

CAPÍTULO PRIMERO

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Un intento de definición - SIG y Geografía - Los componentes de los Sistemas de Información Geográfica - Hardware y Software

En la década de los setenta, con el desarrollo de la tecnología informática, aparecieron una serie de programas cuya finalidad era gestionar datos espaciales georreferenciados. En los primeros momentos se necesitaba un potente instrumental para poder trabajar con ellos; pero poco a poco se fueron desarrollando mejoras técnicas que han ido simplificando y popularizando la utilización de este tipo de programas. Algunos autores han llegado a afirmar que “los Sistemas de Información Geográfica son el paso adelante más importante desde la invención del mapa”(CHORLEY, 1987). No sabemos si realmente este nuevo avance es tan crucial pero, sin duda, se trata de una interesante y útil herramienta que facilita la compilación, análisis y divulgación de los datos geográficos. Además, “los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional, puesto que de forma automática permiten manejar datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y realizar procesos de información de tipo digital” (CONESA GARCÍA, 1996). Todo ello justifica todo aquel esfuerzo de síntesis que se realice para conocer y entender mejor los aspectos más relevantes de estos sistemas.

El desarrollo de los SIG ha corrido paralelo al progreso del *hardware* y del *software* informático. Los avances en la tecnología de los ordenadores personales (PC) se han visto correspondidos con unos Sistemas de Información Geográfica más potentes y fáciles de manejar (CASSETARI,1993).

Quizás los aportes más importante de los SIG, como defienden Obermeyer y Pinto¹, respecto a otros sistemas de información, son el marco de referencia donde se organiza y su capacidad de realizar

¹ “Lo que aportan los SIG de diferente respecto a otro tipo de sistemas de información es su dependencia de la referencia espacial como también su organización y su capacidad de realizar análisis geográfico” (OBERMEYER Y PINTO, 1994).

análisis geográficos. Es el adjetivo *geográfico* el que da singularidad a esta herramienta.

Se ha estructurado este primer capítulo en tres grandes apartados: en el primero se buscará una definición válida para los SIG dentro de la amplia gama de respuestas dadas por los diversos autores que han tratado el tema; en segundo lugar se analizará la relación entre SIG y geografía, y por último, en tercer lugar, se describirán los elementos físicos que componen los Sistemas de Información Geográfica.

1.1 Un intento de definición

Para comenzar a trabajar en cualquier materia, el primer paso debe ser el establecimiento del marco conceptual donde vamos a movernos. Por ello se debe intentar definir con la mayor precisión posible los Sistemas de Información Geográfica. Se va a comenzar por sintetizar, organizar y resumir las diferentes acepciones que existen de los SIG. El objetivo es crear el ese marco de referencia básico que nos permita hablar de los SIG. Además, se puede afirmar que “desde que la idea de los SIG fue concebida hace unos 25 años han evolucionado de igual manera que su conceptualización” (BARREDO, 1996).

Es muy oportuna la división que Rodríguez Pascual (1993) hace sobre el concepto. Dicho autor advierte que al hablar de los Sistemas de Información Geográfica se puede aludir a tres aspectos: disciplina, proyecto y *software*.

Cuando se dice *he comprado un SIG*, normalmente se está haciendo referencia al *software* que comercializan las diferentes empresas. Si, por el contrario, se afirma que se está montando, seguramente hablamos de un proyecto, es decir, de la adquisición o uso de un programa, la recogida de la información, la introducción en el sistema, el análisis y la preparación para el manejo por parte de unos determinados usuarios. Pero, por último, si se hace referencia a los SIG en general, usualmente se alude a la disciplina que incluye el *software*, el *hardware*, los proyectos concretos que se organizasen y cualquier otra aplicación, uso o elemento que esté relacionado con dicha tecnología.

Por ello, el capítulo se centrará en este último enfoque; es decir los SIG como disciplina, porque

es el punto de vista que tiene mayor interés para la comprensión de estos sistemas.

