

# INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: APLICACIONES Y POTENCIALIDADES

*Geographic information system introduction: applications and potentialities*

*Josep Caimel\* y Gemma Boix\*\**

## **RESUMEN:**

*No existe una definición universal del concepto de Sistema de Información Geográfica. Sin embargo, en términos generales se puede describir un SIG como una herramienta de trabajo, una tecnología. La historia de esta tecnología lleva a comprender el porque existen dos tipos de SIG. La necesidad de realizar tanto análisis espacial como inventarios de recursos ha dado como resultado la coexistencia de dos modelos de datos de Sistemas de Información Geográfica, estructuras raster y vectoriales. La evolución de los SIG, su historia es relativamente reciente, pero su utilización y sus aplicaciones son cada vez mayores e imprescindibles, así como también sucede en relación a los ámbitos profesionales que abarca. La innovación tecnológica, como el desarrollo de la Internet, tiene un papel fundamental en las nuevas potencialidades del SIG.*

## **ABSTRACT:**

*There is not an universal definition of the Geographic Information System concept. However, in general terms it is possible to describe it as a working tool or a technology. Its History let to understand why there exist two GIS structure. The necessity to develop either spacial analist or resurces inventory has brought as a result the cohexistence of two GIS data models, raster and vectorial estructuras. The GIS evolution is relatively recent, but its use and its aplicaciones are every time more common and essential, such as also happens in relation to the profesional ambit that reach. The technology innovation, such as the Internet development, has a funamental rule with the newest potentialities of the GIS.*

**Palabras clave:** *Sistemas de Información Geográfica, Cartografía raster y vectorial, Internet, análisis territorial.*

**Keywords:** *Geographic Information System, raster and vectorial cartography, Internet, territorial analysis.*

## **QUÉ ES UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) – O GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) ?**

Definir un SIG no es una tarea fácil, ni mucho menos objetiva: en líneas generales, y simplificando al máximo podríamos describir un SIG como una tecnología, una herramienta de trabajo. Existen un tipo de definiciones que se basan exclusivamente en describir la tecnología SIG, dichas también definiciones tecnocéntricas, sin tener en cuenta todo el contexto, las salidas y entradas que se desarrollan en el uso de esta tecnología.

Aquí ofrecemos algún ejemplo de este tipo de definiciones (González, 1994):

- Un GIS es una aplicación que permite preparar, presentar e interpretar hechos que tienen lugar en la superficie terrestre.
- Sistema integrado de captura, almacenamiento, manipulación, análisis y visualización de información relativa a intereses de naturaleza geográfica.

- Un GIS es un sistema para la entrada, almacenamiento, representación y recuperación de datos indexados espacialmente. Existen dos tipos básicos de GIS: raster y vectorial. Conjunto de programas (software), y en ocasiones hardware, que permiten almacenar, modificar y relacionar cualquier tipo de datos relacionados con información espacial.

Así mismo, existen otro tipo de definiciones que se caracterizan por una visión integradora de la tecnología GIS, así como por considerar el contexto más amplio de la información espacial:

- Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA, 1990).

En conclusión, un Sistema de Información Geográfica es una herramienta basada en computadoras que nos permite realizar mapas y analizar elementos que existen, así como sucesos que ocurren en la su-

(\*) Geógrafo, Servicio de Información Geográfica y Teledetección de la Universidad de Girona. E-mail: josep@giscampus.udg.es

(\*\*) Geógrafa, Servicio de Información Geográfica y Teledetección de la Universidad de Girona. E-mail: gemma@giscampus.udg.es

perficie terrestre. La tecnología GIS integra operaciones comunes de las bases de datos como pueden ser consultas y estadísticas, con el beneficio que nos ofrece la visualización y el análisis sobre los mapas. Esto nos permite discernir entre GIS y otros sistemas de información y hacer posible el amplio rango de capacidades tanto para el uso público como el privado para explicar los hechos, predecir acontecimientos y planear estrategias.

