

INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Michael Gould

Departamento de Informática
Universitat Jaume I
12071 Castellón de al Plana
gould@inf.uji.es

INTRODUCCION

Esta comunicación aporta una visión de conjunto sobre algunas de las innovaciones más importantes durante los últimos años en el campo de los sistemas de información geográfica (SIG). Este repaso está basado en varias fuentes, desde los últimos congresos internacionales, hasta la prensa popular, pasando por los borradores de la Comisión Europea que definen la estrategia de investigación y desarrollo (I&D) dentro del llamado Quinto Programa Marco, que comenzará a principios de 1999.

El autor, reconoce desde el principio las siguientes limitaciones, relativas a la elaboración de dicha visión de conjunto:

- La tecnología SIG, como el resto de las tecnologías de la información (TI) está evolucionando tan rápidamente que esta exposición será pronto obsoleta e irrelevante;
- Muchas de las interesantes evoluciones tecnológicas que afectan a los SIG no tienen nada que ver directamente con los datos geográficos, sino que afectan igualmente a todos los campos relacionados con los sistemas de información;
- La tecnología, *per se*, quizás no sea la parte más interesante de los SIG desde la perspectiva del geógrafo.

Reconocemos además, que las tecnologías SIG son meramente servidoras de la geografía cuantitativa, y no al revés. El SIG -como el teléfono y el correo electrónico- es una herramienta que nos ayuda a hacer nuestro trabajo un poco más fácil, más completo y, en el mejor de los casos más provechoso. El trabajo del geógrafo cuantitativo no está, o no debería estar centrado en el manejo maquinaria electrónica, sino en estudiar el planeta, planificar espacios urbanos y rurales y soportar una amplia gama de toma de decisiones orientadas geográficamente. Las decisiones son facilitadas por la información, por los sistemas de información que -cuando se diseñan correctamente- pueden facilitar información de mejor calidad y más oportuna, y los SIG se especializan en aquella información geográficamente referenciada. Por lo tanto, un SIG no toma decisiones (y no valida teorías), meramente facilita estos procesos. Las recientes innovaciones han hecho los SIG más potentes, populares y fáciles de utilizar, posibilitando que ahora los manejen profesionales de muchas y variadas disciplinas, desde dirección de empresas hasta agricultura de precisión.

De las muchas innovaciones que se pueden mencionar, tratamos las siguientes en esta comunicación:

- Imágenes espaciales
- Internet
- Interoperabilidad
- Computación móvil
- Visualización 3-D
- El futuro: direcciones de la investigación

IMÁGENES ESPACIALES

El 25 de abril de 1998, se rompió un muro de contención en las minas de Aznalcóllar en Andalucía, derramando líquidos tóxicos en un río cercano y causando uno de los mayores desastres ecológicos de la historia de Europa. Como respuesta al derrame tóxico, la Consejería del Medio Ambiente de dicha comunidad consultó los archivos de imágenes de satélite del área, para obtener una vista de pájaro de la situación y para apoyar los esfuerzos de toma de decisiones. Encontraron imágenes de varias resoluciones (y rangos espectrales) y también fotos aéreas tomadas a baja altitud y corregidas geométricamente. Sin embargo, toda esta información, tenía un gran fallo: Mostraba el área de Aznalcóllar *antes* del derrame, así que no proporcionaba información sobre el estado actual del medio ambiente.

Dada la importancia del suceso, la Consejería fue autorizada a contratar el sobrevuelo de la zona y la toma de fotografías aéreas en color para soportar la producción mediante ortofotos de cartografía a escala 1:10.000, un proceso que todavía se está llevando a cabo en este momento (tres meses después). También se autorizó la "programación" de una "misión" especial del satélite Spot para tomar imágenes enfocadas en el área, ya que uno de los satélites iba a pasar cerca solo unos días después del derrame. Por medio de esta costosa misión se obtuvieron imágenes que, desafortunadamente, estaban cubiertas por nubes en su mayoría, y el satélite no volvería a pasar cerca hasta varios días más tarde (en que sería necesaria otra costosa segunda misión). Por lo tanto, todas las áreas cubiertas por nubes fueron visitadas *in situ*, y tuvo que realizarse un laborioso trabajo de campo para "llenar los huecos" en la nueva cartografía.

Finalmente, tras este caro y trabajoso proceso, la Consejería ha puesto al día los datos sobre el estado del área afectada por el derrame. La situación en cuanto a la disponibilidad de datos es ciertamente mejor de lo que era hace una década, pero aún podría ser ampliamente mejorada. Los recientes avances en imágenes espaciales prometen ofrecer estas mejoras dentro de los próximos 18 meses. Varias organizaciones comerciales y gubernamentales están lanzando una serie de satélites de observación terrestre de alta resolución, de manera que para el año 2000 se espera que un total de 15 satélites, que obtendrán imágenes con una resolución espacial de un metro o mejor, estén disponibles al público (Stoney y Hughes, 1998). Esto es, desde todos los puntos de vista, una innovación impresionante ya que los satélites proveerán la misma alta resolución que las fotografías aéreas, (las imágenes actuales de Spot, como la de abajo, tienen una resolución de 10 a 20 veces menor) sin la espera intrínseca al vuelo de extensas áreas, y la recogida, corrección, reconstrucción del mosaico y digitalización de fotos. La resolución temporal (o el periodo entre visitas) de los nuevos satélites



promete ser de tan solo unas horas, y desde luego diaria, y el proceso es puramente digital, lo que significa que los ordenadores potentes pueden recibir, procesar y entregar (Internet?) imágenes a los usuarios en cualquier punto de la tierra en pocas horas.

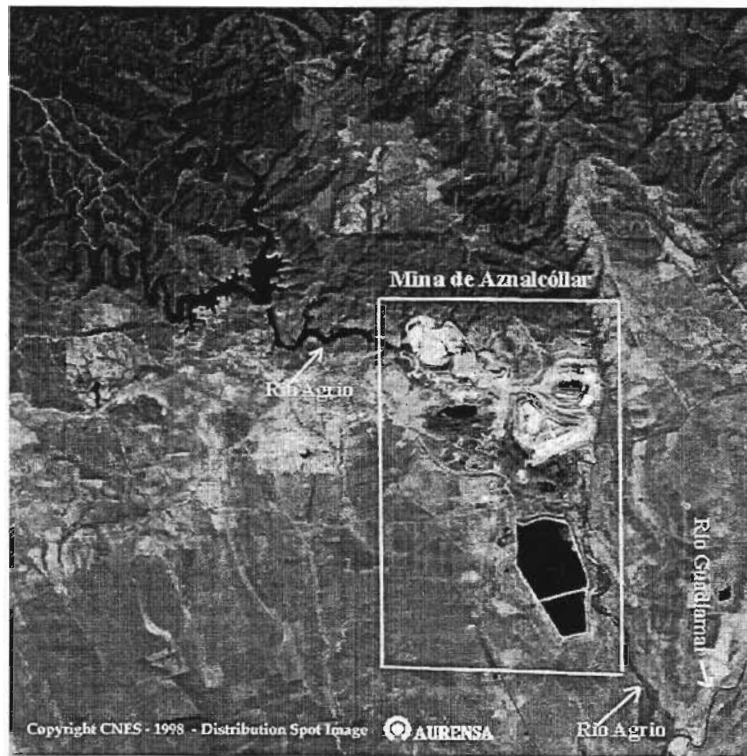


Imagen del satélite Spot, con una resolución espacial de 20 metros, tomada antes del derrame.
(Fuente: Aurenza, Madrid)

