

NECESIDADES ACTUALES DE DIVULGACION Y ENSEÑANZA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)

Miguel Calvo Melero

The present-day call for a teaching and spreading of systems of geographical information (SGI)

El actual desarrollo de los denominados Sistemas de Información Geográfica (SIG), tanto por parte del *hardware* (en su menor coste) como del *software* (en su mayor facilidad para su utilización), han causado una auténtica revolución en los conceptos de «mapa» y de «plano». El paso del tradicional documento sobre papel al actual contenido en la memoria de un ordenador es mucho más que un simple cambio de soporte. El desconocimiento de las posibilidades reales de los SIG hace que no se valoren en su justa medida las potentes herramientas que aporta para la gestión del territorio. La falta de técnicos especializados impide un desarrollo óptimo de los propios sistemas. De estas dos carencias nace la necesidad de «divulgación» (para el primer caso) y de «enseñanza» (en el segundo caso) dirigida a diversas personas dentro de la sociedad vinculada a la propia gestión de elementos con referencia geográfica.

The paper argues that the present state of development of the socalled Systems of Geographical Information (SGI) both as to its hardware (cost cuts) and software (improved handling access) has led to a thorough-going revolution in the concepts «map» and «plan». The step from the traditional paper-borne graphic to what a computer's memory can store betokens a deal more than a mere change in support substance. Ignorance of the true possibilities of SGI has led to a sub-estimating of those powerful instruments that these SGI could lend to any handling of territory whatsoever. A shortage of specialized personnel likewise cuts back on the possibilities of an optimum putting into use of all that can be offered by SGI. These twin shortfalls call for a greater «selling» of these techniques to answer the first deficiency and for training in them to meet the second. Both drives should be directed towards that king of person in society most closely tied in with such areas of administration as have most to do with matters geographical.

1. INTRODUCCION

La referencia geográfica de diversos datos en posesión de municipios, administraciones y empresas dedicadas a la ingeniería, la gestión del territorio o los estudios del medio ambiente era un nexo de unión que siempre se había contemplado como una interesante posibilidad para el tratamiento de las Bases de Datos o Informaciones implicadas en todos los campos mencionados; sin embargo, los planos o mapas tradicionales, que son los documentos base de la información, no resultaban capaces para abordar de forma útil el gran volumen de información que puede llegar a «geo-referenciarse».

La «Geomática» como parte de la «Infografía» se ha ocupado del problema mediante la creación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (conocidos frecuentemente por sus siglas en inglés GIS-Geographic Information System). La aparición de máquinas informáticas capaces de almacenar y procesar gran cantidad de datos, así como el desarrollo de Bases de Datos Gráficas, alfanuméricas o mixtas, ha llevado a estos sistemas a ocupar un lugar destacado en todas aquellas entidades cuyo ámbito de aplicación esté relacionado con el territorio.

Al final de los años sesenta se introducían en el mercado los primeros programas de dibujo asistido por ordenador (conocidos como CAD). Desde aquellos primeros programas hasta las actuales aplicaciones ha transcurrido un tiempo relativamente corto como para que la sociedad en general sea capaz de asimilar conceptos ac-

Miguel Calvo Melero es Profesor de Cartografía y Cartomática de la Universidad del País Vasco. Director del proyecto de Sistemas de Información Geográfica de EUSKOIKER Y AUDIFILM.

tualmente ligados a este tipo de lógica, como bases de datos relacionales, orientadas a objetos, topología geográfica, mapa continuo, etcétera.

No obstante, el conocimiento de estos conceptos no tiene por qué interesar a todas las personas relacionadas con las entidades y empresas vinculadas al análisis geográfico. Es evidente que la persona en la que pueda recaer la misión de seleccionar un Sistema de Información Geográfica no tiene por qué ser un experto usuario del mismo, si bien debe poder «discriminar» o distinguir qué es lo que puede esperarse de cada uno, y si se adapta a sus necesidades concretas de gestión.

Existirá, por otra parte, un grupo de personas encargadas de trabajar con el sistema adquirido, a los que podrá considerarse como «expertos», y serán aquéllos que «exploten» de una u otra forma esos datos geo-referenciados.

Es por ello por lo que debe distinguirse entre «divulgación» sobre Sistemas de Información Geográfica orientada a los primeros y «enseñanza» o especialización dedicada a los segundos.

Los Sistemas de Información Geográfica han «revolucionado» el concepto tradicional de «mapa». Las Entidades y profesionales que producen cartografía, los que utilizan los mapas como soporte de información o todos aquéllos que realizan análisis a través de mapas y planos, están acostumbrados a «leer» o analizar estos documentos. Cada uno de ellos tendrá un conocimiento mayor o menor de los procesos relacionados con la cartografía. El mayor o menor conocimiento de los sistemas de los que tratamos en este artículo deberá ser proporcional al de cartografía necesario para realizar los mencionados trabajos.

No se puede por tanto simplificar el grado de relación con los SIG en tan sólo dos grupos, los que lo deben conocer y los que deben saberlo utilizar. Entre estos dos extremos se situarán muchos profesionales que se acercarán a uno u otro grupo en función de sus propias necesidades.

Es frecuente encontrarse en algunas oficinas programas adquiridos como supuestos SIG que a pesar de la existencia de personal especializado no se extrae de ellos más utilidades que las de un simple programa de dibujo asistido por ordenador (CAD). En otras ocasiones lo que se encuentra son auténticos Sistemas de Información Geográfica empleados como sustitutos de los antiguos «planeros» al no existir personal capacitado para extraer de ellos el rendimiento esperado. Estos dos extremos se deben a dos errores frecuentes: el desconocimiento de los SIG y la falta de personal cualificado capaz de explotarlo.