### ¿Es estática y definitiva la definición de GIS?

La respuesta es no, el GIS es una 'herramienta' íntimamente ligada a la tecnología y a la demanda de la población, hay quien incluso dice que se encuentra aún en una fase de evolución. El avance tecnológico, como por ejemplo la Internet, ha dado un significado más amplio a la definición, al campo de conocimiento de los GIS. Las definiciones, el mismo concepto de GIS, está obligado a cambiar en función del uso que se haga del GIS como herramienta o como clave de la evolución tecnológica. Aún así, lo que sí se puede afirmar es que el GIS nos permite respuestas.

### ¿De dónde salió este invento?

Cuando utilizamos un SIG (o GIS), nos damos cuenta de la utilidad de esta tecnología dado el alto grado de versatilidad que nos ofrece, pero no siempre ha sido así. Parece quedar lejos cuando se creó el primer programa que permitía reproducir mapas con relativa facilidad. Pero es curioso comprobar que no es hasta mediados del siglo pasado, cuando se creó el MIMO (Map-In-Map-Out, 1959), un programa que era capaz de representar gráficamente elementos de una base de datos. Hasta el momento los ordenadores solo podían manipular estadísticas, pero a partir de este punto, las estadísticas podían pasar a formar parte de un mapa, aunque todavía no podíamos hablar de un GIS propiamente dicho.

El primer SIG completamente operacional lo encontramos en Canadá hacia el año 1963. Este se llamaba CGIS (Canada Geographic Information System), y desde el punto de vista analítico, estaba basado en los mismos métodos que encontramos hoy en día en las últimas generaciones de programas SIG (análisis territoriales, vecindad y proximidad).

Por último, llegó el SYMAP (1968), una aplicación automatizada para la creación de mapas, elaborado por Howard Fisher. Con este proyecto, llevado a cabo en Northwestern Technology Institute y completado en los laboratorios de Harvard, se había avanzado en el campo computacional de mapas, agilizando notablemente la creación de cartografía y sobre todo su reproducción y actualización.

La CIA (Central Intelligence Agency of USA) no tardó en incorporar estos avances: en 1967 crearon el AUTOMAP, el cual les permitió producir y recompilar gran cantidad de información a nivel mundial en forma de líneas y puntos.

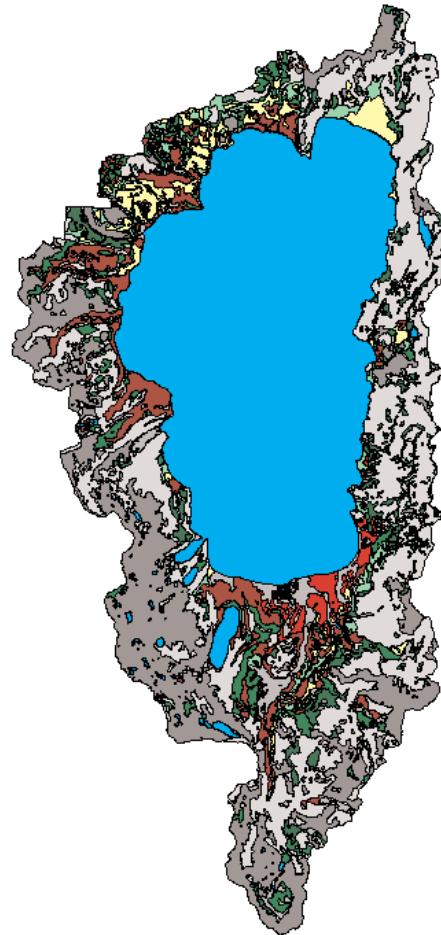


Fig. Costa sur del lago Tahoe. Creadas por TRPA (Thaove Regional Planning Agency) y US Geological Survey.

A modo de conclusión, podemos afirmar que los predecesores a los SIG eran los paquetes estadísticos, que hasta el momento eran capaces de realizar gran variedad de análisis incluso relacionados con el territorio. La tendencia fue empezar con sistemas muy específicos para dar respuesta a las necesidades de instituciones públicas, básicamente con el objetivo de realizar inventarios de recursos (usos del suelo, etc.), pero con pocas capacidades analíticas. La inquietud por ampliar esa capacidad analítica fue la que puso en marcha la creación de los Sistemas de Información Geográfica, con los que se logra interrelacionar atributiva y cuantitativamente los elementos del territorio.