El próximo año será interesante, por cuanto este nuevo mercado de imágenes se abre al público y podremos observar el comportamiento de las compañías involucradas, con respecto a precio, disponibilidad y servicio. Como sucede en la mayoría de los mercados de innovación tecnológica -telefonía celular, Internet, etc.- la oferta inicial probablemente será cara pero la competencia seguirá su curso y el equilibrio entre oferta y demanda debería hacer esta imáginería de alta resolución, fácil e inmediatamente accesible para futuros desastres medioambientales y una amplia gama de aplicaciones. El usuario de SIG está a punto de conseguir datos geográficos de alta resolución (de la cobertura terrestre por lo menos) en casi tiempo real. El paso siguiente sería tener una cámara de vídeo orbitando en el espacio --enviándonos señales verdaderamente en tiempo real-- una idea lejos de la ciencia- ficción ya que ha sido propuesta por el vicepresidente norteamericano Al Gore (recordemos que su última gran propuesta similar, hace ya varios años, fueron las "autopistas de la información").

INTERNET

Una corta historia

Los científicos, geógrafos incluidos, han utilizado Arpanet y Bitnet, precursores de Internet, para comunicarse por correo electrónico y para compartir datos desde los años 70. (Este autor lo ha hecho así desde 1985, al principio bajo la enigmática dirección v010kkye@ubvms.bitnet). Sin embargo, aunque la Internet es básicamente una simple *infraestructura* para la comunicación -conducida por protocolos de dos décadas de antigüedad como son TCP/IP, FTP, etc.- hoy se confunde inextricablemente, con un tipo de *aplicación* en la misma: el World Wide Web. Esto es como confundir la comunicación por fax con la infraestructura de la telefonía, que es la que lleva los mensajes por fax, y otros muchos servicios (o aplicaciones).

No es la Internet *per se* la que ha explotado en uso y popularidad durante los últimos cinco años, sino el WWW como servicio de intercambio de información. Consecuentemente, mientras Internet era bien conocida por los investigadores del campo SIG hace más de una década, era popularmente ignorada, hasta que este servicio revolucionario (WWW) apareció en 1994. Un llamativo ejemplo de esta ignorancia lo constituye un libro técnico publicado en 1992 y titulado "Networking Spatial Information Systems" (Newton et al., 1992). El volumen de 300 páginas menciona todos los métodos conocidos para conectar los SIG vía redes de telecomunicación, pero ni siquiera lista "Internet" en el índice. La única y breve referencia a Internet, un solo párrafo, incluye: "Internet está pensada para interconectar organizaciones de investigación sin ánimo de lucro. Para aquellos que puedan acceder a Internet, ésta hace posible el correo electrónico por todo el mundo, y el acceso a bases y ficheros de datos." (p.26)

El poder de Internet (como simple mecanismo para conectar a millones de personas) no sólo fue infravalorado, sino verdaderamente ignorado. Esto es porque la sabiduría convencional del día era que los ordenadores deberían estar conectados vía conexiones punto a punto, mediante líneas de las compañías telefónicas a las que empresas y organizaciones podían acceder por cuotas mensuales relativamente altas. Por lo tanto, todo el libro de Newton se basa en tecnologías de conexión punto a punto: *ISDN* (RDSI en Español), *ATM*, etc., y está totalmente ciego al enfoque *TCP/IP* (utilizado por Internet) de la división de información en pequeños paquetes y envío a través de una enorme colección de líneas de comunicación baratas sin la necesidad de conocer *a priori* una ruta punto a punto ni mantener estas líneas abiertas continuamente. La solución Internet es extremadamente simple y económica, sin embargo fue totalmente pasada por alto en la búsqueda de soluciones tecnológicamente más sofisticadas.

Otro ejemplo es el libro editado por Longley y Clarke (1995), que dedica 315 páginas a una gran variedad de aplicaciones SIG relacionadas con actividades empresariales y tampoco menciona Internet, ni en el índice ni en el texto, por lo que el libro, a pesar de sus bien razonadas ideas teóricas sobre el uso de los datos geográficos en empresas, no será tomado hoy en serio por ninguna persona del mundo comercial, que inmediatamente preguntará "¿Puedo hacer esto (gratis) en Internet?" Por primera vez, desde hace un año más o menos, la industria SIG puede contestar "¡sí!".

Internet-SIG

Es justo preguntarse que tienen que ver la Internet o el WWW con SIG. La respuesta está en la distribución de la información. Como se afirmó en la introducción, necesitamos información para tomar decisiones y para realizar nuestro trabajo pero sin embargo, unos trabajadores/organizaciones están más preparados para adquirir información que otros, creando una disparidad creciente entre ricos y pobres de información. Internet lucha contra esta disparidad, en cierta medida.

Tomemos el caso del gobierno regional (Provincias/CC.AA. en España), donde son raras las historias SIG con final feliz. Durante la pasada década existen solo ejemplos aislados de gobiernos (normalmente con economías boyantes) que han tenido éxito en la puesta en marcha de proyectos SIG, debido en parte a los grandes costes *ocultos* como son la formación de personal, el mantenimiento de bases de datos, y el soporte técnico. Esto es, lo que al principio parece ser una inversión sustancial (pensando solo en software y hardware) se convierte en solo la punta del iceberg! Estas barreras económicas (y otras políticas) han imposibilitado a la mayoría de ayuntamientos pequeños, adoptar con éxito un SIG, incluso en aquellos casos en los que el gobierno regional ha intentado ayudar.

Curiosamente, muchas agencias gubernamentales han invertido fuertemente en tecnología SIG para utilizar, al final, solo una pequeña parte de su capacidad, creando esencialmente archivos de mapas digitales. Es interesante notar que muchos (quizás la mayoría) de los usuarios SIG no pretenden nada más que ver mapas y hacer preguntas sencillas sobre ellos (en sus PC); de aquí el fenomenal éxito de software de baja gama como *MapInfo* (MapInfo Corporation) y *ArcView* (ESRI). Debido a su relativo bajo costo y simplicidad, estos SIG basados en Windows/Macintosh han podido extender información a más gente abaratando el coste por usuario de esa información. Con esto y todo, esta no ha sido la solución ideal para muchos gobiernos regionales porque cada ciudad ha tendido a implementar su propio pequeño SIG sin importarle la compatibilidad regional en términos de intercambio de datos o transferencia de tecnología; se han firmado pocos acuerdos de compra y ejecución cooperativa (existen excepciones en Valencia, Cataluña y Andalucía).

