

**RECEIVED**  
**NOV 13 2000**  
**OSTI**

Breve Introducción a la Cartografía  
y a los Sistemas de Información  
Geográfica (SIG)

J. Domínguez Bravo

## **DISCLAIMER**

**Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.**

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

**Depósito Legal:** M -14226-1995

**ISSN:** 1135 - 9420

**NIPO:** 238-00-002-0

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

S99

GEOGRAPHY; INFORMATION SYSTEMS; MAPPING; TOPOGRAPHY; MAPS.

## **Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

Domínguez, J.

38 pp. 3 fig. 71 refs.

### **Resumen:**

Este Informe Técnico CIEMAT aborda algunos conceptos que consideramos claves para trabajar con Cartografía y Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG). En el, revisaremos definiciones y funcionalidad de los sistemas. Veremos, también, aspectos cartográficos fundamentales tales como la escala, la proyección, la sintaxis de un mapa, a la vez que abordaremos la problemática de las fuentes de Información Geográfica. También analizaremos aspectos relacionados con la aplicación de los SIG: en cuanto a herramienta de análisis, en cuanto a posibilidades de aplicación y en cuanto a su uso dentro del CIEMAT. Para concluir veremos aspectos relacionados con los nuevos desarrollos y en especial con aquellos vinculados a Internet.

## **GIS and Cartography: An Introductory Overview**

Domínguez, J.

38 pp. 3 fig. 71 refs.

### **Abstract:**

This Technical Report concerns to some relevant concepts in Cartography and GIS. We will define terms and functions as scale, projection, cartographic syntaxes. We'll specify some Geographic Information, formats, sources... Finally, we will study about GIS applications and, specially, how CIEMAT is working with that, and what is the future of this technology.

## Índice

<b>PREÁMBULO</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
ANTECEDENTES.....	2
DEFINICIÓN, FUNCIONES Y APLICACIÓN DE LOS SIG.....	3
LOS SIG EN INTERNET.....	6
<b>CARTOGRAFÍA BÁSICA</b> .....	8
LOS SIG Y LOS MAPAS.....	8
FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (IG).....	9
<b>CARTOGRAFÍA DIGITAL Y SIG</b> .....	11
ESTRUCTURAS DE DATOS.....	11
<b>ANÁLISIS ESPACIAL CON SIG</b> .....	14
SUPERPOSICIÓN.....	14
ÁREAS DE INFLUENCIA.....	14
ANÁLISIS DE VECINDAD.....	14
ANÁLISIS DE REDES.....	14
MODELOS DIGITALES DE ELEVACIONES.....	14
MODELIZACIÓN Y PROSPECTIVA.....	15
<b>CARTOGRAFÍA TEMÁTICA</b> .....	15
<b>LOS SIG EN EL CIEMAT</b> .....	18
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	19
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	21
<b>REVISTAS</b> .....	25
<b>CARTOGRAFÍA Y SIG EN INTERNET</b> .....	26
ATLAS, MAPAS DEL MUNDO.....	26
CALLEJEROS.....	26
EMPRESAS Y PRODUCTOS.....	26
ENLACES.....	27
ORGANISMOS OFICIALES.....	27
PAGINAS PERSONALES.....	28
RECURSOS EDUCATIVOS: TUTORIALES, CONFERENCIAS.....	28
REVISTAS, BOLETINES, ETC.....	29
SERVICIOS, LABORATORIOS, ETC.....	29
OTROS.....	29

## Preámbulo

Este documento surge a partir del curso de Introducción a la Cartografía Digital desarrollado dentro del programa de Formación Interna del CIEMAT y es en gran medida una deuda con mis alumnos. Está basado en la parte teórica del curso y por ello se ha pretendido introducir al lector en conceptos más que en productos<sup>1</sup>.

Los conceptos y contenidos del informe responden a múltiples lecturas, reflexiones y estudios realizados, habitualmente, con una doble perspectiva, la aproximación al tema desde mi formación de geógrafo y la necesidad de buscar una aplicación práctica y sencilla, a la vez que científicamente coherente, a estas herramientas y métodos. Parte de ellos ya han aparecido en artículos anteriores<sup>2</sup>.

Este Informe va dirigido fundamentalmente a aquellas personas que se aproximan por primera vez a este campo, aunque también puede ser útil a aquellas otras que, contando ya con experiencia, no han tenido una base formativa y conceptual apropiada. En este sentido, quiero destacar que un documento de este estilo no puede obviar las lecciones dictadas en un buen curso. En mi caso, mi formación inicial en el Curso de Sistemas de Información Geográfica, Cartografía y Teledetección de la Universidad de Alcalá de Henares, en el que conté con profesores tan brillantes en este campo como Cebrían, Bosque, Sancho Comíns, Chuvieco, Núñez de las Cuevas y muchos otros, ha sido fundamental.

Por último quisiera agradecer a mis compañeros del Grupo de Proyectos Especiales del Departamento de Informática del Ciemat su ayuda y comprensión en el desarrollo de este Informe.

---

<sup>1</sup> El curso cuenta también con un apartado práctico desarrollado sobre ArcExplorer<sup>TM</sup>, software de libre difusión desarrollado por ESRI.

<sup>2</sup> Algunos de ellos ya antiguos, aunque espero que no obsoletos (Dominguez 1994 a y b).