### Tipos de SIG

Precisamente ha sido esta inquietud para desarrollar la capacidad analítica de los SIG la que llevó a elaborar sistemas raster, dado la mayor facilidad de estos modelos de datos para realizar estas tareas de análisis espacial. Sin embargo, esta representación del espacio no es la más adecuada para realizar inventarios; esto explicaría el hecho de que se hayan desarrollado dos

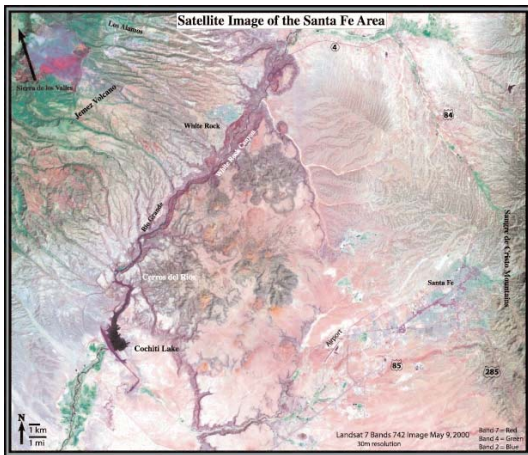


Fig. Imagen satélite en falso color del Valle de Santa Fe (EUA).

tipologías de SIG, el modelo raster y el vectorial, debido a la persistencia de dos necesidades.

Cuando hablamos de sistema raster y vectorial, nos referimos a dos tipos de modelos de datos, denominados también como bases de datos espaciales: “una colección de datos referenciados en el espacio que actúa como modelo de la realidad” (Gutiérrez, 1998). De esta manera, existen dos grandes modelos de datos, el vectorial y el raster, que en realidad son dos concepciones del espacio. La primera (vectorial), se basa en entidades o elementos y la segunda (raster) en campos (Gutiérrez, 1998).

El modelo vectorial utiliza tres tipos de objetos espaciales para representar la realidad (entidades): puntos, líneas (1 dimensión) y polígonos (dos dimensiones). El elemento básico de un modelo vectorial es el punto, dado que la línea se creará a partir de una cadena de puntos, y los polígonos se constituirán a partir de un conjunto de líneas. Los datos de atributos se almacenan en tablas, en las que las filas se denominan registros, y las columnas campos. Pueden existir tantas columnas como variables, así como un registro por cada elemento geográfico representado en el mapa.

El modelo raster, en cambio, divide el espacio en una retícula rectangular compuesta por celdas cuadradas, o también llamadas píxeles (que se consideran indivisibles), que tienen asociado un único valor, relativo a la variable que representa. De este modo, esta representación de la realidad cubre todo el espacio, hecho no imprescindible en el modelo vectorial. La precisión de este modelo depende de la resolución, es decir, del tamaño de los píxeles, pero con mucha resolución, mas costosa resulta la gestión de la base de datos. El valor añadido de este tipo de SIG es que permite representar no solo elementos del mundo real, sino también variables que tienen una variación continua sobre el espacio (superficies), característica difícil de representar con un modelo vectorial. Un conjunto de celdas con un valor asociado constituyen una capa o estrato de información.

## ¿Quién trabaja con GIS?

En el campo profesional los expertos en GIS se encuentran en gran variedad de ámbitos, ya sea privado como público. Empezando por el sector público, el GIS tiene una importante presencia en instituciones como ayuntamientos, distintos departamentos de la administración de las comunidades autónomas (departamento de medio ambiente, de política territorial), consorcios, diputaciones provinciales y otros organismos gubernamentales. Los campos que utilizan los sistemas de información geográfica -ya sea para su funcionamiento cotidiano, o bien para aplicaciones concretas- son varios y diversos; desde urbanismo (planificación y gestión urbana, catastro), ciencias de la tierra, planificación regional (ordenación territorial), transporte público, turismo, protección civil, institutos cartográficos (entre ellos el Instituto Geográfico Nacional y el Instituto Cartográfico de Cataluña), etc.