Internet permite a la comunidad SIG dar un paso más allá en la diseminación de la información (geográfica), de unos pocos usuarios de PC a las masas. Hoy un usuario potencial no necesita instalar ningún software SIG, sino conectar a servidores de información utilizando un navegador (browser) WWW ordinario como Netscape *Communicator*. De pronto, gracias a Internet-SIG, el coste por usuario puede de nuevo reducirse significativamente, y aumentar en gran medida la compatibilidad. Esto no es decir que la solución Internet-SIG sea barata, ya que los servidores de información requieren una gran inversión en cuanto a hardware informático, infraestructura de telecomunicaciones y mantenimiento asociado. Lo bueno es que esta inversión puede ser centralizada (y luego repartida según el uso), en el gobierno provincial por ejemplo, eliminando mucha de la redundancia actual e incompatibilidad asociada con "conectar" múltiples ciudades. Aunque pocas regiones han sacado provecho de esta arquitectura distribuida de los SIG, por ser una tecnología tan reciente, esta promete ser una solución ideal para pequeñas ciudades con necesidad de acceder a la información en su región, pero con un presupuesto y personal formados limitados. Los datos pueden recogerse y mantenerse en el nivel local de la ciudad y cargarse regularmente al servidor central

(provincial) para ser recuperados otra vez por la ciudad mediante la utilización de browsers WWW. La implementación es relativamente sencilla puesto que la funcionalidad de Internet-SIG también lo es. (El autor ha dirigido recientemente el proyecto de fin de carrera de un alumno para el que se realizó un sencillo SIG-Internet con información turística para la comarca del Alto Palancia (Castellón), en unas 300 horas incluyendo conversión de datos.) Afortunadamente, esta funcionalidad simplística es precisamente el pequeño subconjunto de un "gran SIG" que muchos usuarios necesitan.

Fuera del ámbito gubernamental, el SIG-Internet ya está permitiendo a las compañías trasladar el SIG de la trastienda (operado por unos cuantos especialistas) a la mesa de cualquier empleado que pueda tener la necesidad ocasional de ver y consultar mapas. Desde el punto de vista comercial y del empleo las tecnologías SIG están alcanzando a muchos miles (incluso millones) de nuevos usuarios vía Internet, lo cual solo puede ser una buena noticia para los alumnos entrenados en el uso (y diseño) de los SIG y que ingresan en el mundo laboral.

Aquellas personas interesadas podrán encontrar un buen compendio de las tecnologías que componen SIG-Internet en un reciente libro (Plewe, 1997) y en las páginas WWW de la mayoría de los principales vendedores SIG.

TerraServer

Una vez establecido que Internet puede, potencialmente, servir información geográfica a millones de usuarios diariamente a un coste mínimo, veamos un ejemplo de masivas proporciones. Hace varios meses Microsoft Corporation lanzó un proyecto piloto para demostrar la potencia y escalabilidad de su nuevo gestor de bases de datos *SQL Server*. La idea era servir millones de ficheros a través del WWW desde una única y enorme base de datos instalada en el PC más poderoso del mundo (un Compaq *AlphaServer* con 8 procesadores y un banco de más de 300 discos fijos). En su búsqueda de contenido digital apropiado para la demostración, dieron con los archivos de mapas y fotos aéreas del centro U.S Geological Survey (USGS) en Virginia, que permitió a Microsoft escanear y publicar miles de imágenes de la tierra. A continuación, Microsoft llegó a un acuerdo similar con Spin-2, una compañía que comercializa imágenes desclasificadas de satélites espías rusos. Así nació *TerraServer* (<http://www.terraserver.microsoft.com>).

TerraServer contiene actualmente 3'5 terabytes de imágenes pancromáticas (1 terabyte = 1 millón de megabytes) que han sido comprimidos a algo más de 1 terabyte, lo que representa mayor volumen de datos que todos los millones de páginas WWW existentes juntas. Sorprendentemente, esta enorme cantidad de datos en forma de imágenes, cubre solo el 10% de la superficie terrestre, aunque Microsoft afirma que con el tiempo cubrirá todos los lugares habitados del planeta (de hecho asegura que el volumen de datos se duplicará en los próximos 12 meses). Advertimos que la mayoría de las imágenes tienen unos 10 años.

La interface de TerraServer permite a los usuarios del WWW visualizar las imágenes de la cobertura como áreas sombreadas en verde sobre un mapamundi, o buscar un lugar por toponimia (de una lista de aproximadamente un millón de sitios tomados de su atlas digital *Encarta*). Una vez centrado en un área, el sistema permite al usuario utilizar el

zoom a resoluciones espaciales de 16, 8 y 1'5 metros (tamaño del pixel). Cada imagen es enviada al browser como una serie de teselas (normalmente 16 ó 4 dependiendo de la escala) en formatos estándar bitmap del WWW, por lo que las imágenes aparecen con relativa rapidez, si funciona bien la red. No se puede imprimir las imágenes de más alta resolución, pero casi todas pueden comprarse por poco dinero, seleccionando un botón en la misma pantalla del TerraServer para iniciar la transacción.

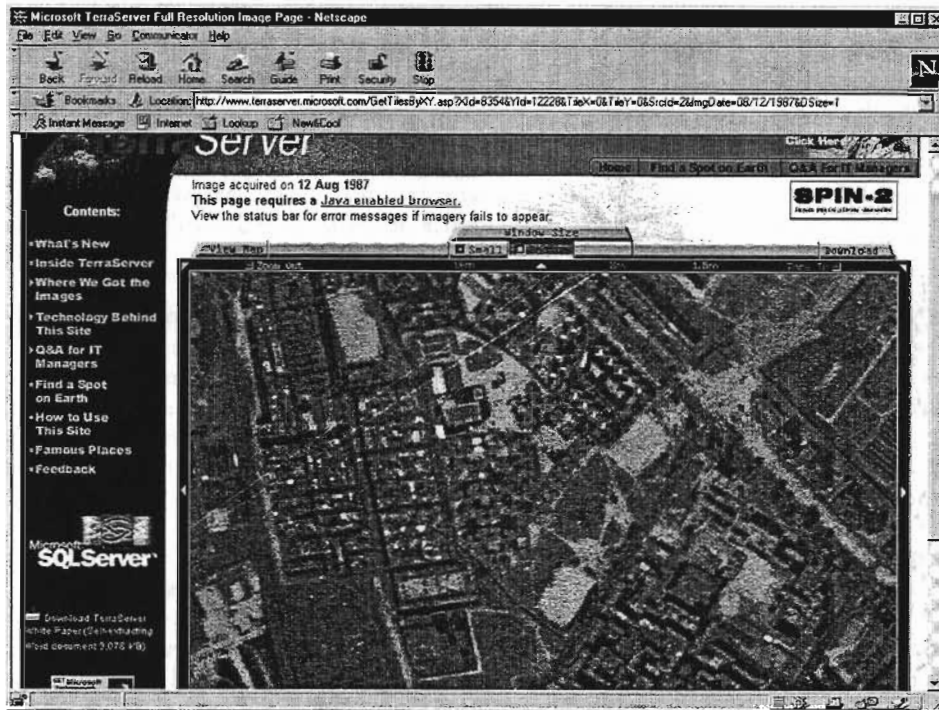


Figura 2. Imagen de Sevilla, desplegada por TerraServer con una resolución de 1'5 metros
(Las imágenes son más claras en una pantalla de ordenador de alta resolución)

TerraServer constituye un ejemplo excelente del futuro de la distribución (y manipulación) de la información geográfica vía Internet. Los alumnos que se especializan en SIG deberían examinar este sistema e intentar ser conscientes de las varias técnicas utilizadas para dividir, indexar y recomponer estos enormes conjuntos de datos para su óptimo envío a través del WWW. Es de esperar que muy pronto el problema más urgente al que deban enfrentarse los usuarios de la información geográfica (SIG) no sea la falta de información, sino el exceso de la misma y la necesidad de filtrarla e indexarla.