La divulgación y la enseñanza de estos sistemas es un paso importante que debe tenerse en cuenta para la obtención de resultados óptimos y la perfecta adecuación de costosos equipos a fines muy concretos.

Esta divulgación de programas especializados a personas que no están familiarizadas con la técnica de que se trate suele ser bastante pro-

blemática. En este artículo se muestran gráficos que se intentan aproximar a la temática de los SIG a niveles de comprensión sencillos que sirvan como introducción. Precisamente la divulgación es la que requiere un mayor «simbolismo» que haga fácil entender el concepto de SIG. Este artículo intenta comentar algunos aspectos que evidencien la falta de conocimiento de diversos aspectos relacionados con los SIG.

2. LA DIVULGACION

¿A quién debe orientarse la divulgación?

La divulgación se orienta a aquellas personas que sin ser usuarios de un SIG tienen alguna responsabilidad en empresas o entidades que están interesadas en poseerlo, y del que esperan obtener una explotación importante.

La decisión errónea en cuanto a la adquisición de un SIG provocará un esfuerzo añadido para el personal técnico directamente encargado de trabajar con el sistema, que puede limitar seriamente las posibilidades del mismo.

Otro grupo importante al que debe dirigirse la «divulgación» es a todos aquellos usuarios de mapas o planos de cualquier tipo (geográfico o temático), a aquéllos que si bien no producen «documentos cartográficos» sí que les resultaría interesante conocer las «soluciones» que puedan aportarles los SIG. Será el caso, por ejemplo, de aquellos técnicos (geógrafos, geólogos, urbanistas, etc.) que precisan la realización de una gestión geográfica, pero que no tienen por qué ser necesariamente usuarios expertos de los sistemas. Deben conocer no obstante qué tipo de análisis puede llevar a cabo la parte lógica del SIG.

Estamos aquí ante un caso ya frecuente en el mundo cotidiano actual. Al igual que un negocio de cualquier tipo contrata los servicios de una empresa para que le lleve la contabilidad de la misma, un organismo que requiera la realización de una gestión geográfica puede contratar los servicios de una empresa especializada. En ambos casos el conocimiento que debe tener la empresa contratante del trabajo no es necesario que sea especializado, pero sí que deben saber qué tipo de contabilidad o de gestión desean que se les realice.

3. ¿QUE DEBE DIVULGARSE?

3.1. Clases de sistemas

Una de las primeras cosas que deben conocerse son los distintos tipos de sistemas que han ido apareciendo en el mercado. En la figura 1 vemos un esquema de los distintos sistemas que existen en la actualidad recurriendo a un símil de transporte.

Los Sistemas de Dibujo Asistido por Ordenador son Bases de Datos gráficas, es decir, son

conjuntos de datos que gestionados por un programa contienen un dibujo. Son los más parecidos a los mapas clásicos. No permiten una «lógica geográfica», es decir, no se puede realizar con ellos «búsquedas» u operaciones topológicas complejas. Frecuentemente se los denomina «dibujos tontos». Sin embargo son la base de todos los demás sistemas que veremos a continuación.

Los Sistemas de Cartografía Automática y Facilidades de Gestión son, por una parte, análogos a los anteriores (es decir, bases de datos gráficas) pero tienen también una base de datos alfanumérica que coexiste con la gráfica. Se entiende como base de datos alfanumérica a aquellos conjuntos de datos compuestos de letras y números que gestionados por un programa pueden ser manipulados (ordenados, seleccionados, etc.) y se conocen como «ficheros» por su analogía con las tradicionales fichas.

Finalmente se entienden por Sistemas de Información Geográfica a aquellos sistemas capaces de contener bases de datos gráficas, bases de datos alfanuméricas con una estructura «topológica» y gestionados por un programa único.

3.2. Principales características de los sistemas

Después de describir someramente cada uno de los Sistemas pasaremos a describir cuáles son las diferencias más destacables entre cada uno de ellos.

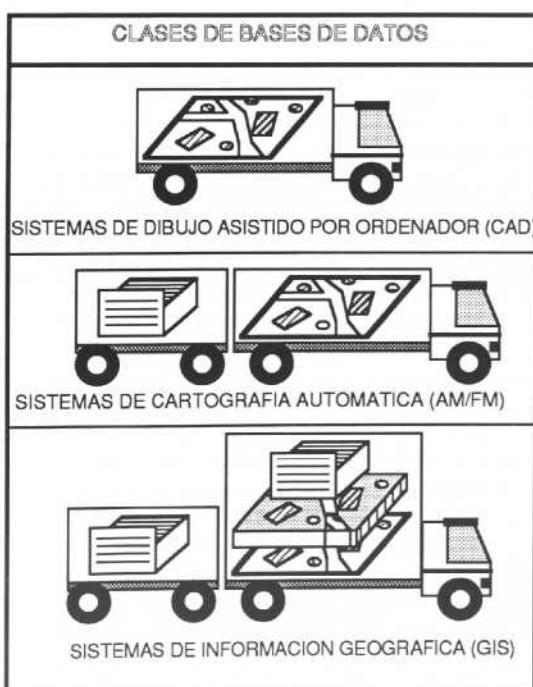


FIG. 1. Tipos de sistemas.

Uno de los primeros aspectos a contemplar es la «captura de la información». Este proceso puede resultar uno de los más importantes. Con frecuencia se olvida que el precio de obtener la información es muy superior al de los equipos informáticos necesarios para procesarla. En la figura 2 se muestra un gráfico de costes de adquisición de datos para una superficie de 2.500 hectáreas comparado con el coste de adquisición de un equipo que pueda contener dicha información. No todos los sistemas poseen posibilidades de captura de la información geográfica y en muchas ocasiones debe recurrirse a capturar la información con un sistema (por ejemplo, a través de un CAD) y pasarlal posteriormente al SIG. Esto supone un coste añadido, no sólo por ser necesario poseer dos sistemas, sino además, como veremos más adelante, por ser necesario «estructurar la información».