No obstante, no debemos olvidar el papel fundamental de esta tecnología en el campo militar; solo remarcar que en España, el Servicio Geográfico del Ejército, tardó 18 años en producir la primera cartografía de España a escala 1:50.000, la última hoja se publicó en 1986.

En el sector privado cabe destacar las empresas vinculadas al territorio como las compañías del agua (Aigües de Barcelona sería un ejemplo) compañías eléctricas, compañías de gas, etc. También entran en este grupo aquellas empresas relacionadas directamente con las nuevas tecnologías, dentro de las cuales, la telefonía móvil sería el ejemplo mas representativo. Así mismo existen toda una serie de empresas

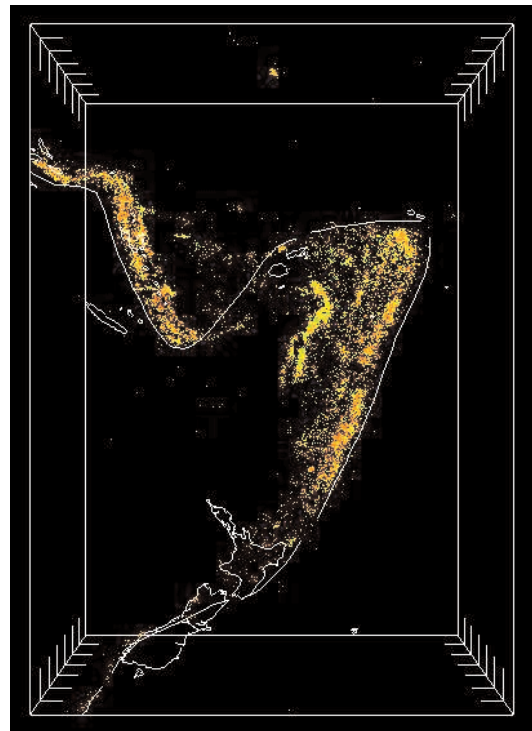


Fig. Imagen satélite en falso color del Valle de Santa Fe (EUA).

de servicios que se sustentan en la tecnología SIG: empresas tales como consultoras ambientales, empresas de formación, empresas de software, distribuidores, gabinetes especializados en sistemas de información geográfica. Son muchos los nuevos recursos surgidos al entorno de la tecnología SIG, sobretodo vía la Internet. Un ejemplo de ello sería el seguimiento de flotas gracias a la localización por satélite, lo que permite al empresario saber en cualquier momento donde se encuentran sus vehículos, optimizando de esta manera el recurso del transporte.

Para todos estos ejemplos, el GIS juega un papel importante para llevar a cabo los propósitos, siendo incluso imposible desarrollar alguno de ellos sin la utilización de un Sistema de Información Geográfica.

### Principales aplicaciones de los GIS's

Sería imposible realizar en este taller(aquí) un análisis exhaustiva de todas las aplicaciones de los sistemas de información geográfica, debido a la diversidad de las mismas. Sencillamente haremos un breve repaso de las aplicaciones mas comunes, algunas de las cuales ya se han nombrado anteriormente:

- La producción de cartografía es una aplicación sobradamente conocida de la tecnología GIS. No obstante, no cabe menospreciar su utilidad por el hecho de que sea obvia, entre otras cosas, porque un mapa es una simplificación de la realidad y esto es de vital importancia en determinados casos.

- En el campo del medio ambiente se encuentran aplicaciones tanto en la minería -dedicados a inventariar y cartografiar los resultados de estudios, almacenando así las formaciones geológicas, las descripciones de calicatas, pozos de muestreo....-, como en la agricultura -evolución del uso del suelo-, aplicaciones forestales dedicadas sobretodo a la evaluación de los recursos forestales y su clasificación, análisis de impacto ambiental... Los SIG también son de gran ayuda en la gestión de los espacios naturales, en la localización de infraestructura medio ambiental -por ejemplo una central eólica-, en el emplazamiento de vertederos, etc.