XML

La información que puede visualizarse en el WWW está codificada mediante etiquetas o códigos que conforman el HyperText Markup Language (HTML). Por ejemplo, si deseamos que el texto "Hola Mundo" esté centrado en la página WWW, debemos utilizar las siguientes etiquetas:

```
<center>Hola Mundo</center>
```

HTML incluye un vocabulario limitado a unas 40 de esas etiquetas, que instruyen a un browser WWW en cómo desplegar varios tipos de texto, tablas y gráficos bitmap (como imágenes .jpg y .gif) y cómo conectar vía enlaces hipertexto con otras páginas WWW. Como se ha mencionado más arriba, la tecnología tras el WWW es tan sencilla que es sorprendente que no la explotara nadie hasta 1994. Una desventaja de dicha simplicidad es que HTML no es extensible: no puede crecer fácilmente para manejar información en nuevos formatos, lenguajes, y mediante nuevas técnicas de indexación para facilitar búsquedas. Esto es lo que ofrece el nuevo lenguaje propuesto, XML.

XML, o eXtensible Markup Language, permite que cualquiera desarrolle su propio lenguaje tipo HTML para acoplarse a las necesidades específicas de una disciplina como ya ha ocurrido en el campo de la ciencia de la biblioteconomía y en las industrias del petróleo y médica. XML lleva una pareja de ficheros, uno contiene las nuevas etiquetas que también se especifican utilizando paréntesis <...>, y el otro el diccionario de datos (o tabla de traducción) que indica al browser WWW cómo leer y utilizar cada etiqueta.

XML promete convertirse en una herramienta revolucionaria para la organización y búsqueda de información geográfica, dentro de los llamados servicios de metadatos. Dos ejemplos de estos servicios (que actualmente no utilizan XML) son la Federal Geographic Data Committee's *Clearinghouse* (accesible vía <http://www.fgdc.org/>) y la naciente European Spatial Metadata Infrastructure (<http://esmi.geodan.nl>). Los equipos que ejecutan estos servicios han invertido una cantidad de tiempo y dinero sustanciales en la construcción de bases de datos distribuidas conectadas mínimamente vía Internet, aunque la solución XML podría hacer redundante mucha de la infraestructura técnica requerida ya que estaría basada en el reconocimiento interno de códigos XML y capacidades inherentes de búsqueda de los browsers ordinarios (la versión 4.0 del *Internet Explorer* de Microsoft tiene capacidades XML limitadas, y las versiones 5.0 de los dos browsers competidores soportarán XML por completo).

Por poner un ejemplo sencillo (ficticio) de cómo podría funcionar esto, un proveedor de datos geográficos (el Instituto Geográfico Nacional, por ejemplo) simplemente crearía ficheros de texto siguiendo algún estándar europeo para documentos XML, con etiquetas como:

```
<titulo>Modelos digitales del terreno</titulo>  
<autor>IGN, Madrid, España</autor>  
<escala>1:25000</escala>  
<cobertura>3456443.00; 476578.00; 4568665.00;  
486541.00</cobertura>  
<precio>25000 pesetas por hoja</precio>  
<contactar>CNIG, Madrid</contactar>  
<URL>http://www.cnig.ign.es</URL>
```


Este fichero XML sería publicado como una página WWW más en el servidor actual del IGN, junto con el fichero de descripción de datos (DTD) que explica el sentido cada etiqueta (autor, contacto, etc.). Este tipo de estructuración de metadatos admitiría a usuarios WWW de cualquier lugar de la tierra que estuvieran buscando datos geográficos con un motor de búsquedas como *AltaVista*:

```
"ENCONTRAR modelos digitales del terreno DE España A ESCALA
ENTRE 1:10000 Y 1:50000"
```

para encontrar información en un formato del tipo:

```
1 record encontrado en: IGN, Madrid, Spain
http://www.cniq.ign.es/xml-pages/00024.xml
```

El usuario podría seleccionar el enlace URL para obtener información general, o refinar la consulta especificando:

```
"MOSTRAR precio"
```

que devolvería la siguiente respuesta:

```
Precio: 25000 pesetas por hoja.
```

Así, XML convierte el browser en un gestor de bases de datos. Otra aplicación interesante de XML es la codificación de comandos gráficos que serían ejecutados automáticamente por el browser WWW. Un ejemplo es la especificación del Vector Markup Language (VML) propuesta recientemente por Autodesk, Inc., Hewlett-Packard Company, Macromedia, Inc., Microsoft Corporation, y Visio Corporation. De la misma manera que en el ejemplo de arriba XML nos permitiría desarrollar etiquetas basadas geográficamente, VML especifica etiquetas que representan objetos gráficos y sus atributos. Un ejemplo podría ser:

```
<v:shape style='top: 0; left: 0; width: 250; height: 250'
  stroke="true" strokecolor="red" strokeweight="2" fill="true"
  fillcolor="green" coordorigin="0 0" coordsize="175 175">
<v:path v="m 8,65,1,72,65,92,11,112,65,174,65,122,
  100,142,155,92,121,42,155,60,100 x e"/>
</v:shape>
```

que haría que el browser arrastrara una estrella verde con un borde rojo sobre la pantalla. Este y muchos otros ejemplos pueden encontrarse en el documento de especificación VML, en:

<http://www.w3.org/TR/1998/NOTE-VML-19980513>

Lo que estos ejemplos significan para el campo SIG es lo siguiente: como XML nos permite especificar nuestro propio lenguaje para representar tanto datos gráficos como descriptivos (atributos) en un formato de texto que es fácil de crear, de transmitir vía Internet y de representar utilizando browsers ordinarios, hay poco que nos impida crear nuestras pequeñas aplicaciones SIG *sin necesidad de comprar ningún software de ningún vendedor!* Los datos serán nuestros y el SIG será el browser: Todos los usuarios del WWW dispondrían de software de visualización y consulta compatibles.