Otro aspecto que debe considerarse son las posibilidades de formación de estructuras lógicas que constituyan la propia «topología del sistema». Con la formación de estas estructuras entramos en lo que puede llamarse la «inteligencia del mapa», o el posibilitar al mismo ser algo más que un simple dibujo sobre la pantalla de un ordenador. Un edificio aparecerá, por ejemplo, sobre un plano como un polígono cerrado con color rojo (sistema de CAD). La estructura lógica de ese edificio se llevará a cabo en dos niveles. Un primer nivel, al añadir datos alfanuméricos a ese dibujo. Datos como por ejemplo: el número de pisos y viviendas, el nombre de los propietarios, el número de vehículos que caben en el garaje, etc. Estos datos quedarán directamente relacionados con el dibujo, de forma que puedan aparecer o listarse cuando se señale con cualquier sistema sobre el edificio que aparece en la pantalla (sistemas FM/AM).

El segundo nivel se producirá con la denominada «topología del sistema». Esto representa que un elemento por estar situado en ese lugar del plano (en correspondencia con su ubicación sobre la superficie de la Tierra) pertenecerá, por ejemplo, a una determinada parcela, una determinada manzana, un distrito postal, un tipo de suelo, etc. Pero todas estas características es importante resaltar que no figuran en ninguna ficha o dato alfanumérico relacionado con el elemento. El sistema los extraerá por superposición de



FIGURA 2

ESTRUCTURA DE LA INFORMACION BIDIMENSIONAL EN UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA

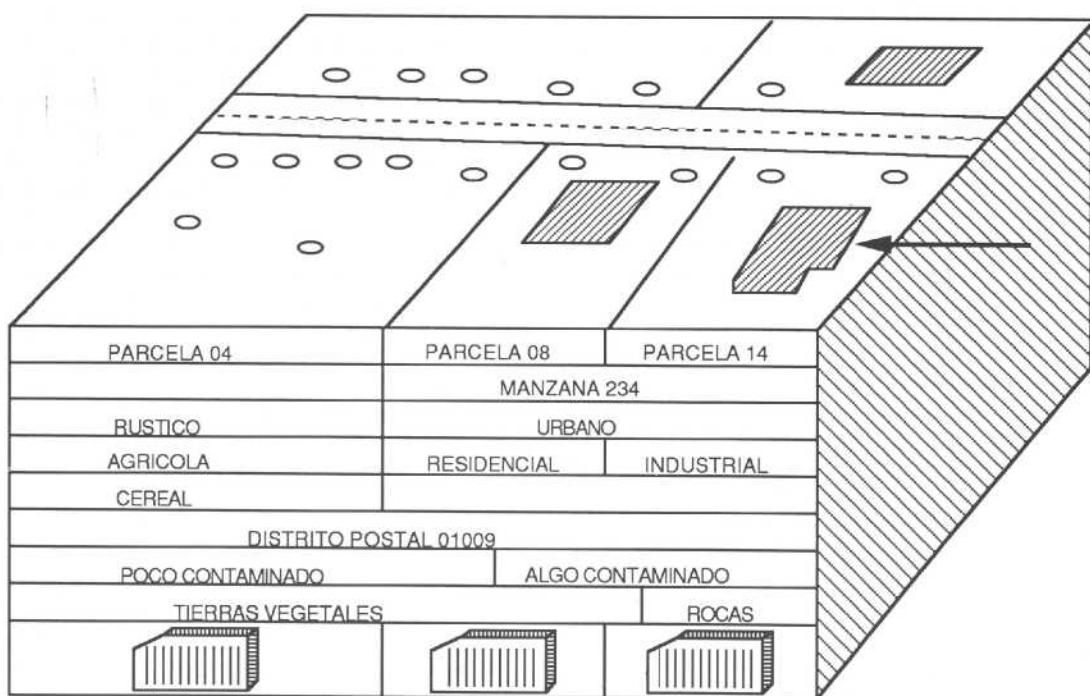


FIGURA 3

superficies o entidades. Esto es lo que constituye la topología del sistema y esto es una característica única de los SIG.

En la figura 3 podemos ver gráficamente lo que supone este concepto. Si solicitamos información sobre el edificio señalado con una flecha obtendremos que está en la parcela número 14, la manzana 234, en suelo urbano industrial, sin cultivar, distrito postal 01009, algo contaminado, y suelo de rocas. Además poseeremos otros datos que estarán contenidos en la ficha relacionada con ese edificio (propietarios, etc.). La ventaja de esta estructuración consiste no sólo en ahorrar mucho espacio en la memoria interna del ordenador que contiene el plano, sino además que si se altera por cualquier causa alguno de los límites que definen las características geográficas (tipo de suelo, cultivos, parcelas, distritos, etc.) el elemento al ser consultado por el programa nos listará sus datos actualizados sin necesidad de comunicar al elemento ese cambio (la ficha del elemento no contendrá ninguno de esos datos). Es muy importante resaltar que nosotros le daremos al Sistema tan sólo la situación de los límites de edificios, manzanas, parcelas, etc... y él se encargará de obtener las relaciones de pertenencia existentes entre ellos.