## Introducción

### Antecedentes

Aunque los SIG se empezaron a generalizar a partir de la década de los 80, su gestación y desarrollo se remonta dos décadas atrás. Entre los años 1.960 y 64 se desarrolló el *Canadian Geographic Information System* (C.G.I.S.), con el objeto de gestionar los bosques y superficies marginales de Canadá. Bajo una estructura *ráster* y vectorial<sup>3</sup> que combinaba la cartografía con los datos necesarios para la gestión forestal, se realizaban estudios sobre volumen maderable, pistas de saca y, también, se realizaban los informes de explotación para la administración forestal del país. Este sistema ha ido evolucionando y sigue en uso en la actualidad.

Ian McHarg (también en la década de los 60) desarrolla su obra *Design with nature*, en la cual plantea la metodología SIG. Es un método manual (superposiciones transparentes de matrices binarias), con el cual formula el concepto de S.C.A. (análisis de capacidad /susceptibilidad) de gran importancia en el futuro desarrollo de las capacidades analíticas de estos sistemas. Este método presentaba diversos problemas tales como la imposibilidad de ponderar las variables (por su carácter binario), su gran determinismo, y el aumento de la dificultad en su uso a medida que aumentaba el número de documentos a combinar.

Entre las décadas de los 60 y 70, y como aplicación y desarrollo de los conceptos de McHarg, tiene lugar el desarrollo de los SIG *ráster* o matriciales. En esta línea se desarrollan en el laboratorio de la Universidad de Harvard los sistemas SYMAP y GRID; y en la Universidad de Yale el *Map Analysis Package* (MAP) de gran trascendencia posterior. En general, se caracterizan por ser sencillos y económicos, aunque tienen un carácter grosero (sin capacidad para manejar atributos) y sólo son aplicables a espacios muy compartimentados. En esta época también se desarrolla el sistema DIME, que es el primero en contar con una topología completa.

Ya en los años 70 el laboratorio de Harvard desarrolla ODYSSEY, que es un SIG vectorial con superposición de polígonos mediante geometría coordinada.

Buena parte de los investigadores de estos laboratorios son los responsables del desarrollo y auge en los años 80 de los SIG entendidos como productos industriales. Es el momento del avance de los SIG vectoriales (implantación de ARC/INFO por parte de ESRI).

En la actualidad asistimos a la consolidación del SIG como *industria*, caracterizado por una progresiva integración de sistemas *ráster* y vectoriales, y por el aumento de la importancia de las comunicaciones entre sistemas y de la *Interface* de usuario, así como por el uso de herramientas de programación tipo "visual" basadas en la metodología de "orientación a objetos" (OO)<sup>4</sup>. Los nuevos campos de innovación de los SIG son la integración en sistemas de soporte de decisiones, los llamados sistemas de sobremesa (divulgación de la cartografía y de la Información Geográfica),

---

<sup>3</sup> Más adelante veremos cual es el significado de estos términos.

<sup>4</sup> El tema de la OO dentro del campo de los SIG es recurrente en la última década. La consideración del objeto geográfico no es necesariamente equivalente a la aplicación de métodos de programación definidos como OO. En cualquier caso, no es evidente ni fácil de distinguir si se trata de una moda puramente informática o realmente de una nueva forma de aproximación a la realidad geográfica.

los sistemas y servidores de información geográfica en red y distribuidos (Internet) y los llamados SIG móviles (aplicación de los SIG en el ámbito de la telefonía móvil)<sup>5</sup>.

### **Definición, funciones y aplicación de los SIG**

Un SIG se puede definir como aquel método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada. Para ello, contaremos tanto con las fuentes de información como con un conjunto de herramientas informáticas (*hardware* y *software*) que nos facilitarán esta tarea; todo ello enmarcado dentro de un proyecto que habrá sido definido por un conjunto de personas, y controlado, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo. En definitiva, un SIG es una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas..) y alfanumérica (estadísticas...) para obtener una información derivada sobre el espacio.

Algunas definiciones de Sistema de Información Geográfica recogidas por Gutiérrez y Gould (1994) son:

CEBRIÁN (1988): "Una base de datos computerizada que contiene información espacial".

GOODCHILD (1985): "Un sistema que utiliza una base de datos espacial para generar respuestas ante preguntas de naturaleza geográfica".

ARONOFF (1989): "Un conjunto de procedimientos manuales o computerizados usado para almacenar y tratar datos referenciados geográficamente".

BURROUGH (1986): "Un potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y presentar datos espaciales procedentes del mundo real".

NCGIA (1990): "Sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión".

STAR y ESTES (1990): "Sistema de Información diseñado para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas".

De estas definiciones podríamos interpretar erróneamente que un SIG es igual a una Base de Datos. Cebrián (1994) señala a este respecto las siguientes diferencias entre un SIG y un SGBD:

"En un SIG la información contenida en la base de datos puede ser diseccionada primariamente por localización espacial o por contexto".

"En un SGBD los ítems serán espacialmente direccionables si, y sólo si, una correspondencia es definida entre las localizaciones geográficas y los registros de información (posiciones de memoria)".

Para concluir diremos que no existe un acuerdo unánime sobre la definición de Sistema de Información Geográfica. Si bien la mayoría de los autores están de acuerdo en algunos términos, existen dos tendencias o visiones generales de este campo: una utilitarista en la que se tiende a pensar en los SIG como herramienta y otra finalista en la que se consideran un fin en sí mismo.

---

<sup>5</sup> Más adelante desarrollaremos un poco más en detalle estos nuevos campos de aplicación.

Obviamente ambas concepciones dependen mucho de a qué se van a aplicar y del objetivo mismo del proyecto que se desarrolle.