En términos generales, XML puede ser la próxima revolución importante en el mundo de Internet. Es un tema tan popular que todas las compañías principales de tecnología de la información están publicando opiniones y predicciones sobre el futuro de XML para sus actividades comerciales (semanalmente aparecen unas 2000 páginas WWW sobre XML); algunos de los enlaces más relevantes están recogidos en la página WWW creada y mantenida por este autor:

<http://www.lander.es/~mgould/xml.html>

INTEROPERABILIDAD

La interoperabilidad es una fea palabra que parece complicada pero que es sinónima de compatibilidad, aunque va un poco más allá. Mientras compatibilidad implica de alguna manera que una entidad (aquí SIG) puede ser modificada o traducida para poder interactuar con otra, la interoperabilidad implica que dos entidades pueden interactuar mutuamente sin mediar modificación alguna gracias a la utilización de un lenguaje común de bajo nivel. Una de las innovaciones principales (quizás la más importante de las mencionadas aquí) en el campo SIG durante el último año y medio ha sido la definición (e implementación piloto) de estándares para la interoperabilidad entre software SIG de diferentes vendedores y frecuentemente desarrollados para fines distintos. Veamos dos tipos de interoperabilidad que afectan a los SIG: una exógena y otra endógena al campo SIG.

Computación por componentes

Un tipo de interoperabilidad importante y sin embargo limitado, ha surgido debido a la reciente proliferación de la computación por componentes, que conlleva la separación de funciones específicas de procesamiento de datos en un sistema de información monolítico. Estas funciones se convierten entonces en módulos aislados (componentes, de acuerdo con la terminología informática) que se pueden "enchufar" a aplicaciones compatibles cuando se necesita una capacidad específica (quizás tan sencilla como dibujar un mapa en la pantalla) de procesamiento de datos geográficos. La creación o programación de estos componentes es relativamente sencilla, dado que los estándares *de facto* han forzado a los desarrolladores de software, en mayor o menor medida, a utilizar estándares de desarrollo y herramientas basadas en Microsoft Windows, como son *VisualBasic* y *ActiveX*, de las que la última es un modelo que acaba de salir y que tiene como fin la creación de componentes de software que se pasan mensajes de uno a otro por medio de canales especiales de comunicación. (Otro estándar competidor es el modelo por componentes *JavaBeans*.) Cualquier sistema de información existente que siga estos estándares exógenos (como hacen muchos SIG hoy) puede permitir flexiblemente que se conecten nuevas funcionalidades, a medida que se desarrollan nuevos componentes.

Esta flexibilidad recién encontrada es una ventaja para los diseñadores (especialmente los pequeños) ya que ahora no se ven forzados a crear enormes sistemas monolíticos, sino componentes optimizados para añadir a los sistemas existentes, mejorando la competitividad y la rapidez de salida del producto al mercado. Esta flexibilidad también es positiva para la industria SIG en conjunto porque los SIG tradicionalmente han quedado al margen del mercado de los sistemas de información de empresas (donde

está el dinero). Aunque el mercado SIG crece aproximadamente el 15% anualmente, el mercado de software *Enterprise Resource Planning* (ERP) sobrepasa el 60%. Los ERP son sistemas que manejan flujo de trabajo, logística, etc. y son vastamente populares en los mercados empresariales más grandes, especialmente en la fabricación. Ahora que los SIG están emergiendo como un tipo especializado de componentes (de procesamiento geográfico) que pueden conectarse a ERP, el mundo empresarial los está teniendo más en cuenta. Por todo esto, los principales vendedores SIG anunciaron durante el año pasado acuerdos de desarrollo conjuntos con las principales compañías ERP (como SAP, Baan, Oracle y PeopleSoft).

La unión de SIG y ERP crea posibilidades de trabajo interesantes para los alumnos especializados en SIG y *problemas* también. En el *V Coloquio* en Zaragoza este autor habló (Gould, 1992) del futuro de los alumnos españoles licenciados en Geografía en el creciente campo de desarrollo SIG, afirmando que estaban pobremente preparados debido a la falta de acceso a estudios interdisciplinarios incluyendo la informática. Desde entonces los planes de estudios se han modificado un poco para permitir mayor optatividad en la elección de las asignaturas, aunque sigue siendo raro que los geógrafos asistan a cursos de informática en la universidad (algunos asisten a cursos, másters, etc. por su cuenta). Para complicar más la situación, los recientes reajustes económicos (post-crisis) han afectado el modo en que trabajan los usuarios comerciales de SIG. El SIG ya no está instalado en un rincón y produce mapas para un reducido grupo de personal técnico: debe estar completamente *integrado* dentro de la organización y debe demostrar *beneficios reales*!, por lo que se espera que los especialistas SIG de hoy dominen no solo la programación sino también los procesos empresariales ya que los SIG (componentes) deben hacerse para funcionar con sistemas ERP. Esto se traduce a un importante reto para los departamentos de Geografía (y otros departamentos que producen especialistas SIG): cómo dotar a sus alumnos de las habilidades empresariales, económicas y logísticas que exige el mercado.

Para más información sobre componentes en SIG ver (Gould, 1998; Hartman, 1998). Para más detalles técnicos sobre el modelo de componentes *ActiveX* visitar:

http://www.microsoft.com/workshop/components/activex/intro.htm#ch_intro_actx
<http://whatis.com/activex.htm>

y sobre *JavaBeans* http://www.idg.net/idg_frames/english/content.cgi?vc=docid_0-73597.html y <http://whatis.com/javabean.htm>

Información sobre ERP: <http://www.computerworld.com/home/online9697.nsf/All/970818ERPlinks>

El SIG interoperable

La proliferación de redes informáticas, especialmente Internet, ha contribuido a extender el concepto de la interoperabilidad más allá del reino de los componentes de software, que se escriben normalmente para ejecutar en un ordenador local. La visión extendida de la interoperabilidad conlleva la interacción mutua de sistemas dispares sin importar la localización de ninguno de ellos, por medio de lo que se llama computación distribuida de objetos. Una reciente propuesta desde dentro de la comunidad SIG, llamada la *Especificación OpenGIS* (OGC, 1997), está dedicada a definir e implementar estándares para la computación de objetos distribuidos en el contexto de los datos

geográficos. La especificación fue creada y es mantenida por el *Consortio OpenGIS* (OGC), un cuerpo profesional formado en 1994 por varias agencias gubernamentales norteamericanas y varios vendedores comerciales SIG importantes. El OGC ha aumentado desde entonces hasta estar formado por 120 organizaciones miembro incluyendo varios grupos de investigación de distintas universidades, y ha inaugurado recientemente una oficina técnica virtual en la universidad de Münster, Alemania.

En breve, la especificación define tanto modelos de datos como arquitecturas de servicio para el procesamiento de geodatos, tan independientes como es posible de vendedores y plataformas. El diseño global se expresa en terminología orientada a objetos, facilitando la realización de componentes de software tal como se describe arriba. En comparación con otros muchos comités de estándares -normalmente compuestos por científicos voluntarios y funcionarios del gobierno- el OGC posee un fuerte foco empresarial (el objetivo global es abrir el mercado SIG para beneficio de todos los miembros) y sus estándares evolucionan rápidamente de la petición de ideas, a la redacción y aprobación de documentos finales y luego a la ejecución y certificación de los productos que cumplen con la especificación. El primero de estos productos llegará al mercado dentro de unos meses.