Se ha realizado una pequeña recopilación de definiciones del concepto, tanto de la bibliografía española como anglosajona², clasificándola por el aspecto en el que hace mayor hincapié. Así, puede hablarse, según nuestro criterio, de definiciones *globales, funcionales y tecnológicas*.

A) **Definiciones Globales** son aquellas donde predomina la idea global y abstracta de la técnica. Se atiende a los objetivos generales de los SIG, sin especificar qué funciones realiza o los métodos concretos que utilizan. Son definiciones donde importa menos *el cómo y con qué*, e interesa más *el qué*.

Cuadro 1.1 Definiciones Globales

Los SIG, más que una tecnología, son un instrumento nuevo de percepción y comprensión del territorio (DE ABREU, 1996)
Un SIG es un intento más o menos logrado según los casos de constituir una visión esquemática de una realidad compleja (BOSQUE, 1994)
Un Sistema de Información Geográfica puede ser concebido como una especialización de un sistema de bases de datos, caracterizado por su capacidad de manejar datos geográficos, que están georreferenciados y los cuales pueden ser visualizados como mapas (BRACKEN AND WEBSTER, 1992)
Una base de datos espacializada que contiene objetos geométricos (CEBRIÁN, 1994)
Un SIG abarca tecnología de la información, gestión de la información, asuntos legales y de negocios, y conceptos específicos de materias de un gran abanico de disciplinas, pero es implícito en la idea de SIG que es una tecnología usada para tomar decisiones en la solución de problemas que tenga al menos una parte de componente espacial (MAGUIRE, GOODCHILD y RHIND, 1991)

² En algunos casos, cuando la definición se ha recogido indirectamente de bibliografía española se ha respetado la traducción indicando el autor que lo ha traducido.

(CASSETARI, 1993)

Vemos a un Sistema de Información Geográfica esencialmente como una herramienta para la investigación urbana y regional, análisis de políticas, simulación de actuaciones y planificación. Un SIG consiste en una base de datos que contiene datos referenciados espacialmente y, que como un LIS (*Land Information System*), tiene una serie de procedimientos y técnicas para la recogida, actualización y análisis de los datos (SCHOLTEN Y VAN DER VLUNGT, 1990)

Fuente: Elaboración propia a partir de los autores citados.

B) Las **Definiciones Funcionales** atienden a las tareas que pueden realizar. En principio estos sistemas deben servir para un objetivo básico que es la comprensión y uso de datos espaciales. La coincidencia en las funciones de los SIG es plena en casi todas las definiciones dadas por los distintos autores, siendo las más repetidas las siguientes: introducción, almacenaje, recuperación, análisis, modelado y representación. Aronoff (1991) las agrupa en cuatro grandes apartados: entrada de datos, uso de los datos, manipulación y análisis, y salida.

Cuadro 1.2 Definiciones Funcionales

Software utilizado para automatizar, analizar y representar datos gráficos georreferenciados y organizados según un modelo topológico (AESIGT, 1993)

Sistema computarizado que provee los siguientes cuatro conjuntos de operaciones para tratar datos georreferenciados: 1) entrada de datos; 2) uso de los datos (almacenamiento y recuperación); 3) manipulación y análisis; 4) salida (ARONOFF, 1991)

Un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos (BURROUGH y MCDONNELL, 1997)

Sistema para capturar, almacenar, validar, integrar, manipular, analizar y representar datos referenciados sobre la tierra (DOE, 1987)