### **Funcionalidad de los SIG**

Existen al menos cinco argumentos básicos para la utilización de un SIG  
Estos motivos son:

- Un SIG nos permite realizar *análisis vicariantes*, es decir, nos permite realizar comparaciones entre escalas y perspectivas emulando una cierta capacidad de representación de diferentes lugares al mismo tiempo.
- Un SIG nos permite diferenciar entre cambios cualitativos y cuantitativos; aportándonos una gran capacidad de cálculo.
- Un SIG nos permite gestionar un gran volumen de información a diferentes escalas y proyecciones.
- Un SIG integra espacialmente datos tabulares y geográficos junto a cálculos sobre variables (topología).
- Un SIG admite multiplicidad de aplicaciones y desarrollos; poniendo a nuestra disposición herramientas informáticas estandarizadas que pueden ir desde simples *cajas de herramientas* hasta *paquetes llave en mano*.

Por estos motivos, se puede afirmar que cada vez los SIG son una herramienta más imprescindible para todas aquellas personas que utilizan información geográfica.

Las dos respuestas fundamentales que un SIG contesta por medio de los mapas (según Cebrián, 1994) son:

- ¿Cuales son las características de las localizaciones incluidas en un área dada?
- ¿Cual es la distribución espacial de un cierto tipo de objeto?

### **Campos de aplicación**

Los campos de aplicación de los SIG son numerosos tal y como avanzábamos al principio de esta exposición. Deberíamos diferenciar en este apartado, y en primer lugar, qué entendemos como métodos de aplicación y qué entendemos como aplicaciones.

Existe una diferencia conceptual entre aplicación como desarrollo y aplicación como campo. Esta diferencia, que explicaremos acto seguido, puede dar lugar a confusiones a la hora de intercambiar criterios con otras personas de la industria SIG.

Entendemos como metodología de aplicación o aplicaciones aquellos desarrollos informáticos encaminados a la construcción de productos específicos para resolver un proyecto o proyectos concretos. Así por ejemplo una aplicación puede ser un programa que realice un cálculo de relaciones cruzadas y reiterativas entre entidades. También podríamos englobar en este apartado a aquellos métodos de diseño e implantación de un proyecto SIG.

También podemos entender por aplicaciones los diferentes campos de usos de los SIG. Así podríamos hablar de aplicaciones socioeconómicas, forestales, catastrales, etc. Son en éstas en las que a continuación entraremos.

## **Aplicaciones en el ámbito de la Administración Pública**

Sin lugar a dudas la Administración ha sido el gran motor del desarrollo e implantación de los SIG. Ya lo veíamos en el apartado de historia y es evidente en el caso de nuestro país, donde la formación del nuevo catastro, y la adopción de esta tecnología, supuso el impulso definitivo a la implantación de estos sistemas.

Actualmente los SIG son una herramienta habitual en prácticamente todos los niveles de la Administración Pública. Desde la Administración Central hasta los Ayuntamientos pasando por Gobiernos Regionales y Diputaciones, la mayor parte de los organismos vinculados de una u otra forma con la ordenación territorial, el medio ambiente, la gestión catastral, etc., han incorporado esta tecnología. En muchos casos los resultados no han sido muy brillantes o no se han producido todavía. Esto se debe en gran medida a la ausencia de un estudio previo del Sistema y a la escasez y falta de calidad de la información geográfica en formato digital.

## **Aplicaciones de carácter socioeconómico**

Uno de los campos *privados* de aplicación que cuenta con mayor potencial de desarrollo es el de carácter socioeconómico. Aquí se incluyen aplicaciones del tipo de localización de servicios y negocios, análisis financieros y de mercado o gestión del patrimonio. También se han lanzado campañas orientadas a hombres de negocios para aplicar SIG a la planificación y control de equipos de marketing. Desde hace unos años se ha puesto en boga el término Geomárketing que trata de englobar la aplicación de los SIG al estudio de mercados.

## **Aplicaciones en el campo medioambiental**

Otro campo tradicional y frecuente de desarrollo de aplicaciones ha sido el Medio Ambiente. En él se enmarcan proyectos de gestión de riesgos ambientales, usos del suelo (CORINE-LAND COVER), gestión de Espacios Naturales (SINAMBA), control de la contaminación (SICAH), etc.

Frecuentemente se opina que el estudio del Medio Ambiente encaja mejor en la lógica de análisis de los sistemas ráster, esto es debido en gran medida a que los primeros sistemas ambientales se desarrollaron bajo este formato y a que los estudios medioambientales suelen utilizar variables continuas que se representan mejor en esos sistemas. No obstante, hoy en día muchos sistemas combinan ambas posibilidades, potenciando los estudios medioambientales con características de ambos métodos (vectorial y ráster).

## **Aplicaciones en el campo de las *utilities*<sup>6</sup>**

Otro campo de aplicación con un fuerte desarrollo es el de las utilidades (traducción literal del inglés *utilities*). Este suele incluir aquellos apartados referidos básicamente a redes de conducción de energía (gas, agua, electricidad...). En muchos casos ha tenido un desarrollo paralelo al de la ingeniería de cada especialidad, dándose productos específicos e independientes de los SIG de propósito general. En España se están llevando a cabo desarrollos en todos éstos.

---

<sup>6</sup> No es fácil darle una traducción adecuada al término en español. Este campo tiene unas características propias que le hacen entroncar directamente con aspectos más ingenieriles que geográficos. Las posibles traducciones del término incluirían: infraestructuras locales, redes de distribución, etc... todos ellos términos que en castellano pueden tener connotaciones distintas a l término original en inglés.

## Otros campos de aplicación

Lógicamente esta división de aplicaciones no se pueden considerar como compartimentos estancos, sino que son numerosas las que se podrían enmarcar en varios de ellos a la vez, o que no estarían directamente relacionadas con ninguno. Un campo de gran auge ha sido el de la educación y la investigación (en España numerosas universidades trabajan con estos sistemas); también hay aplicaciones relevantes como seguridad, controles de navegación, análisis electorales y un largo etcétera.