Otro tema es la creación de topología tridimensional. Los elementos geográficos poseen una

definición planimétrica (coordenadas X e Y) que definirán su situación sobre el espacio. Los mapas geográficos representan normalmente una tercera dimensión que son las altitudes o elevaciones sobre el nivel del mar. Pero existen otra serie de datos susceptibles de ser representados tridimensionalmente y que interesan en muchas ocasiones para la realización de diversos análisis. Por ejemplo las presiones, las temperaturas, el número de horas de sol, etc. Son fenómenos susceptibles de ser representados mediante las llamadas «isolíneas» (por ejemplo, las altitudes se representan mediante curvas de nivel o isohipsas). Los Sistemas pueden tener la capacidad de creación y manipulación de datos tridimensionales con estructura topológica análoga a la descrita anteriormente. Algunos sistemas de CAD y de AM/FM poseen la capacidad de crear modelos digitales en tres dimensiones. Tan sólo los SIG pueden manipular esta información de forma topológica.

La posibilidad de realizar análisis geográficos puede verse muy mermada si los Sistemas no son capaces de contemplar los aspectos tratados anteriormente. Precisamente esa posibilidad es la que hace «útil» el SIG. Un análisis geográfico simple puede hacerse fácilmente sobre un plano o mapa dibujado en papel, pero el nivel que puede llegar a alcanzarse mediante los SIG

superá en mucho el de un documento gráfico. Responder a una pregunta, teniendo en cuenta, por ejemplo, todo un país, del tipo:

señalar las parcelas situadas entre 200 y 300 m de altitud sobre el nivel del mar, que están a más de 50 m de la orilla de un determinado río y a más de 100 m de cualquier otro elemento hidrográfico, que sean de propiedad estatal y situados en terreno rural y con una precipitación media de lluvia que no supere los 500 l por metro cuadrado

puede resultar absolutamente inabordable con procedimientos tradicionales. Para un SIG no debe costar más que algunos minutos.

Un problema mencionado anteriormente es el del traspaso de información de un dibujo CAD a un SIG y viceversa. En la figura 4 vemos cómo se realiza, volviendo al símil del transporte, la transferencia de datos CAD-SIG. Los datos que estarán sobre el mapa digital será necesario estructurarlo topológicamente, lo que supone realizarlos prácticamente de nuevo. En la actualidad existen ya empresas encargadas de realizar esta labor de «cargado de estructura topológica».

En la figura 5 vemos lo que sucede en el caso contrario. Pasamos de un SIG a un CAD o a un AM/FM. Esta transferencia de información suele ser frecuentemente empleada para intercambiar mapas entre sistemas. Su principal problema es la pérdida de la propia estructura. Si esta trans-

ferencia se realiza para pasar de un SIG a otro puede constituir un grave error y perderse numerosas horas de trabajo.

4. ¿QUE ES UN SIG EN LA ACTUALIDAD?

Se suele definir frecuentemente a un SIG como a un sistema capaz de:

- Capturar información.
- Almacenarla.
- Gestionarla.
- Realizar análisis geográficos.
- Producir documentos cartográficos.
- Producir documentos alfanuméricos con relación geográfica.

Un primer contacto con el SIG puede hacerse observando la figura 6.

En este esquema vemos que mediante un proceso de «ABSTRACCION» obtenemos, de forma análoga a la creación de un mapa, una representación del mundo real que nos servirá como documento básico sobre el que relacionar la información.

La sucesión de fases, anteriormente expuestas al tratar de los tipos de sistemas existentes, termina en las posibilidades de ideas o hipótesis consecuentes al análisis geográfico. Estos últi-