<p>Un sistema de base de datos computarizados para captura, almacenaje, recuperación, análisis y visualización de datos espaciales (HUXHOLD, 1991)</p>
<p>Un Sistema de Información Geográfica es una colección de tecnología de la información, datos y procedimiento de captación de información, almacenamiento, manipulación, análisis y presentación en mapas y estadísticas sobre características que puedan ser representadas en mapas (HUXHOLD AND LEVISOHN, 1995)</p>
<p>Actualmente, puede ser considerado como SIG, los sistemas de <i>software</i> que incluyen cuatro funciones (entrada, almacenaje, manipulación, y análisis y representación); y debe realizar eficientemente las cuatro tareas (MARBLE, 1990)</p>
<p>Un sistema de <i>hardware</i>, <i>software</i> 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 (NCGIA, 1990)</p>
<p>Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, intercambiar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar y mostrar datos espacialmente referenciados a la tierra (RODRÍGUEZ PASCUAL, 1993)</p>
<p>Un SIG no es simplemente un sistema informático para hacer mapas, aunque pueda crearlos a diferentes escalas, en diferentes proyecciones y con distintos colores. Un SIG es una herramienta de análisis. La mayor ventaja de un SIG es que permite identificar las relaciones espaciales entre características de varios mapas. Un SIG no almacena un mapa en sentido convencional, ni almacena una imagen concreta o vista de una área geográfica. En vez de ello, un SIG almacena los datos a partir de los cuales se puede crear la escala deseada, dibujada para satisfacer un producto. En suma un SIG no contiene mapas o gráficos, sino una base de datos. El concepto de las bases de datos es central para un SIG, y es la principal diferencia entre un SIG y un simple graficador o sistemas informático de cartografía, que solo puede producir buenos gráficos (UNDERTANDING GIS, 1995 - traducción de Torres Alfosea, 1995)</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la autores citados.

C) **Definiciones Tecnológicas** serían aquellas que reflejan un interés especial por la técnica utilizada;

es decir, destacan el uso de la informática como medio para el fin último: la comprensión de los datos espaciales.

Cuadro 1.3 Definiciones Tecnológicas

Tecnología informática para gestionar y analizar la información espacial (BOSQUE, 1992)
SIG como denominación de bases de datos computadorizada que contiene información espacial (CEBRIÁN, 1988)
Modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas (RODRÍGUEZ PASCUAL, 1993)
Sistema digital para el análisis y manipulación de todo tipo de datos geográficos a fin de aportar información útil para las decisiones territoriales (TOMLINSON, 1984)

Fuente: Elaboración propia a partir de la autores citados.

No estaría concluso este apartado si no se esbozara una definición propia de los Sistemas de Información Geográfica. Una definición que viene apoyada en las lecturas y opiniones de numerosos autores, y también, porqué no, en la experiencia acumulada durante los últimos años en los que se ha estado trabajando con esta herramienta y con diferentes tipos de *software*. La definición no pretende ser el paradigma de la tecnología ni tampoco contribuir “a endulzar más la tarta del desconcierto” (TORRES ALFOSEA, 1995), sino exclusivamente centrar al lector y a nosotros mismos en el concepto sobre el que se trabaja. Un Sistema de Información Geográfica puede definirse como *un complejo sistema de hardware y software que tiene como objeto la comprensión y análisis de datos espaciales georreferenciados cuyo fin último es ayudar a las diversas actividades humanas donde los datos espaciales tienen un papel determinante*.

Además de las propiedades que se pueden extraer de las definiciones recogidas, incluidas en el texto o no, y de esta última, se deben señalar otros aspectos que resumen o añaden ciertos matices a lo expuesto hasta ahora y que caracterizan a los SIG.

1. La capacidad de visualización de información geográfica compleja a través de mapas.
2. La funcionalidad de los SIG como una base de datos sofisticada, en la que se mantiene y relaciona información espacial y temática.
3. La diferencia con las bases de datos convencionales estriba en que toda la información contenida en un SIG está unida a entidades geográficamente localizadas. Por ello en un SIG la posición de las entidades constituye el eje del almacenamiento, recuperación y análisis de los datos.
4. Son una tecnología de integración de información.
5. Se han desarrollado a partir de innovaciones tecnológicas habidas en campos especializados, de la geografía y otras ciencias (tratamiento de imágenes, análisis fotogramétricos, cartografía automática, etc.), para constituir un sistema único, más potente que la suma de las partes.
6. Permiten unificar la información en estructuras coherentes y aplicar a la misma una panoplia variada de funciones: análisis, visualización, edición, etc.
7. Este carácter integrador y abierto, hace de los SIG área de contacto entre variados tipos de aplicaciones informáticas, destinadas al manejo de información con propósitos y formas diversos; por ejemplo: programas estadísticos, gestores de bases de datos, programas gráficos, hojas de cálculo, procesadores de texto, etc.
8. Los límites y diferencias entre los SIG, los programas de diseño asistido (CAD), los de cartografía temática y los de tratamiento de imágenes son especialmente difusos. Aunque sus diferencias estriban sobre todo en el modelo de datos y en las capacidades de análisis de información espacial.