En definitiva, los SIG pueden aplicarse en todas aquellas tareas y proyectos con una componente territorial, como una base de integración multidisciplinar basada en el análisis de elementos geográficos.<sup>7</sup>

## Los SIG en Internet

Harder (98) afirma que Internet no cambia la naturaleza básica de los SIG, la pone "on line". Este autor pone de relieve la importancia que tienen los SIG en Internet donde "cada día millones de personas acceden a información geográfica". ¿Pueden los SIG aportar algo más que esa mera utilización o acceso a información de carácter geográfico?, indudablemente sí. Un SIG en Internet puede utilizarse para localizar servicios, buscar rutas y direcciones, publicar Atlas electrónicos, notificar sucesos de características geográficas (inundaciones, terremotos...), acceder a Bases de Datos de Organismos Públicos tales como censos, realizar aplicaciones de seguridad como análisis geográficos de criminalidad, realizar análisis demográficos, utilizar datos procedentes de la teledetección, visualizar condiciones medioambientales... Todas estas aplicaciones responden a servicios de SIG en Internet que ya existen en la actualidad y que cada día son demandados por más personas. La tendencia es a implicar estas herramientas en una especie de uso cotidiano de la información geográfica encaminado a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos a través de las tecnologías de la información.

Harder también especifica cuales son en la actualidad las diferentes formas de funcionar un SIG en Internet:

La forma más simple serían aquellos mapas que sólo muestran localizaciones. En este caso el servidor web simplemente pone a disposición del usuario una imagen GIF o JPEG. Sería una aplicación estática como por ejemplo la localización de un servicio o infraestructura que no va a variar en mucho tiempo (un mapa del Ciemat por ejemplo).

<http://www.ciemat.es/imagenes/edificios/ed22.jpg>

Una pequeña complicación sobre el caso anterior serían los mapas que muestran cambios, donde el servidor actualiza automáticamente las imágenes cada cierto tiempo. Sería el caso de los servidores meteorológicos con imágenes Meteosat.

<http://www.elpais.es/p/d/20000727/espana/meteo.htm>  
<http://www.anticlon.com/NASApp/canalTiempo/index.jsp>  
<http://www.inm.es/cmt/madr/index.html>

Un paso más adelante es cuando el usuario puede generar su propio mapa. En este caso ya tenemos un SIG por encima del servidor web, y a éste aceptando peticiones del usuario y sirviéndole mapas como respuesta. Es el caso de servicios del estilo del Instituto de Estadística de Andalucía donde a partir de las estadísticas y mapas almacenados podemos construir un mapa de

---

<sup>7</sup> Sin duda es esta la mayor herencia o aportación de la Geografía a los SIG.

aquellos municipios que nos interesan con una variable dada (por ejemplo los municipios de Almería con la densidad de población masculina en 1991).

[http://www.iea.junta-andalucia.es/sima\\_web](http://www.iea.junta-andalucia.es/sima_web)

Mapas producto de un análisis espacial como pueden ser búsquedas geográficas, condicionadas, etc.... Es el caso de páginas del estilo *páginas amarillas* o *visa* donde, por ejemplo, podemos encontrar todos los cajeros automáticos existentes en un radio dado a donde nos encontramos. La estructura es similar a la anterior pero con algún tipo de complemento en la parte de gestión y acceso a la BD por parte del SIG.

<http://www.paginas-amarillas.es/PAM4/CALLEJERO2>  
<http://www.visa.com>

Mapas producto de un procesamiento de datos geográficos. El SIG en el servidor procesa o transforma los datos almacenados como respuesta a la petición del usuario. Por ejemplo, generando un MDT con un grado de elevación del Sol determinado para una zona dada. En este caso, el SIG situado sobre el servidor web ha de tener la capacidad de realizar las operaciones requeridas (por ejemplo análisis raster o tin).

Servicio de datos públicos. En este caso, el organismo pone a disposición del usuario sus datos geográficos con carácter gratuito para que éste pueda descargarlos y utilizarlos con el SIG de su propio ordenador. La estructura sería un repositorio de datos al que el usuario web lanza una petición devolviéndola en forma de datos para utilizar en su SIG local. Un buen ejemplo es el "extractor" de líneas de costa del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), del que se pueden descargar las líneas de costa de todo el Mundo a diferentes escalas y en diferentes formatos.

<http://crusty.er.usgs.gov/coast/getcoast.html>

Servicio de venta de datos. El objetivo es el mismo que en el caso anterior pero en este caso la empresa u organismo cobran por facilitar esa información. Esto implica que cuando se hace la petición al repositorio habrá que pasar previamente por un servidor de comercio electrónico. Aunque en EE.UU. los datos públicos son gratuitos y son las empresas que cuentan con datos propios las que los venden, en general en Europa no suele suceder esto. En España, por ejemplo, venden datos geográficos tanto los organismos públicos como las empresas, aunque lamentablemente todavía no es posible en muchos casos utilizar un sistema de comercio electrónico.

<http://www.ordsvy.gov.uk/home/index.html>

La tecnología de servidores de mapas tiene su primer desarrollo en 1993 con el Xerox<sup>®</sup> PARC Map Viewer, servidor html que ya no está en funcionamiento. Los avances más recientes se están produciendo en la línea de estructuras cliente - servidor, SIG basados en la tecnología OO y SIG distribuido. En este sentido es interesante visitar la página web del Computer Resource Laboratory (CRL) del MIT (Instituto Tecnológico de Maschussets) <http://gis.mit.edu>

El fenómeno Internet está marcando los desarrollos del mundo SIG. Junto a este desarrollo de Internet asistimos a otros avances interdependientes como son los SIG móviles<sup>8</sup> y la interoperabilidad<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> En paralelo al auge de la telefonía móvil y la tecnología WAP.