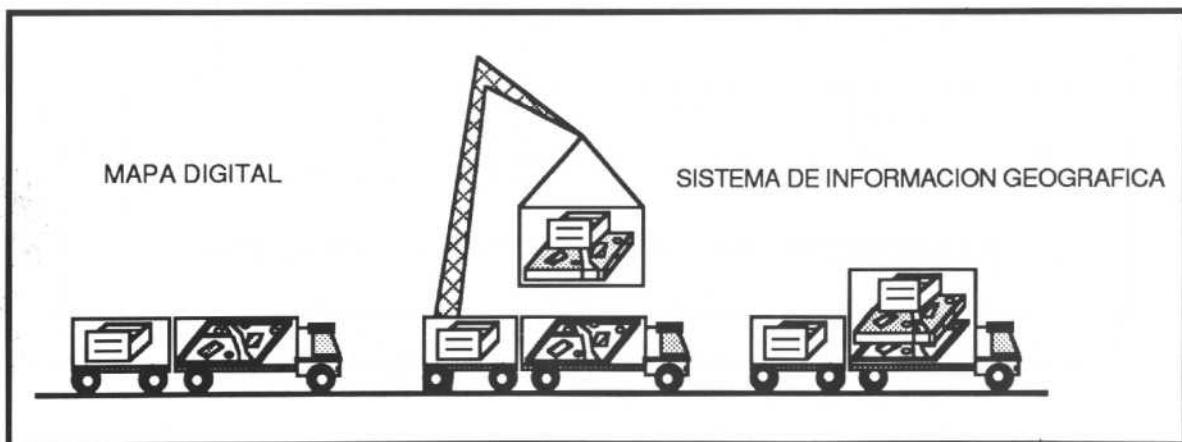


FIGURA 4



FIGURA 5

CONCEPTO DE SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA

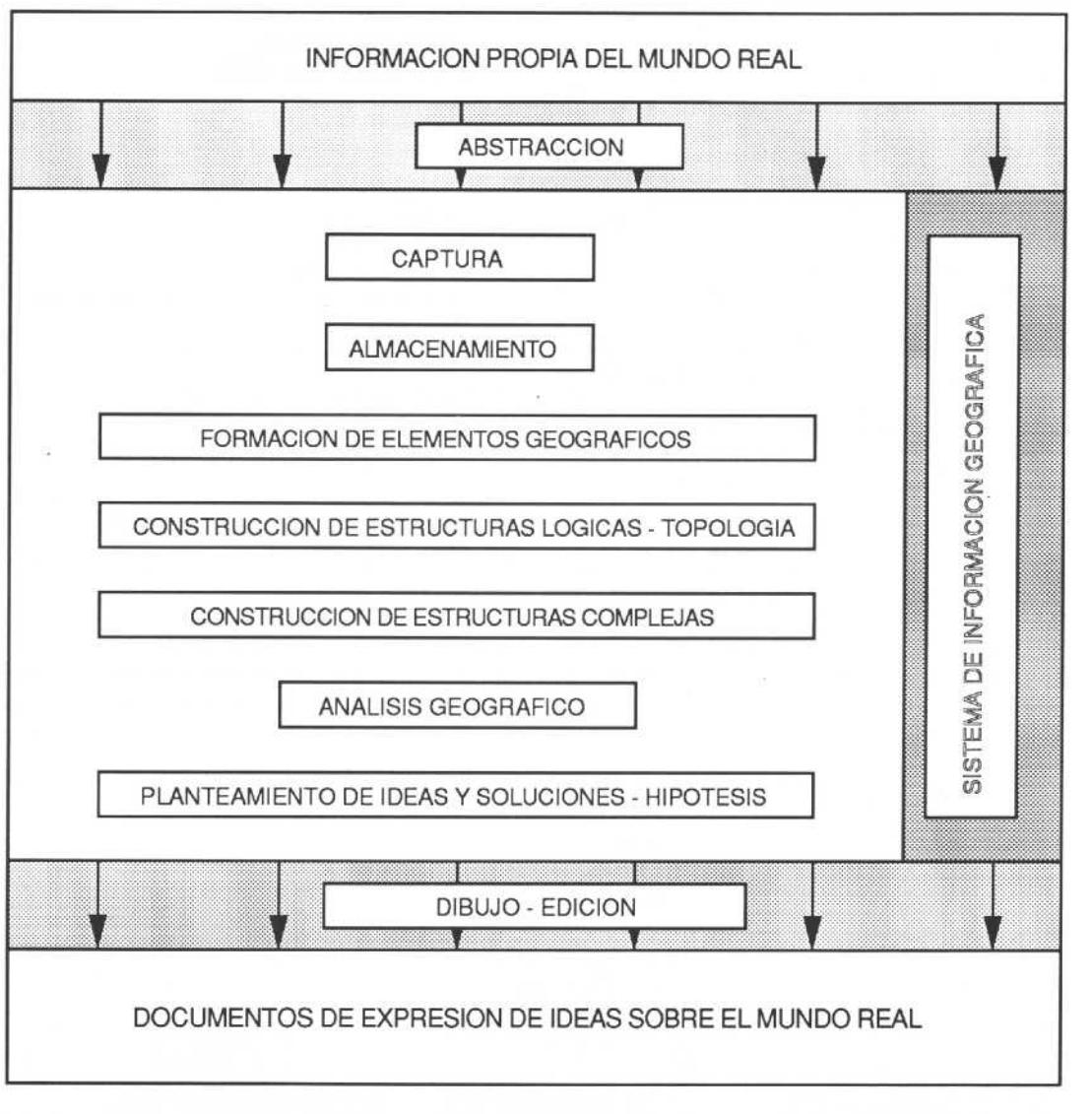


FIGURA 6

mos se plasmarán normalmente en dibujos o listados que aludirán a ese mundo real utilizado como base.

En las siguientes figuras intentaremos adentrarnos más en detalle en los Sistemas de Información Geográfica contemplando tres aspectos principales:

- La captura y estructuración de la información.
- Las posibilidades de gestión.
- Las aplicaciones añadidas a los propios SIG.

En la figura 7 se describen las posibilidades de captura y creación de topología.

La forma en la que se realiza el proceso de «abstracción» dependerá de los datos que po-

seamos de Mundo Real, de las escalas a las que se desee trabajar, etc... Las fuentes de información son, como puede verse:

- Fotogrametría.
- Teledetección.
- Topografía.
- Cartografía existente.

Como se ha mencionado en párrafos anteriores algunos Sistemas dedicados a la gestión geográfica pura olvidan incluir posibilidades de captura de la información, lo que afecta de forma directa a la propia gestión, ya que el mapa o plano es un documento que envejece (su contenido) y precisa de continuas revisiones y actualizaciones.

El levantamiento de un nuevo mapa es siempre más costoso que la utilización de uno ya existente, si bien un territorio representado está sujeto al factor «tiempo» y a la escala. Un adecuado asesoramiento en estos aspectos acercará el coste estimado de un Sistema (con la adquisición del mapa incluida) al real, y evitará errores cartográficos de gestión. Visualizar un mapa en la pantalla del ordenador a una escala mayor que la del documento original es muy fácil (por ejemplo, visualizar a escala 1:500 un documento realizado a escala 1:1.000) pero cartográficamente es un error realizar esa ampliación. Puede compararse aquí el mapa con una grabación musical en un disco (fig. 8). Si disponemos de una grabación mala de una determinada música, y si disponemos además de un equipo musical de alta calidad, la reproducción musical no puede en ningún caso mejorar la grabación inicial.

En el caso de la cartografía sucederá lo mismo. Si disponemos un mapa original de escala (calidad) 1:5.000, a través del SIG podemos producir documentos a escala 1:500. No obstante, el SIG no puede mejorar la calidad del plano original, por lo que el documento final será muy malo para la escala a la que se dibujó (1:500).

El aumento de escala es tan sólo algo realizable, sin implicar mejoras en la posición real de los puntos que definen los elementos geográficos.

Algunos Sistemas incluyen módulos que calculan las libretas topográficas y crean las nubes de puntos sobre la pantalla (entrada directa a partir de datos topográficos).