1.2 SIG y Geografía

El carácter interdisciplinar de los Sistemas de Información Geográfica es destacado por muchos autores (GUTIÉRREZ PUEBLA, 1994). Son innumerables las ciencias y disciplinas que aportan elementos a la construcción de un SIG o que necesitan de la información y los resultados que del uso de él se pueden obtener. Parece una obviedad afirmar que todas aquellas disciplinas que precisan expresar propiedades relacionadas con el espacio acaban usando herramientas cartográficas (NAVARRO PEDREÑO, J.; MATAIX SOLERA, J.; GUERRERO MAESTRE, C. y GÓMEZ LUCAS, I. 2000). Delimitar el contenido, naturaleza y ámbito científico de los SIG es una tarea problemática. Ello se debe,

en parte, a que la formación de los SIG procede de diferentes disciplinas científicas: geografía, ciencias ambientales, biología, economía, informática, ingeniería y otras, y también a la limitada aportación sobre la naturaleza de los SIG desde su propio ámbito. Unas veces la expresión "Sistemas de Información Geográfica" se utiliza en plural, para referirse, genéricamente, a todos los sistemas, otras veces se usa en singular para calificar a una aplicación concreta (un SIG para la gestión del agua, de los recursos naturales, etc.).

Pero si existe una disciplina que tenga una intensa y fructífera relación, tanto en el momento de su construcción como en el de su utilización posterior, ésta es sin duda la ciencia geográfica. Hay que añadir que su implicación con los SIG va más allá del préstamo del adjetivo 'geográfica'. Algunos autores han llegado a afirmar que los SIG están ligados a la geografía como la estadística a las matemáticas (GUTIÉRREZ PUEBLA, 1994).

Los SIG son cada vez más esenciales para la geografía. Sin atrevernos a calificarla como el paso más importante después de la invención del mapa (CHORLEY, 1987), si es posible afirmar que ha significado un cambio muy importante en el tratamiento de la información espacial. Su tecnología es para esta ciencia como el microscopio, telescopio o ordenadores para otras (GUTIÉRREZ PUEBLA, 1994). Y en cierta manera, el uso de esta nueva herramienta ha provocado la mejora de la reputación geográfica (GUTIÉRREZ PUEBLA, 1994), acusada demasiadas veces de falta de rigor científico en sus métodos y técnicas.

En otro orden de cosas, los SIG también han servido de catalizador de la dicotomía entre las áreas geográficas. Sin duda es un *lugar* donde se mezclan aspectos relacionados con la geografía humana, física, y por supuesto de análisis geográfico regional. Es a esta última área donde el papel integrador de los SIG beneficia con claridad meridiana. Es aquí donde los SIG evidencian su papel de elemento integrador (ABLER, 1993).

Hay autores que dan un paso más al calificar a los SIG como ciencia de la información geográfica (GOODCHILD, 1992; COMAS y RUIZ, 1993) frente a los que la identifican como

meramente instrumental. A pesar de las dos décadas de historia de esta herramienta sería algo apresurado elevarla al grado de ciencia.

1.3 Los componentes de los Sistemas de Información Geográfica. *Hardware y software*

Básicamente un SIG está estructurado por cuatro elementos fundamentales que son: *hardware*, *software*, datos y *liveware*³ (BARREDO, 1996)⁴. El vocablo ‘sistema’ aplicado a este conjunto de útiles informáticos denota un rasgo estructural en la relación existente entre las partes.