<sup>9</sup> Investigación en lenguajes que permitan el intercambio de datos y aplicaciones geográficas con el fin de potenciar los SIG distribuidos y los servidores de mapas.

Como vemos, el mundo Internet supone una auténtica revolución en el uso masivo de la Información geográfica. Lamentablemente los recursos destinados a obtener esa información, a controlar su calidad y a fomentar la investigación geográfica no van en paralelo a este boom.

## Cartografía Básica

### Los SIG y los mapas

Los SIG multiplican al tiempo que facilitan las posibilidades de componer un mapa. Pero esta facilidad puede ser también una trampa si no tenemos unos conocimientos adecuados de composición cartográfica. Un mapa es un documento que nos tiene que *hablar*, ha de ser capaz de transmitir al usuario la información que la persona que lo realiza ha determinado. Para ello, ha de estar sujeto a las normas y convenciones del lenguaje cartográfico, es lo que denominamos *sintaxis cartográfica*. A continuación vamos a realizar un breve repaso de aquellos elementos más relevantes en un mapa.

Un mapa es una representación de la realidad y no la realidad misma. Para representar esa realidad deberemos de utilizar unas convenciones. En primer lugar la realidad a representar es generalmente volumétrica y por lo tanto implica un cambio de tres dimensiones a dos<sup>10</sup>. Este cambio de tres a dos dimensiones se suele suplir describiendo la tercera dimensión como un atributo (así por ejemplo una cota de una montaña tendría una localización de coordenadas x e y que podemos leer sobre el mapa y un atributo, z, que sería la altura).

Otro aspecto muy importante es el paso de una superficie esférica a otra plana. Para ello utilizamos las **proyecciones**<sup>11</sup>. Las proyecciones sirven para representar sobre un plano la superficie esférica de la Tierra con la menor deformación posible, utilizando para ello una red de meridianos y de paralelos. Existen cientos de proyecciones en función de la forma en la que se da este proceso. Las podemos agrupar en tres sistemas básicos: cilíndricas, cónicas y acimutales o polares. Las primeras utilizan como plano de proyección un cilindro tangente a la superficie de la Tierra. En el segundo caso se trataría de un cono tangente o secante. Y en el tercero el plano de proyección iría tangente a un solo punto. (Ver figura 1).

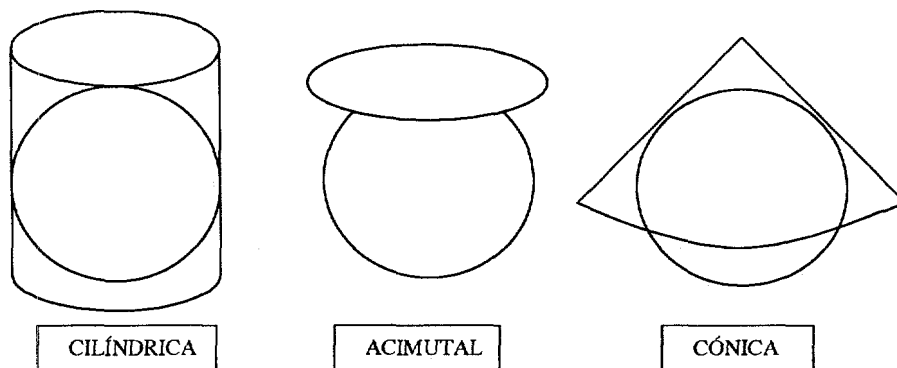


Figura 1: Proyecciones.

<sup>10</sup> Traten de imaginar como puede complicar esto el trabajar con una cuarta dimensión temporal.

<sup>11</sup> De gran interés es el documento de Peter H. Dana (*Map Projections Overview*) en [http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html)

Las principales propiedades de las proyecciones se definen en función de las dimensiones mejor conservadas (o menos deformadas). Las proyecciones conformes no deforman los ángulos, las equivalentes las superficies y las equidistantes las distancias.

El tercer aspecto a tener en cuenta es la **escala**. La escala de un mapa es la relación entre éste y la realidad. Si la realidad es una escala 1:1, un mapa a escala 1:50.000 representaría, por ejemplo, 500 m. de una carretera en un tramo de 1 cm. Cuanto menor sea el factor de escala, mayor será ésta y a la inversa. Así hablamos de pequeña escala cuando utilizamos mapas a partir de 1/200.000, de escalas medias entre ésta y el 1/25.000 y de gran escala de hay hacia abajo. La escala de un mapa será la que determine el nivel de información del mismo.

### **Fuentes de Información Geográfica (IG)**

En el apartado anterior comentábamos la enorme importancia de la IG. No siempre resulta sencillo extraer estos datos de una fuente única, coherente y de calidad. Repasemos de forma somera cuales son las principales fuentes de IG en España (ver tabla al final del apartado).

Esta tabla no pretende ser un catálogo exhaustivo de la cartografía publicada en nuestro país. De ella podemos extraer varias conclusiones:

Cuando nuestro proyecto se enmarque en el ámbito de una única unidad administrativa la búsqueda de información será más cómoda y completa, ya que además de la cartografía publicada por los organismos centrales tendremos la correspondiente a los organismos del nivel administrativo estudiado (Ayuntamiento, Gobierno Regional).