Todo Sistema deberá incluir la posibilidad de «creación de elementos» a partir de entidades geográficas, dándoles además su correspondiente estructura topológica dentro de la Base de Datos.

En la figura 9 se describen las posibilidades mínimas de gestión del SIG.

Un Sistema deberá poseer unos «parámetros» que controlen la propia ejecución del programa. Estos parámetros deben estar adaptados a las normas cartográficas del lugar en el que se instalará (por ejemplo, en Europa debe poder trabajarse con el Sistema Métrico Decimal y con origen de ángulos en el Norte).

Debe ser realizable mediante estos parámetros «proteger» la información para evitar modificaciones no deseadas en los datos básicos y limitar el acceso a determinadas informaciones a personas no autorizadas.

NUCLEO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA I - CAPTURA FORMACION Y TOPOLOGIA DE DATOS

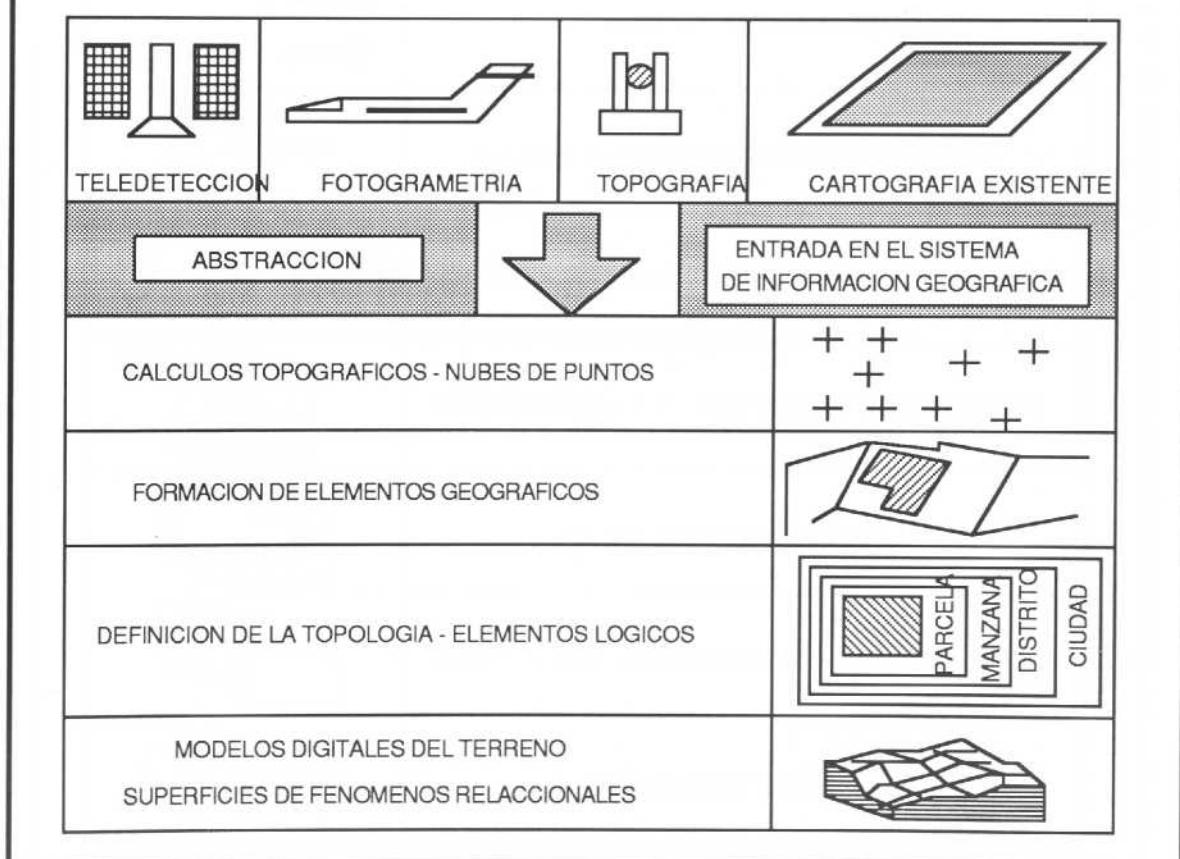


FIGURA 7

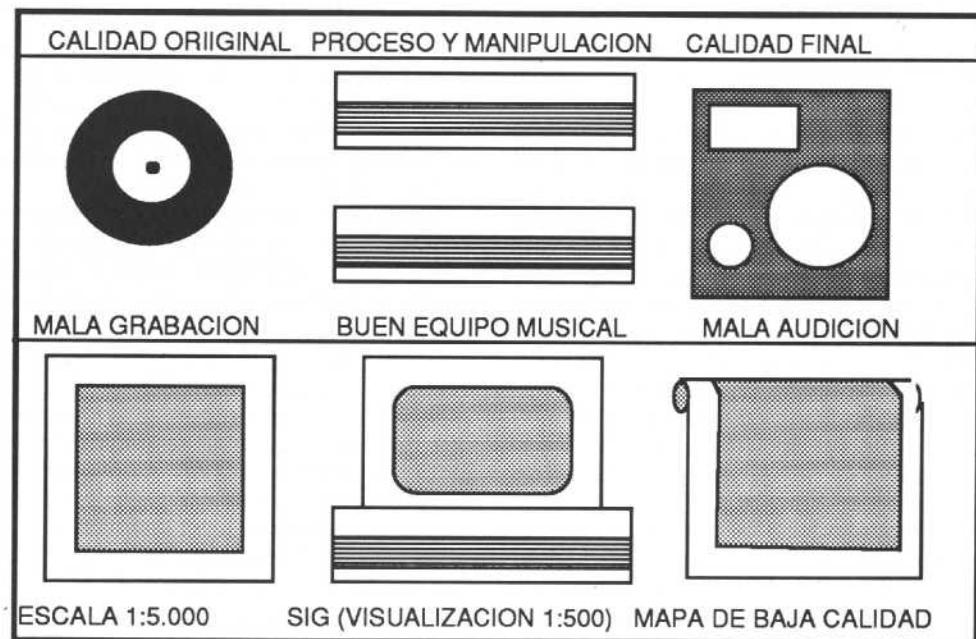


FIGURA 8.