El *hardware* o el componente físico del sistema (BOSQUE, 1992) se compone de una plataforma de ordenador (estación de trabajo, PC, etc.) y una serie de periféricos englobados en dos grupos fundamentales: de entrada y de salida. En los primeros se pueden incluir las mesas digitalizadoras, los *scanners* (lectores *raster* o barreadores electrónicos) y el teclado; en los segundos, *plotter* o trazador, impresoras y monitores. Como grupo aparte, deben ser tratadas las unidades de almacenamiento. En ellas se pueden incluir desde una simple disquetera de 3.5' a grandes unidades de cinta o *CDrom*.

Tabla 1.1 Programas comerciales de Sistemas de Información Geográfica

Programa	Estructura datos	Año de aparición	Hardware sobre el que corre
Arcinfo	Vectorial	1982	Estación de trabajo / PC
Atlas Gis	Vectorial	1989	PC
GenaMap	Vectorial	1986	Estación de trabajo
Idrisi	Raster	1987	PC
Ilwis	Raster	1988	PC
Mapinfo	Vectorial	1987	PC
Microstation G	Vectorial	1987	PC
Smallworld	Vectorial	1990	Estación de trabajo
Spans Gis	Vectorial	1985	Estación de trabajo
Terrasoft	Vectorial	1984	PC

Elaboración propia a partir de datos GUTIERREZ PUEBLA y GOULD (1994).

³ En este trabajo se va utilizar como sinónimo de *hardware*, unidades físicas; y de *software*, programa informático.

⁴ Barredo (1996) extrajo la clasificación de Maguire (1991).

En cuanto al *software*, “es el encargado de realizar las operaciones y la manipulación de los datos” (BARREDO, 1996). La variedad de modelos depende de las diferentes casas comerciales que intentan introducir su producto. La facilidad de acceso, la capacidad de almacenamiento y procesamiento y la posibilidad de análisis complejos serán elementos esenciales a valorar en la calidad de un programa SIG. Cada vez es más numerosa la oferta de programas destacando algunos como Arcinfo, Idrisi, Mapinfo, Osu-Map, Erdas, etc.

Pero si importantes son los dos elementos citados, básicos resultan los otros dos que faltan en este análisis: los datos y los usuarios.

Los datos geográficos constituyen la base de todo el sistema; sin ellos no tiene sentido ni el *software* ni el *hardware*, ni siquiera los usuarios. La dificultad en la recogida de algunos y lo perentorio de su actualidad provoca que sea este elemento el más costoso de todos los componentes de un proyecto SIG. Los datos pueden consumir el 70 % de todo el presupuesto de un proyecto (BARREDO, 1996). El éxito del proyecto no está garantizado si no se tiene asegurada la actualización periódica de los datos. La dificultad en su representación es otro factor a tener en cuenta a la hora de organizar e introducir la información en el sistema.

Los usuarios también tienen un papel importante en la configuración estructural de un SIG. Todo está orientado para su uso. No tiene sentido una estructura bien montada que no esté pensada para ser utilizada por personal específico. Hay dos tipos de usuarios; los especializados y el público en general. Se denomina *especializados* a aquellos técnicos que trabajan con los sistemas en algunas de sus fases (introducción de datos, corrección, análisis, elaboración de cartografía, etc.), y que por ello deben tener una formación especializada; y *público en general* sería aquel que en algún momento tuviera que requerir información, sea la que fuese, de un SIG concreto. En este caso no se requiere una gran formación, y la adaptación debe estar en el sistema que debe ser ‘amigable’.

Hay que precisar que algunos autores⁵ añaden un elemento más a este cuerpo estructural, la metodología. El método estará determinado por un plan de trabajo que se diseñarán en función de unos objetivos marcados al iniciar el proyecto. Un mismo *software* puede variar al ser usado para temas distintos y por ello necesitar de métodos de trabajo distinto.