El OGC es una dinámica iniciativa abierta en el sentido de que la mayoría de su documentación se publica en el WWW: (<http://www.opengis.org>) para cualquiera que quiera leerla y saber lo que está ocurriendo e incluso hacer sugerencias sobre el proceso de elaboración de los estándares. Los alumnos que se especializan en SIG deben conocer la existencia de esta documentación ya que el trabajo relacionado con OGC está impregnando el campo SIG, y guiará su evolución futura. Otra referencia útil sobre la interoperabilidad SIG son las actas de un reciente congreso sobre el tema (NCGIA, 1997).

COMPUTACIÓN MÓVIL

Una de las críticas más duras hacia los SIG por parte de los geógrafos académicos anti-cuantitativos ha sido que la "la gente SIG" depende demasiado de fuentes de datos secundarias o terciarias, y ha perdido el contacto con el mundo real. En lugar de visitar Africa, la digitalizan de mapas de papel, de datos recogidos, simplificados y abstraídos previamente por otros científicos. Por esta y otras razones, la computación móvil es verdaderamente revolucionaria. Entre otras cosas, hace posible que los científicos puedan dejar sus oscuras oficinas y volver al campo!

Ahora es posible que el/la científico/a (la persona SIG) lleve su ordenador, impresora, equipo de colección de datos, telemetría y otros equipos de comunicaciones, en una sencilla mochila. Los datos SIG -los puntos, líneas y áreas y otros atributos descriptivos - pueden ser recogidos *in situ* utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS) y equipo periférico, mientras se mantiene control absoluto sobre los datos que serán después analizados y explotados utilizando un SIG.

Desde otra perspectiva, la computación móvil abre amplios mercados para la producción y venta de datos georeferenciados dado que los sistemas móviles como los sistemas de navegación de vehículos necesitan conocer en todo momento *dónde* están. (Las predicciones indican que se venderá más de 1 millón de estos sistemas para coches

en Europa en 1998.) Un informe reciente de Microsoft predice que dentro de los próximos años todos los ordenadores portátiles llevarán incorporados receptores GPS como equipo estándar (como los lectores de CD-ROM lo son hoy). También puede que ocurra lo mismo con los teléfonos celulares. Este uso ubicuo de los datos geográficos es una ventaja económica para los geógrafos entrenados en SIG. Necesitamos prepararnos, (y a nuestros alumnos) para explotar este futuro mercado: ¿quién mejor para vender el *dónde*?

Finalmente, debemos advertir que la computación móvil y de componentes están directamente relacionadas ya que las capacidades de análisis de datos geográficos necesarias para los aparatos portátiles son altamente especializadas y deben ser extremadamente compactas, por lo que las arquitecturas de componentes emergentes son ideales. Dadas las tendencias en las tecnologías de la información, podemos predecir fácilmente que los relojes de pulsera digitales tendrán capacidades internas de localización (GPS), comunicación (GSM) y recepción de datos (radio digital o por infrarrojos) en los próximos años. Estos aparatos necesitarán componentes de software compactos pero eficientes que puedan calcular las rutas más cortas, desplegar la pizzería más cercana, o indicar qué autobús local está más cerca del usuario y cuando llegará. Una indicación de la importancia del mercado de los sistemas móviles (de información geográfica) la constituye el hecho de que la organización OGC ha creado un grupo de interés especial dedicado a los sistemas móviles, principalmente a aplicaciones en el transporte, y también resulta interesante saber quienes son los líderes de la iniciativa: los técnicos de Microsoft que han creado el atlas *Encarta*, *TerraServer*, y un nuevo sistema de navegación de vehículos (*AutoPC*).

VISUALIZACIÓN 3-D

Los SIG han permanecido esencialmente una tecnología gráfica bidimensional durante los últimos 30 años, principalmente por falta de hardware con la potencia necesaria para calcular y representar objetos gráficos en tres dimensiones. Hoy sin embargo este hardware está disponible en los llamados PC, que actualmente son varias veces más rápidos que las estaciones de trabajo Unix de hace unos años. La clave de esta habilidad recientemente encontrada de visualizar y manipular gráficos 3-D es una nueva serie de tarjetas gráficas que se añaden al PC, y que manejan todo el procesamiento de gráficos, liberando al CPU principal para realizar otros cálculos. Estas tarjetas, que se pueden comprar a partir de 25000 pesetas, incluyen chips y memoria de vídeo (VRAM) para la producción geométrica (puntos, líneas, triángulos) y memoria a parte para texturas (imágenes ráster que son pegadas sobre modelos geométricos). La combinación de estos dos tipos de gráficos se muestra en la figura 3, que es una rejilla regular (modelo digital del terreno, MDT) superpuesta por textura que indica la elevación. (El gráfico en la figura 4 muestra varias texturas realistas.) Adicionalmente, el sistema que se muestra en la figura 3 permite que la imagen tridimensional sea girada en tiempo real, simulando un vuelo sobre ese terreno (los sistemas gráficos con movimiento en tiempo real son una tecnología más complicada que un SIG, que sólo es capaz de pintar una montaña una vez y lentamente). Se piensa que esta capacidad de *visualización 3-D* puede ser muy útil en campos como el turismo, la modelación medioambiental y varias aplicaciones militares.

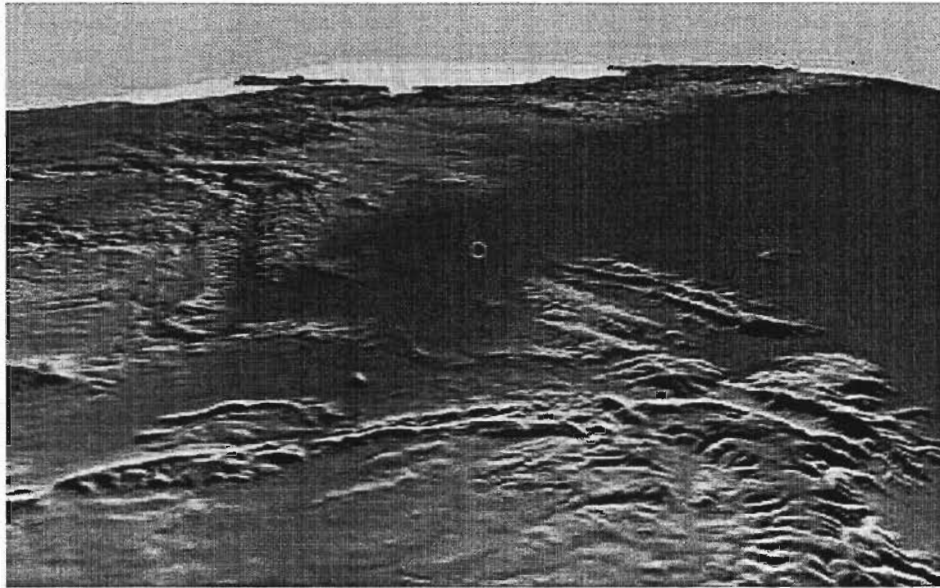


Figura 3. Visualización 3-D (vuelo) sobre la provincia de Valencia.
(Fuente: ARTEC, Univ Valencia)



Figura 4. Ejemplo de un sistema de visualización 3-D.
(Fuente: <http://www.questarproductions.com/compare.html>)

Geografía sencilla (naive)

Mark y Egenhofer (1995) introdujeron el provocativo término "naive geography" en un congreso sobre teorías de la información espacial. Por geografía naive se entiende la geografía (cognitiva) que la gente desarrolla y utiliza para su vida diaria y que se opone a la geografía "objetivamente correcta" tal como es practicada por los profesionales. Una de las características de la geografía naive es que el espacio *geográfico* es bidimensional, y consecuentemente, la tierra es plana (p.7).