La dispersión de la cartografía temática es muy superior a la de la básica. Normalmente tendremos que recurrir a los organismos o empresas implicadas en el tema de estudio. Y en muchos casos elaborarla nosotros mismos.

La mayor parte de la cartografía relacionada con la Geografía Humana (infraestructuras, usos del suelo, etc.) tiene problemas de actualización (menos en el caso de organismos autonómicos).

Mucha de esta cartografía no se encuentra en formato digital, y en los casos en los que sí se encuentra suele haber problemas de formatos, calidad, etc. Sin embargo, cada día son más los organismos cartográficos que colocan sus catálogos en Internet lo cual nos facilita enormemente la búsqueda de los mapas que necesitemos.<sup>12</sup>

Antes de iniciar un proyecto y definir una zona de estudio es conveniente tener en cuenta estos factores, y definir con exactitud qué se va a utilizar, a qué escala y cual será la fuente.

En el caso de que nuestro proyecto tenga un carácter supranacional nos encontraremos en situaciones completamente distintas en función del ámbito geográfico y administrativo en que nos movamos. Así por ejemplo, Estados Unidos dispone de gran cantidad de datos públicos a los que se puede acceder a través de Internet<sup>13</sup>, sin embargo muchos otros países no disponen tan siquiera de cartografía o información. A nivel europeo la consulta a EUROSTAT será imprescindible, amén de los propios servicios cartográficos y estadísticos nacionales. También en Europa es de destacar el servidor del Centro Nacional de Información Geográfica de Portugal con

---

<sup>12</sup> Al final del Informe incluimos un anexo con direcciones web de algunos de estos organismos.

<sup>13</sup> Ver direcciones URL al final del documento.

una buena recopilación de cartografía, incluyendo metadatos<sup>14</sup>, y con parte de ella de libre difusión (Corine Land Cover).

TIPO Y TEMA	COBERTURA	ORGANISMO	ESCALA	NIVEL GEOGRÁFICO
Cartografía Básica: (Topografía, vías de comunicación, hidrografía, poblamiento y toponimia).	Cobertura nacional	IGN, SGE	Escalas entre 1/25.000 y 1/1.000.000 (e inferior)	Desde municipio a país.
	Cobertura regional	Servicios regionales: ICC, etc...	Escalas aprox. 1/10.000 a 1/800.000 (en función de las dimensiones de la Comunidad).	Desde municipio a región.
	Cobertura local y comarcal	Ayuntamientos Diputaciones...	Escalas 1/500 a 1/25.000	Desde parcela a comarca.
Cartografía Temática: Geológico	Cobertura nacional	ITGE	1/50.000 y 1/200.000	
Cultivos y aprovechamientos	Cobertura nacional	MAPA	1/50.000	
Usos del suelo	Unión Europea	IGN	1/100.000 (1/250.000)	
Catastro	Cobertura Nacional	CGCCT y Ayuntamientos	1/500 1/1.000 1/5.000	Parcela
Red Eléctrica y subestaciones	Cobertura nacional	REE	1/1.000.000	País
Mapa Forestal de España	Cobertura nacional	MAPA	1/200.000	País

<sup>14</sup> Los metadatos son la información sobre la cartografía: autores, escala, proyección, fechas de realización, etc.

### Estructuras de Datos

Habitualmente la información en un SIG se estructura de dos formas. Mediante el uso de vectores que representan los diferentes objetos geográficos de forma individualizada y mediante el uso de matrices que tratan el territorio como un todo continuo en un sistema cartesiano. En el primer caso hablamos de SIG vectorial y en el segundo de SIG matricial o ráster. Aunque existen otras formas más complejas, las más extendidas son éstas.

Un sistema vectorial es aquel en el que el territorio se representa a partir de vectores, éstos se localizan en el espacio mediante pares de coordenadas coincidentes con su origen y destino (en el caso de los puntos es el mismo). Las características del objeto representado por el vector van asociadas al mismo en forma de atributos. La representación de objetos lineales (carreteras, ríos, etc.) se realiza definiendo igualmente su origen y su destino, y describiendo la sinuosidad de la línea mediante vértices (pares de  $x, y$ ). La combinación de varios vectores con un origen y un destino común se utiliza para describir superficies o áreas (p. ej. usos del suelo).<sup>15</sup> (Ver figura 2).

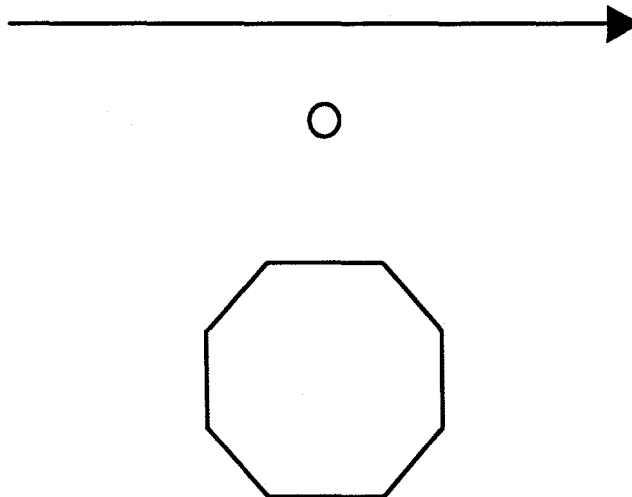


Figura 2: Representación vectorial.