Ideas básicas del Capítulo 1

- “Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional, puesto que de forma automática permiten manejar datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y realizar procesos de información de tipo digital” (CONESA GARCÍA, 1996).
- Puede hablarse de definiciones *globales, funcionales y tecnológicas*.
- Un Sistema de Información Geográfica puede definirse como *un complejo sistema de 'hardware' y 'software' que tiene como objeto la comprensión y análisis de datos espaciales georreferenciados cuyo fin último es ayudar a las diversas actividades humanas donde los datos espaciales tienen un papel determinante*.
- Básicamente un SIG está estructurado por cuatro elementos fundamentales que son: *hardware, software, datos y liveware*¹ (BARREDO, 1996).

⁵ NAVARRO PEDREÑO, J., MATAIX SOLERA, J., GUERRERO MAESTRE, C. y GÓMEZ LÚCAS, I. (2000). Sistemas de información geográfica y medio ambiente. Cuaderno 2. Introducción a los SIG y teledetección. Murcia, Universidad Miguel Hernández.

Lecturas recomendadas

BOSQUE SENDRA, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid, Ed. Rialp.

Es quizás uno de los primeros manuales sobre Sistemas de Información Geográfica en español. A pesar de los casi diez años de antigüedad de la primera edición la obra no ha perdido vigencia. Los capítulos dedicados a los SIG *raster* tienen un alto nivel de detalle. La obra está dividida en cuatro bloques y veintinueve temas. La primera parte es introductoria y las tres restantes las dedica al análisis de los modelos *raster*, vectorial y digital de terreno. En definitiva una excelente obra de consulta.

Disponible Biblioteca UCA

BUZAI, G. D. (1999). *Geografía global*. Buenos Aires, Lugar Editorial.

Es un libro que intenta ayudar a entender las nuevas visiones que obtenemos del espacio a través del uso de las novedosas herramientas digitales de tratamiento de la información geográfica. El libro está dividido en seis capítulos donde sobresalen el primero y el último. El autor introduce y explica conceptos relativamente innovadores como geografía global o geotecnología. Es quizás un análisis conceptual del uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica.

Disponible Departamento

COMAS, D. y RUIZ, E. (1993). *Fundamentos de los sistemas de información geográfica*. Barcelona, Ariel Geografía.

Es, sin duda, con el manual anterior de Bosques Sendra (1992) uno de los principales manuales editados en español sobre los Sistemas de Información Geográfica. En este manual son destacables

tanto los siete capítulos que conforman el núcleo central de trabajo como los apéndices donde se incluyen desde un glosario de términos hasta un pequeño inventario de los datos geográficos existentes en ese momento en España. El paso del tiempo ha perjudicado en mayor medida a los apéndices, que a pesar de ello tienen el valor de mostrar al lector el estado de la cuestión en los primeros años de la década de los noventa.

Disponible Biblioteca UCA

REVISTA GEOEUROPE (1992-). Huntingdon, Geotec Media. [Http://www.geoplance.com](http://www.geoplance.com)

Es una de las primeras revistas sobre SIG que se publicaron en el ámbito europeo. Comenzó con el título de Gis Europe en 1992 y al finalizar la década cambió de nombre al actual. Existen diferentes apartados dentro de la revista entre los que destacan uno dedicado a la actualidad SIG europea, artículos sobre aplicaciones con Sistemas de Información Geográfica y otro dedicado a los eventos y últimas publicaciones. A pesar de su carácter comercial en algunos aspectos, nos ofrece una interesante panorámica de los SIG en los diferentes países europeos.

Disponible Biblioteca UCA

HUXHOLD, W. E. y LEVINSOHN, A.G. (1995) *Managing geographic information system project*. New York, Oxford University Press.

Es un manual que aborda el importante problema de cómo poner en marcha un Sistema de Información Geográfica en una institución u organización. El libro está dividido en ocho capítulos donde se abordan todos los aspectos relacionados con la posible implementación de un SIG en una institución o empresa. Se incluyen aspectos técnicos, económicos y formativos. Por último se aportan una serie de ejemplos muy ilustrativos sobre la realización de un proyecto SIG como son los casos de la Agencia de Cartografía Canadiense y la Administración Local de Scarborough también en Canadá.

Disponible Biblioteca UCA