo los costos que ello suele conllevar; y permiten el análisis posterior de las actuaciones acometidas, facilitando la obtención de indicadores que pueden ser utilizados en futuras intervenciones"

Conclusiones

Desde los años 90, los SIG han experimentado grandes avances. El desarrollo de nuevas funcionalidades y aplicaciones no ha parado de incrementar, y su potencial como gestores de la IG les ha convertido en una “herramienta” indispensable para gran diversidad de empresas y organizaciones.

Por otro lado, la comunidad de usuarios de SIG también ha ido creciendo a medida que éstos iban siendo implantados, hecho que ha facilitado la proliferación del número de publicaciones (libros, revistas...), conferencias, páginas web, foros y listas de distribución de correo electrónico relacionado con los SIG y la IG.

Se ha llegado a una situación en la que resulta indiscutible la necesidad de contar con las tecnologías de la IG, y ya no solamente en ámbitos muy concretos (universidades, empresas de gestión de recursos o infraestructuras, ayuntamien-

tos, etcétera), sino también a nivel particular, entre aquellos que por ejemplo emplean Google Earth para mostrar donde se encuentra su negocio, o los que instalan un dispositivo GPS en el automóvil para llegar al hotel donde pasarán las vacaciones.

No podemos saber cómo serán los SIG del futuro, sin embargo, parece inevitable su presencia cada vez mayor en nuestra sociedad. Siguiendo las tendencias actuales, se manifestarán integrados a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, y en ellos Internet jugará un papel decisivo. En este sentido, los Servicios Basados en la Localización (LBS, por sus siglas en inglés), ya están proliferando y asumiendo cuotas de mercado cada vez más grandes, a la vez que la información geográfica existente en la web es cada vez mayor, ayudando a miles de usuarios a resolver problemas geoespaciales.

Referencias bibliográficas

- ARNOFF, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publications.
- BOSQUE, J. 1997. *Sistemas de Información Geográfica*. 2da ed. Madrid: Ediciones Rialp, S.A.
- BOSQUE SENDRA, J., ORTEGA SISQUÉS, A. y RODRÍGUEZ ESPINOSA, V. 2005. *Cartografía de riesgos naturales en América Central con datos obtenidos desde Internet*. Documentos de Análisis Geográfico.
- BRACKEN, I. y WEBSTER, C. 1990. *Information technology in geography and planning: including principles of Geographic Information Systems*. Londres y Nueva York: Routledge.
- COMAS, D. y RUIZ, E. 1993. *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*. Barcelona: Ariel.
- DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT. 1987. *Handling Geographic Information*, informe del Committee of Enquiry presidido por Lord Chorley. Londres.
- EASTMAN, J. R. 1999. *Multi-criteria evaluation and GIS, in Geographical Information Systems*. Nueva York: John Wiley and Sons, Ltd.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. y GOULD, M. 1994. *SIG: Sistemas e Información Geográfica*. Madrid.
- LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J. y RHIND, D. W. 2005. *Geographic Information Systems and Science*. 2 da ed. John Wiley and Sons, Ltd.