Podemos definir un SIG *ráster* como aquel que realiza sus cálculos a través de una estructura matricial, en la que cada celda o *píxel* tiene un valor y una localización determinadas. De esta forma, todo el territorio descrito tendrá un valor. Estas matrices pueden tener un valor binario que reflejaría la existencia o ausencia de un objeto geográfico determinado (por ejemplo para representar una línea eléctrica mediante un sistema ráster podríamos dar a los píxeles el valor 1 en el caso de que exista red y 0 para el caso de que no exista). También pueden tener un valor decimal cuando queramos representar variables continuas (por ejemplo la altura, la distancia a una red, etc.). Los valores enteros pueden ser utilizados para representar superficies temáticas (por ejemplo usos del suelo). (Ver figura 3).

<sup>15</sup> El no considerar a las estructuras de datos OO como distintas a estas dos, responde a que las que he podido manejar responden a la estructura vectorial. Así por ejemplo, las Bases de Datos Geográficas (GeoDataBase) de ArcInfo™ 8 incorporan entidades como objetos, estas se diferencian de las coberturas vectoriales o *covers* en que cuentan con propiedades y métodos, como es propio en el diseño OO, pero la descripción gráfica del objeto se realiza mediante vectores.

Ambos sistemas se diferencian fundamentalmente en la estructura de los datos espaciales, en las relaciones topológicas, en el volumen físico de la información y en los métodos de análisis<sup>16</sup>.

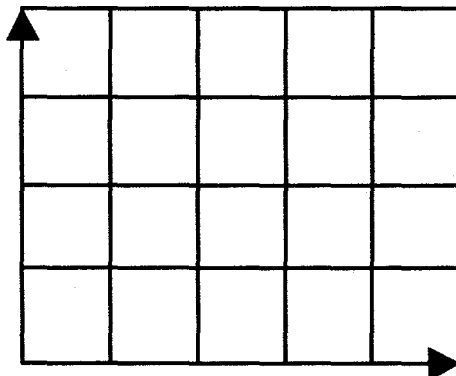


Figura 3: Representación raster.

## Topología

La topología es el campo de las matemáticas que estudia las relaciones de los elementos en el espacio. La existencia de estas relaciones es la clave para diferenciar entre sistemas de cartografía automática (A.M.) y SIG. La concepción de estas relaciones varía entre los sistemas matriciales y vectoriales. En los sistemas matriciales las relaciones se producen entre celdas como análisis, generalmente, de vecindad, conformándose las entidades espaciales a partir de la proximidad física y de atributos entre los píxeles. Los sistemas vectoriales se suelen basar en una topología arco-nodo que viene definida por la direccionalidad, la conectividad y la proximidad entre vectores; de forma tal que a partir de éstos y otros valores se definen las diferentes entidades espaciales.

Cebrián (1994) define la Topología de la siguiente forma:

“En sentido formal, un espacio topológico, o una topología, es un conjunto abierto (A) que esta partido en una serie de subconjuntos abiertos (T), de forma tal que, primero,  $\phi$  y  $A \in T$  y, segundo, la intersección y la unión entre cualquier subconjunto de T es también un subconjunto de T”. “La topología de un mapa es el conjunto de relaciones que describen la posición relativa de sus componentes”.

La topología tiene una gran importancia en el desarrollo y evolución de los SIG. Es determinante en sus capacidades de análisis y define en gran manera el desarrollo de los formatos de la información geográfica.

---

<sup>16</sup> Es en este aspecto donde las estructuras de datos OO se diferencian de las otros. Como decíamos anteriormente, estas estructuras incorporan propiedades y métodos, lo que nos permite realizar análisis por esta vía (relaciones de pertenencia a una clase, herencias, relaciones uno a uno o uno a muchos...). No obstante, el soporte de este diseño son BD relacionales, basadas eso si en el DOO, con lo que muchas de las relaciones y análisis se pueden realizar con características y resultados similares en SIGs convencionales o no OO.

## Procesamiento de la información

Parece un tópico afirmar que *la información es poder*, en nuestro caso podemos afirmar que la información nos puede. Un SIG tiene una dependencia total de las fuentes de información de las que se nutre. De este modo, jamás podremos realizar una cartografía coherente a escala 1/25.000 si la fuente de información es 1/50.000 (por poner un ejemplo). Estamos de esta forma totalmente determinados por el ajuste, escala y veracidad de los datos, siendo imposible superar esta barrera al no ser que nosotros seamos nuestra propia fuente de información.

A continuación vamos a revisar cuáles y cómo se organizan los datos en un SIG, cómo podemos cargar esta información a nuestro sistema y las necesidades de comprobación y corrección con que nos encontraremos en nuestro trabajo.

Básicamente podemos diferenciar los datos que maneja un SIG en dos grandes grupos: gráficos y tablas. El primer grupo incluye la cartografía y todos los productos derivados de la captación de imágenes desde una plataforma exterior (fotografía aérea, ortofotos, imágenes de satélite, etc.); el segundo grupo está formado por todos aquellos datos de estructura tabular que puedan ser relacionados con el territorio o superficie a analizar (censos, datos de campo, estadísticas, encuestas, proyecciones, etc.). Estos datos se relacionan, generalmente, dentro del sistema a través de los que podemos denominar como *apuntadores*, que serían un dato común al mapa y a la base de datos (por ejemplo un código municipal, un número de sondeo, el número de una carretera, el nombre de un río, etc.).

Progresivamente, los organismos responsables de la información a nivel nacional e internacional, van produciendo documentos ya informatizados que nos pueden ser de gran utilidad; algunos de estos centros son: el INE, CNIG, CGCCT, EUROSTAT, USGS, etc. Al tiempo, muchas empresas privadas se están especializando en la producción de datos digitales para su utilización con SIG. No obstante, queda mucho camino aún para llegar a una situación medianamente óptima, y es de esperar que no se avance únicamente en la cantidad de información producida sino también en su calidad.