- En turismo, la aplicación más utilizada en los últimos tiempos es la de disponer los recursos turísticos en un mapa y ponerlo en la Web. De esta manera, las reservas, las excursiones, el recorrido.... todo se puede realizar de manera interactiva.

- En el ámbito educativo es muy habitual la utilización de un GIS para la localización de futuras escuelas, para trazar recorridos óptimos del transporte escolar, etc. Estas mismas aplicaciones se desarrollan también en el campo sanitario.

- En el sector de la seguridad (privada o pública), las aplicaciones también son numerosas, dado que el SIG analiza los datos y permite determinar cuales son las tendencias. De este modo se puede llegar a definir la asignación de patrullas por la zona a cubrir, el seguimiento de los coches vía satélite, etc.

- En la planificación y gestión urbana es muy importante la integración de los GIS como soporte para informatizar el catastro, sirviendo, entre otras aplicaciones, para la recaudación de impuestos. Los datos censales también pueden integrarse en un sistema de información geográfica, con el fin de averiguar las pautas y patrones de crecimiento de la población vinculados al territorio.

También cabe decir que muchos de estos ejemplos nombrados pueden aplicarse en campos distintos; es decir, una misma aplicación de SIG, como puede ser el trazado de recorridos óptimos, tiene sentido y puede plantearse como solución a problemas provenientes de campos tan dispares como el de la sanidad -para organizar el transporte escolar-, y el de la planificación y gestión urbana -diseño del transporte público, mantenimiento de los recorridos en las redes de telefónicas, del alumbrado, de las alcantarillas, etc. Se trata de campos de aplicación muy distintos entre si, pero que poseen una característica fundamental: pretender dar solución a un problema con una clara composición espacial, vinculada al territorio.

### Potencialidades actuales de los GIS's

El potencial mas evidente de los Sistemas de Información Geográfica transcurre por los avances que se van produciendo en Internet. Los servidores de cartografía en la red son un hecho ya habitual y en constante aumento, pero la limitación que constituye el que solo se pueda llevar a cabo la visualización de mapas esta generando nuevas inquietudes en este campo.

En este sentido, se está investigando el desarrollo de análisis SIG desde Internet sin la necesidad de comprar ni cartografía ni el software adecuado para la realización de consultas analíticas simples. El software ya existe, las herramientas ya están creadas (salvo algunos detalles), y la cartografía se está creando: lo único que falta por realizar es la conexión de todos los usuarios para que compartan la cartografía creada unilateralmente. El objetivo de esta empresa no es otro que ser el nodo de conexión entre los recursos cartográficos.

El nuevo paquete software de la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute) integra ya en los menús la conexión directa a un servidor de mapas para integrar directamente la cartografía que el usuario necesite sin acudir al explorador de Internet. Naturalmente, la cartografía no se puede editar, simplemente visualizar, pero existe la posibilidad de comprar la cartografía si interesa o sencillamente se podrá utilizar para crear un mapa al mismo instante.

Otra innovación a destacar y que aumentará el potencial de los SIG son los nuevos ordenadores de bolsillo (Pocket PC): una especie de ordenador que permite obtener la cartografía desde un servidor de Internet, sobre la cual se podrá aplicar modificaciones a tiempo real. Esto va a comportar que la cartografía se podrá actualizar durante el trabajo de campo, sin necesidad de transportar pesados equipos in-

formáticos ni una determinada cartografía, ya que desde un punto central se irá modificando los mapas del ordenador de bolsillo, en función de lo que se vaya necesitando.