Esto no quiere decir que la gente crea verdaderamente que la tierra sea plana, sino que para fines prácticos, la persona ordinaria percibe y trata el mundo (a escala geográfica) como si fuera plano. (Notemos que *no* consideramos ni a los geólogos ni a los climatólogos como personas ordinarias!) Distinguimos espacio a escala geográfica de espacio a pequeña escala (o lo que se llama escala de sobremesa), donde las 3 dimensiones son de hecho necesarias para la visión estereoscópica y la coordinación mano-ojo asociada. Sin embargo, al alejarnos de este espacio a pequeña escala, como cuando necesitamos conducir al mercado, o encontrar una casa, tratamos el mundo esencialmente como bidimensional: la tercera dimensión no añade mucha información relevante a nuestra resolución de problemas diarios y navegación relacionada con los mismos. Para los escépticos que están preocupados sobre la altura de los edificios o las obras subterráneas, los que creen en la geografía naive (incluyendo a este autor) están dispuestos a conceder un "grueso espacio bidimensional" que incluiría unos metros por encima y por debajo de la superficie.

¿Por qué este interés en la geografía naive y el mundo 2-D? El objetivo es echar una mirada crítica sobre la utilización de la tecnología innovadora solo porque "podemos hacerlo". Teniendo en mente las ideas de la geografía naive, deberíamos preguntarnos si realmente necesitamos un SIG tridimensional para llevar a cabo nuestro trabajo. Las sofisticadas tecnologías 3-D de hoy fueron desarrolladas principalmente para el mercado de los vídeo juegos, algo más frívolo que el análisis espacial con un SIG. ¿Contribuye *significativamente* la dotación de la 3ª dimensión a nuestra habilidad de tomar decisiones? Recordamos al lector que casi todos los *cálculos* que tienen que ver con elevación, como pendiente, aspecto, escurrimiento, pueden ser calculados utilizando coordenadas 2-D (x,y) y un simple valor para la altura (un SIG como *Idrisi* que pinta modelos digitales de terreno no es un SIG 3-D). Podemos elegir la visualización de una montaña en 2.5-D (no es un sólido) por motivos estéticos (cualitativos), pero la 3ª dimensión no es realmente necesaria para nuestro análisis cuantitativo, y el movimiento en tiempo real menos.

Resumiendo, el uso de las nuevas tecnologías 3-D tiene un coste adicional (especialmente en la recogida de datos y construcción de modelos) y debemos preguntarnos si este coste produce un beneficio significativo. Las tendencias actuales del hardware informático son tales que el lector posiblemente tenga gráficos 3-D avanzados en su ordenador dentro de los próximos 18 meses, quiera o no. Las máquinas Pentium II que se venden hoy por 200.000 pesetas llevan este hardware como equipo estándar, y Microsoft está comprando compañías de gráficos 3-D tan rápidamente como puede! Que el usuario encuentre o no un uso significativo para este hardware 3-D es otra cuestión. (Nótese que este escepticismo procede de un profesional que trabaja en proyectos de desarrollo de software 3-D (ver Gould y



otros, 1998), no de un profano ajeno al campo.) Solo el tiempo dirá si esta innovación será un beneficio o una carga para los usuarios de SIG.

EL FUTURO: DIRECCIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Enseñar y desarrollar la investigación en cualquier aspecto de las tecnologías de la información, incluyendo SIG, es como disparar a una diana en movimiento: en el tiempo que se tarda en diseñar e implementar un nuevo curso o proyecto de investigación, las tecnologías, estándares e incluso terminología han cambiado. Hasta cierto punto, nuestros alumnos están destinados a ingresar en el mundo laboral con habilidades obsoletas, lo que no quiere decir que debamos de cesar de mirar hacia nuestro futuro más cercano para intentar permanecer por delante del blanco.

Al proyectarnos hacia el futuro del campo SIG, nos encontramos enseguida con los temas que ya se han discutido arriba: esas son las innovaciones emergentes que prevalecerán durante unos años. Es reconfortante saber que esas tendencias coinciden con las predicciones de varios expertos en una encuesta publicada recientemente en la revista *GIS World* (GW, 1997). Estos expertos también predicen una evolución en la terminología, de manera que el término SIG está llamado a desaparecer para ser sustituido por términos más genéricos e interdisciplinarios como "tecnologías espaciales" o "tecnologías geoespaciales". Ya es posible observar la evolución de sistemas a tecnologías en los títulos de los congresos y publicaciones profesionales y también en los cursos postgraduados (incluyendo el máster ofrecido por la Univ. Autónoma de Barcelona). Además también la están imponiendo las nuevas tendencias en interoperabilidad y computación por componentes mencionadas previamente.

En la esfera de la Comisión Europea, aquellos funcionarios de nivel intermedio más interesados en promover la creación y explotación de la información geográfica (principalmente Direcciones Generales III y XIII) han percibido una resistencia considerable por parte de niveles superiores (Parlamento Europeo) a sus propuestas para soporte de I&D en este campo (discutido abajo) debido en parte a la confusión terminológica. Cada persona entiende de un modo un poco diferente los términos geográfica, espacial, geoespacial, etc. dependiendo del trasfondo profesional, la cultura y la lengua, entre otros factores. Los especialistas SIG deben vigilar estos debates políticos, ya que mucha de la investigación y desarrollo en la esfera europea depende en cierta medida de cómo presentemos (vendamos) nuestras ideas y proyectos a los programas I&D de la Comisión.

El programa europeo de investigación y desarrollo de mayor importancia - por estar debatiéndose y redactándose en la actualidad- es el Quinto Programa Marco (FP5) que se desarrollará entre 1999-2002, tendrá una dotación de unos 16000 millones de ECUs y comprende cuatro programas temáticos principales. Aunque la información geográfica no figura prominentemente dentro de ningún tema está presente en 3 de ellos, y quizás en los 4.