NUCLEO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA
II - COMUNICACION CON EL USUARIO - GESTION GEOGRAFICA

PARAMETROS DEL SISTEMA	
UTILIDADES DE ENTRADA DE INFORMACION	
POSIBILIDADES DE COMUNICACION CON EL USUARIO	
PROCEDIMIENTOS (LENGUAJE DE PROGRAMACION)	
BUSQUEDAS GEOMETRICAS	
BUSQUEDAS ALFANUMERICAS - SELECCIONES	
BUSQUEDAS TOPOLOGICAS	

FIGURA 9

NUCLEO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

III - OTRAS APLICACIONES Y UTILIDADES

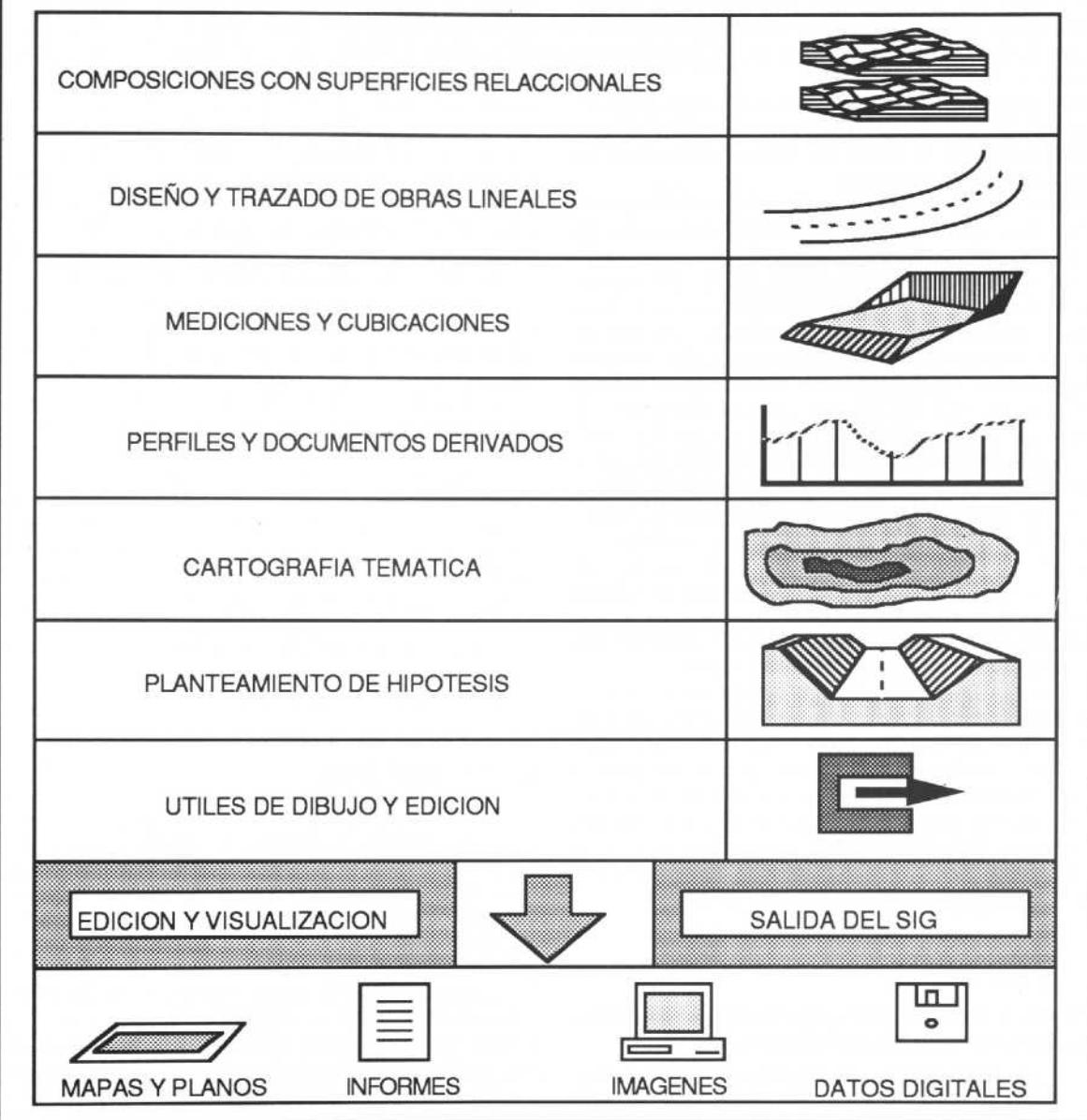


FIGURA 10

Las posibilidades de comunicación del usuario se refieren a la facilidad de diálogo hombre-máquina (en ambos sentidos) tan necesaria en la explotación del Sistema. Esta comunicación se suele realizar mediante menús de pantalla, tableta o incluso teclado. Aspectos tan importantes como el «idioma» en el que se produce el diálogo se olvidan con frecuencia y limitan de alguna forma el número de personas que pueden acceder al Sistema. Un idioma distinto al del usuario directo «retrasa» el aprendizaje y ralentiza el propio proceso.