### Salidas profesionales

La característica genérica que presenta esta tecnología, en el sentido de los múltiples y variados ámbitos de trabajo donde se desarrollan sus aplicaciones, conlleva una gama muy extensa de salidas profesionales. Un técnico de GIS puede hacerse imprescindible en cualquier momento en un ámbito profesional que nos pueda parecer insólito o poco probable en estos momentos; pero solo hace falta que se cree una necesidad o un problema a la que el GIS pueda dar respuesta. Cabe señalar además, que el campo de aplicación se condicionará siempre por la ampliación profesional del técnico que utilice el GIS. Así unos estudios complementarios de informática abrirán las puertas en el campo de creación de aplicaciones, con el objetivo de facilitar el trabajo a aquellos usuarios menos expertos o incluso agilizar el trabajo de los más expertos.

La mayor parte de los profesionales o sectores económicos pueden ver en el GIS una solución a sus problemas, una determinada utilidad, en un aspecto u otro. Es por este motivo que las salidas profesionales no tienen un límite ni un campo muy definido, al contrario, podríamos decir que se trata de opciones muy flexibles y muy abiertas al estar sujetas a la evolución del mercado y de la misma sociedad, en función, básicamente, de las necesidades que se van creando. En este sentido, en el caso de un geógrafo o técnico en medio ambiente, este profesional siempre verá el GIS como una vía excelente de ampliación de su trabajo, permitiéndole una capacidad de síntesis superior. Por el mismo motivo, los ingenieros técnicos amplían su potencial usando herramientas que les permiten analizar el entorno sobre el que trabajan.

A nivel ocupacional, las empresas que tienen más empleados en el sector son las dedicadas a la elaboración cartográfica, sobre todo en el campo de catastro urbano, o la creación de callejeros. No obstante, no son las únicas posibilidades para entrar en el mundo profesional, dado el carácter de expansión que alberga la tecnología GIS.

En la alta tecnología, el GIS también se hace su lugar, ligado a las nuevas generaciones de telefonía móvil, así como la tecnología GPS (Sistemas de Posicionamiento Global). Mientras, aún hay un gran campo por descubrir en relación a la Teledetección a través de las imágenes que se obtienen desde satélites.

El mercado está experimentando una fuerte demanda de técnicos dedicados a la entrada y actualización de datos, asegurando así un grado estable de puestos de trabajo dado que los cambios en el territorio son constantes y la necesidad de cartografiar estos cambios es exponencial.

### RECURSOS EN LA WEB

Internet es una fuente de recursos para el mundo del GIS en todos los aspectos, nos referimos a actualizaciones de software, a nuevas herramientas, a artículos, debates, foros....las posibilidades son infinitas.

#### Programas gratuitos?

En el mercado existen algunas opciones para obtener algún software GIS de forma Gratuita, conocidos como OPENGIS. Sin embargo, estos tienen como contrapartida que están destinados a usuarios muy avanzados, dado que su utilización requiere de un elevado conocimiento del campo e incluso un gran conocimiento informático. Entre ellos destacaríamos dos software, el GRASS (<http://www3.baylor.edu/grass/>) y el SPRING (<http://www.dpi.inpe.br/spring/espanhol/index.html>). No obstante, son bastantes los profesionales que empiezan por estos al comprobar que los más utilizados hoy en día se tambalean por los altos precios.

Siempre se puede contar con las ofertas de las grandes empresas del sector, las cuales ofrecen productos enfocados a la educación a bajo coste. Cabe destacar a Clark Labs por su labor desarrollada en el campo de la educación, ofreciendo IDRISI como un GIS raster completo, a un precio asequible y acompañado con una buena base de datos orientada a la educación. Este software se utiliza en muchas universidades, pero no es tan común en el campo profesional. En el mundo empresarial, el software más extendido y, probablemente, el más utilizado, es de la compañía ESRI, pero a un precio menos asequible para el ámbito de la educación.

A nivel de Cataluña, la Universidad de Barcelona ha creado el software MiraMón, a un precio muy asequible y con aplicaciones muy interesantes, pero poco conocido fuera del ámbito educacional de Cataluña. La ventaja proviene del hecho que, normalmente, va acompañado de interesantes subvenciones de la Generalitat de Cataluña, quien se interesa por extender su uso, dado que no es un software extranjero. Además, desde la página del Departamento del Medio Ambiente de la Generalitat, se puede descargar numerosa cartografía medioambiental en formato exclusivo de MiraMon.