Probablemente el tema más importante desde el punto de vista SIG, sea el programa de las Tecnologías de la Sociedad de la Información (IST), también llamado "Creando una sociedad de la información sencilla para el usuario", que parece haber sido ya aprobado



con el presupuesto mayor entre los cuatros temas. IST está dividido en una serie de áreas de acción:

- Sistemas y servicios para el ciudadano
 - Salud* y envejecimiento, y necesidades especiales
 - Administraciones*, incluyendo "sistemas y servicios multimedia" para proporcionar "acceso a la información y los servicios"
 - Medio ambiente*, incluyendo "sistemas de información inteligentes sobre la calidad del aire/agua/suelo" y "gestión de recursos naturales", "herramientas avanzadas para la fusión de datos medioambientales, extracción y modelado de datos, incluyendo los datos georeferenciados" y "sistemas de gestión avanzados para la explotación de imágenes de satélite..."
 - Transporte*, incluyendo "infraestructura y sistemas inteligentes para vehículos" y "sistemas de información personalizados para viajar"
- Nuevos métodos para el trabajo y el comercio electrónicos
- Contenido y herramientas multimedia
 - Edición electrónica* interactiva, incluyendo "Autoría y diseño de sistemas en tiempo real y desarrollo de habilidades (por ejemplo diseño 3-D o de realidad virtual y modelación conceptual)" y "procesamiento de grandes conjuntos de datos de formas innovadoras (ej. Visualización, desarrollo de escenarios o análisis espacial)" y "modelos ricos en descripción, con contenidos de información digital, que cubran todos los tipos de medio y que apoyen todos los sentidos humanos, además de los aspectos espaciales y temporales".
- Tecnologías e infraestructuras esenciales
 - Interoperabilidad* e "internetworking"
 - Comunicaciones y sistemas móviles* y personales, incluyendo "servicios multimedia personales, con cobertura regional o global e integrados desde sea apropiado con servicios de navegación".

Se puede encontrar una amplia muestra de documentos (algunos traducidos a 4 lenguas europeas) que describen el proceso de desarrollo de FP5, en el WWW: <http://www.cordis.lu/fifth/src/comm.htm>

Los proyectos europeos que resulten de las dotaciones de FP5 durante los próximos 5 años determinarán con toda probabilidad la dirección del campo SIG (tecnología espacial) en Europa. Una de las recientes condiciones que ha puesto el Parlamento Europeo para la aprobación del FP5 ha sido que la Comisión se sirva de métodos más eficientes de diseminación de la información, utilizando, por supuesto el WWW. Esto subraya lo que será quizás un gran reto para los estudiantes e investigadores que deseen mantenerse informados de las innovaciones tecnológicas en SIG y otras tecnologías de la información relacionadas: deben poseer la suficiente destreza en inglés para explotar el WWW. Después de todos los millones de ECUs dedicados a este tema en Bruselas y Luxemburgo, el estado de la traducción automatizada de los millones de documentos europeos importantes está todavía en la edad de piedra.

Una última dirección en cuanto a investigación, que casi no hemos tocado en este documento, es la de las innovaciones en el análisis geográfico, después traducido a algoritmos dentro del SIG. Es un tanto doloroso, como geógrafo, reconocer que este aspecto no ha evolucionado, ni mucho menos, tan rápidamente como lo han hecho los aspectos más tecnológicos de los SIG. Esto es así principalmente por razones de

mercado: los vendedores SIG deben responder a las necesidades mayoritarias de sus usuarios y, desafortunadamente, un puñado de académicos que piden un mejor modelo de gravedad no tiene la misma voz que miles de usuarios comerciales que reclaman, digamos, mejor conectividad de unas bases de datos con otras. Recordamos que la mayoría de usuarios solo desean dibujar mapas y hacerles preguntas sencillas. Pero la batalla no está, ni mucho menos, perdida ya que los SIG de hoy son más fáciles de programar que nunca, por lo que pueden extender su funcionalidad a gusto de cada usuario. Esto es debido evidentemente al cambio a las arquitecturas de componentes mencionadas anteriormente: los usuarios pueden ahora añadir funciones de análisis geográfico como nuevos componentes escritos en lenguajes fácilmente accesibles como *VisualBasic*. Este método permite que los investigadores utilicen sus propias fórmulas y algoritmos personalizados y prueben fácilmente las alternativas, en lugar de depender de las soluciones genéricas ofrecidas por un paquete SIG cerrado. Y si los estándares del OpenGIS se consolidan como se espera, los usuarios de SIG podrán enviar muy pronto datos geográficos de su sistema a otro (vía Internet) para ser analizado, y los investigadores podrán compartir algoritmos genéricos a través del WWW.

Para concluir, podríamos preguntarnos cómo será el SIG del año 2000. La respuesta más sencilla es una lista de términos clave que deberían considerarse:

- Componentes
- Integrado
- Internet
- Móvil
- Imágenes de alta resolución
- Tiempo real
- 3-D

Estas palabras clave casi no existían, (o eran irrelevantes) en el campo SIG hace tan solo 3 años. La necesidad de mantenerse al día con los cambios tecnológicos puede parecer un obstáculo a algunos, pero este autor prefiere claramente esta situación a trabajar en un campo carente de innovación. Estamos viviendo unos momentos verdaderamente interesantes para los especialistas SIG, y esperamos que los próximos años lo sigan siendo.

BIBLIOGRAFÍA

GW, 1997. GIS Industry Outlook, *GIS World* 10(12), pp. 40-47.

Gould, M., 1992. El papel del geógrafo en el desarrollo de SIG. *Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa*, Universidad de Zaragoza, pp. 167-173.

Gould, M., 1998. Integración del Procesamiento Espacial en los Sistemas de Información vía la Arquitectura de Componentes. *Proceedings Conferencia Ejecutiva de Sistemas Integrados de Información (CESII)*, Miami, 21-24 Sept. 1998, in press.

Gould, M., Pérez, M., Poveda, J. y J. Sevilla, 1998. Project GeoIndex. *Proceedings GIS PlaNET'98*, Lisboa, 7-11 Sept. 1998, in press.

- Hartman, R., 1998. *Focus on GIS component software*. Santa Fe, N. Mexico: OnWord Press.
- Longley, P. y G. Clarke (eds.), 1995. *GIS for business and service planning*. Cambridge: GeoInformation International.
- Mark, D.M. y M.J. Egenhofer, 1995. Naive geography. En A.U. Frank and W. Kuhn (Eds.), *Spatial Information Theory, Lecture Notes in Computer Science 988*, Berlin: Springer, pp. 1-15.
- NCGIA, 1997. Interoperating GISs: Project Panel on Computational Implementations of Geographic Concepts, *Proceedings of Interop'97*, 5-6 Diciembre de 1997, Santa Barbara, California: NCGIA. URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/interop97/report.html#summary>
- Newton, P.W., Zwart, P.R. y M.E. Cavill, 1992. *Networking spatial information systems*. London: Belhaven Press.
- OGC, 1997. *The OpenGIS Guide*, public document available at URL: <http://www.opengis.org/techno/guide.htm>
- Plewe, B., 1997. *GIS Online*. Santa Fe: OnWord Press.
- Stoney, W.E. y J.R. Hughes, 1998. The space race is on, *GIS World* 11(3), pp. 44-46.