Los Sistemas se instalan en lugares en los que cada vez con más frecuencia se encuentran personas con conocimientos informáticos. El disponer de un lenguaje de programación propio del SIG les permite realizar aplicaciones no contempladas o no consideradas interesantes para el fabricante y por tanto «personalizar» el Sistema de forma que se adapte mejor a las propias necesidades del lugar en el que se encuentre. Es, pues, una herramienta de gran utilidad.

La Gestión Geográfica se realiza a partir de las denominadas búsquedas o selecciones. Se

trata de confeccionar una cartografía temática bastante especial y poderosa. El Sistema producirá documentos que serán la respuesta a preguntas relacionadas con distancias, cotas, temperaturas, etc. (búsquedas geográficas); producirá mapas con condiciones topológicas o de relación entre superficies (búsquedas complejas), etcétera.

Las consultas serán con condiciones geométricas (sobre la Base de Datos gráfica), alfanuméricas (sobre la Base de Datos alfanumérica) o mixtas (sobre ambas).

Pero si hemos mencionado al principio que el SIG había revolucionado el propio concepto de mapa no podemos detenernos en un simple análisis geográfico. Otros trabajos como el trazado de carreteras o la realización de obras de todo tipo, puede beneficiarse también de estas posibilidades de manipulación de cartografía. En la figura 10 podemos observar otras aplicaciones adicionales de los SIG, en las que aprovechando la potencia de gestión del Sistema se proyectan hipótesis que afectan a fenómenos geo-referenciados.

Estas utilidades, no siempre presentes en los SIG, son bastante importantes para algunos usuarios. Tal es el caso de municipios de tamaño medio, en los que además de las necesidades de Gestión Geográfica, existen otros que afectan a servicios técnicos tales como trazado de viales, cubicaciones, estudios de coste de movimientos de tierra, etc. Utilidades posibles de realizar con otros programas específicos, pero también con aprendizajes y técnicas para cada tema en concreto, lo que supone una mayor complejidad.

Parece lógico que ya que se posee un plano o mapa absolutamente digital y estructurado y de un programa capaz de gestionar esa información se estudie la posibilidad de realizar los proyectos e hipótesis sobre ese documento, tal y como se viene haciendo sobre los planos en papel.

5. APRENDIZAJE

Pueden considerarse, de cara al aprendizaje, dos tipos de usuarios fundamentales:

- Los dedicados a la explotación del sistema.
- Los dedicados a la ampliación, conservación y complementación o mantenimiento del sistema.

Para los primeros bastará con que conozcan la utilización del diálogo con el ordenador mediante los menús que se posean. Por ejemplo, si el SIG está instalado en una estación de bomberos, policía o servicios de redes, no será preciso disponer de personal muy especializado, sino tan sólo de operarios capaces de realizar una gestión sencilla totalmente orientada a los servicios mencionados. Otros usuarios algo más especializados serán aquéllos que trabajen en temas concretos más relacionados directamente con la cartografía (geógrafos, ingenieros, geólogos, urbanistas, etc.) que emplearán el Sistema para gestiones diversas, pero que no tienen por qué ser especialistas en el propio SIG, basta con que sepan manejarlo.

Sobre los segundos recae un trabajo fundamental para el correcto funcionamiento del Sistema. Sus conocimientos deben abarcar desde la Cartografía hasta la Informática. Su labor consistirá en la creación de estructuras topológicas de las entidades, la creación de menús para los diferentes usuarios, la confección de programas que resuelvan aplicaciones concretas en el lenguaje del SIG, la conservación del documento base o mapa y de los datos alfanuméricos asociados, la renovación de partes del mencionado documento, etcétera.

Algunos organismos, ante la complejidad de encontrar técnicos con esos conocimientos específicos, optan por contratar a equipos de profesionales (por ejemplo, Ingenieros Técnicos en Topografía e Ingenieros Informáticos). En todo caso tanto unos como otros deben especializarse dentro del propio Sistema que se posea si se desea obtener unos resultados óptimos.

El soporte técnico que aportan las empresas de Informática en la preparación de los especialistas y las posteriores consultas y manutención del programa es también un aspecto fundamental en la consideración de si un SIG es o no adecuado. En los primeros momentos de «puesta en marcha» es imprescindible disponer de una línea directa para consultas con los distribuidores.

No es posible en este artículo adentrarse mucho más en cómo debería ser la enseñanza, ya que ésta dependerá de muy diversos factores, tales como lugar en el que se instala, objetivos, tipos de SIG, personal, etcétera.

6. CONCLUSION

Los SIG ante la Sociedad son en este momento bastante desconocidos, incluyendo a muchos de los técnicos implicados en la Gestión Geográfica. Una adecuada divulgación de los Sistemas puede evitar «frustraciones» frecuentes tras la implantación de los mismos en empresas u organismos diversos.

La enseñanza de estos Sistemas y la preparación de los técnicos capaces de explotarlas de forma óptima implica tanto a las propias empresas comercializadoras como a las universidades.

Los diferentes grados de conocimiento de los SIG implican un gran número de técnicos con especialidades muy diversas, las aplicaciones y su utilidad dependerán de forma directa de su grado de preparación.

En la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos en Topografía, perteneciente a la Universidad del País Vasco, hemos incluido asignaturas como Introducción a la Informática o Cartomática, con objeto de que los alumnos se familiaricen con el trabajo con mapas digitales y Sistemas de Información Geográfica. Estamos seguros de que un buen número de carreras universitarias incluirán asignaturas relacionadas con esta nueva visión de la cartografía.

Los SIG sustituyen con ventajas a los antiguos planeros, el reto actual consiste en no quedarse en el mero cambio de papel por el monitor del ordenador y extraer de ellos la totalidad de sus posibilidades.