Como resultado de esta divagación entre programas, a menudo se opta o por los más extendidos (en este caso ArcView de ESRI), o el IDRISI al estar bien adaptado a la enseñanza.

#### ¿Dónde buscar información?

El principal problema de la cartografía suele ser la calidad de esta así como el detalle y/o precisión de la misma. En este sentido, los recursos en la Internet pueden llegar a ser muy interesantes en el ámbito de la educación, dado que cada vez más, se está optando por una distribución de calidad a través de la red mundial, implicando a la vez un mayor número de

sitios donde encontrar algo que nos pudiese interesar.

Hemos recopilado una serie de enlaces que pueden resultar de interés, dado que ofrecen cartografía específica a nivel de Cataluña y España:

- Recursos **UNIGIS** ([www.giscampus.org](http://www.giscampus.org)) donde se puede encontrar no solo cartografía sino que también interesantes enlaces de otros servidores.

- Atlas climático de Catalunya (<http://magno.uab.es/atles-climatic/>) Cartografía en formato Miramón.

- Página del Departamento de Medio Ambiente de Cataluña (<http://www.gencat.es/mediamb/sig/sig.htm>) Cartografía en formato Miramón.

- Página del CREA. Mapa de coberturas del suelo de Catalunya (<http://www.creaf.uab.es/mcsc/index.htm>).

A continuación se lista una selección de enlaces relacionados con este taller:

### Cartografía Geología

- \* GIS Datasets - New York State Museum  
<http://www.nysm.nysed.gov/gis.html>

### Otros enlaces de interés

- \* ESRI - Software, Datos y Recursos gratuitos  
<http://www.telematica.com.pe/Novedad8.htm>

- \* GIS Tools  
<http://www.grime.net/GISTools/index.htm>

### Software gratuito

- \* ArcVoyager  
<http://www.esri.com/arcvoyager>
- \* GMT - The Generic Mapping Tools  
<http://gmt.soest.hawaii.edu/>
- \* OpenMap(tm)  
<http://www.openmap.org/>
- \* Software Applications  
<http://gislounge.com/library/blsoft.shtml#free-ware>
- \* GRASS  
<http://www3.baylor.edu/grass/>
- \* SPRING (Brasil)  
<http://dpi.inpe.br/spring/espanhol/index.html>

## EJERCICIO PRÁCTICO

Las prácticas que se llevarán a cabo en el taller, se pueden desarrollar íntegramente vía los recursos gratuitos “Aprende Gratis” que se ofrece en la dirección de <http://www.gisCampus.org>. En esta página Web encontrareis un curso de ArcView muy similar al que se desarrolla en el taller, una serie de ejercicios prácticos de iniciación que sirven para comprobar el potencial de una herramienta SIG.

De los 4 niveles de aprendizaje que se ofrecen de forma gratuita, el primer nivel (“fundamentos básicos”) es el que se desarrollará durante el taller.

Las bases del ejercicio del primer nivel están enfocadas al aprendizaje de los conceptos básicos de los SIG mediante el software ArcView. Entre otras cosas interesantes, podéis aprender a visualizar una cartografía, hacer consultas a su base de datos, crear nuevas capas de información geográfica así como creación de gráficos y realización de análisis estadísticos, resumiendo de esta manera el objetivo del taller.

## BIBLIOGRAFÍA

Bosque, J. (1997). *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rialp, S.A. Madrid.

Comas, D.; Ruiz E. (1993). *Fundamentos de los SIG*. Ariel. Barcelona

Chuvieco, E. (1993). Los SIG en el análisis y gestión del medio ambiente, *Catastro*. 61 – 72.

González, R. (1994). *Diccionario de términos SIG*. Madrid.

Gutiérrez, J. (1998). Bases conceptuales de los SIG. Áreas de aplicación, *1er congreso español de SIG medio-ambientales*. 2-12.

Gutiérrez, J.; Gould, M. (1994). *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Síntesis. Madrid. ■