La incorporación de datos en un SIG esta mediatizada por la disponibilidad de fuentes de información; así por ejemplo, si quisiéramos incorporar un mapa topográfico a nuestro sistema tendríamos que seguir alguno de estos pasos: si el mapa no existe deberíamos realizar un levantamiento topográfico utilizando bien tabletas electrónicas de campo o sistemas G.P.S. (*Global Position System*); en el caso de que el mapa exista en papel deberíamos digitalizarlo o *escanearlo*, y en el caso de que el mapa existiese en formato digital lo podríamos utilizar directamente o bien habría que utilizar algún formato de conversión. Una alternativa que va tomando fuerza día a día, es la utilización de datos de satélite, incorporando al sistema las imágenes digitales previamente tratadas. Este impulso de la teledetección no obvia la inmensa utilidad de la fotografía aérea cuya restitución se puede realizar mediante sistemas digitales que nos permiten incorporar la información al SIG.

Muchas veces se ha dicho que la información supone el 80% de un proyecto SIG, esto suele ser cierto, y también lo es que dentro del apartado de la información una gran parte de los esfuerzos se centran en las tareas de armonización, corrección y puesta operativa de los datos. Por ello, se hace imprescindible que en el arranque de nuestro proyecto tengamos en cuenta el análisis de la información a utilizar, así como los métodos de carga al sistema y el control sobre los datos, para así poder evitar las excesivas correcciones que, amen del tiempo que nos puedan llevar, suponen una nueva distorsión de las fuentes.

## Análisis espacial con SIG

Si alguna herramienta o potencialidad es intrínseca a la definición de un SIG ésta es el análisis espacial. Ésta está determinada por la existencia de relaciones topológicas entre los elementos y permite realizar cálculos entre variables y obtener así nuevos datos. Las principales herramientas de análisis espacial en un SIG son la superposición, la determinación de áreas de influencia, los análisis de vecindad, el análisis de redes y los modelos del terreno. Todo ello da a los SIG una enorme capacidad de modelización y prospectiva.

### Superposición

Está considerada como la herramienta básica del análisis espacial y, por ende, de los SIG. Permite realizar (con métodos matriciales o vectoriales) el solapamiento de capas de información para así obtener nuevas capas con datos derivados del cálculo entre las anteriores. Es por tanto una importante fuente de producción de cartografía analítica y sintética que nos permite una complejidad creciente en nuestros análisis. La superposición debe responder a preguntas del estilo de ¿qué es común?, ¿qué es diferente? y ¿qué está en uno o en otro? (incluido en, pertenece a, etc.).

### Áreas de influencia

Entendemos como áreas de influencia aquellas que a partir de una entidad espacial y de acuerdo a una variable o conjunto de variables define una nueva entidad en el espacio. Estas nuevas entidades suelen ser del estilo de *corredores (buffers)*, *círculos o coronas (donuts)* o figuras irregulares o regulares en función del polígono de origen. Otra posibilidad es la denominada *segmentación dinámica* (de gran utilidad en el análisis de redes), que permite dividir una línea en relación a los diferentes valores que posea en cada segmento (caudales, volumen de tráfico, índice de contaminantes, etc.) pudiendo dar de este modo diferentes anchuras a un mismo corredor en función del valor de la variable en cada segmento.

### Análisis de vecindad

Los análisis de vecindad son habituales en los sistemas ráster. Nos permiten, mediante la aplicación de diferentes algoritmos, conocer cómo se relaciona un objeto geográfico con su entorno y viceversa. Permiten por ejemplo conocer a qué distancia se encuentra cualquier punto de nuestra zona de estudio respecto de una red eléctrica o un foco de contaminación, o cuantas fuentes de contaminación existen alrededor de un núcleo urbano a una distancia dada.

### Análisis de redes

Otra de las potencialidades del análisis espacial a partir de la topología es la de construir sistemas de redes. Estas pueden ser de cualquier tipo (hidrográficas, carreteras, transportes, eléctricas...) siempre que mantengan su característica de sistema (dirección, conexión, etc.). Los análisis más frecuentes en este ámbito son aquéllos que buscan rutas óptimas y los que sirven para asignar recursos a lugares contribuyendo así a la localización de los mismos.

### Modelos Digitales de Elevaciones

Una herramienta ya clásica son los Modelos Digitales de Elevaciones (M.D.E.). Estos tienen diferentes nombres en función de la técnica utilizada para el levantamiento o de la variable a representar. Las técnicas utilizadas varían desde la utilización de modelos de triangulación (comunes en geodesia) a la realización de matrices cuadrangulares aportando un valor de z a cada celda. Una de las ventajas de estos modelos es la posibilidad de obtener perfiles

o cortes, también podemos realizar con ellos análisis de visibilidad (muy útiles para las declaraciones de impacto ambiental), de insolación (planificación agronómica...), etc. No hay que olvidarse en ningún caso de dos aspectos: en primer lugar que la variable z no tiene porque ser únicamente altura (son comunes las representaciones de población, accesibilidad, caudales, contaminación...) y, en segundo lugar, que la representación obtenida no deja de ser un modelo interpolado a partir de datos reales y que por tanto los datos obtenidos necesitan ajustarse a unos coeficientes de calidad prefijados para el objetivo del proyecto.

## **Modelización y prospectiva**

Las herramientas de análisis espacial dotan a nuestro SIG de una enorme capacidad para modelizar el territorio y por lo tanto el SIG puede ser utilizado como una herramienta de simulación y de prospección. Esta posibilidad no descarta el uso, por otro lado bastante frecuente, del SIG como sistema de almacenamiento o banco de información geográfica. En cualquier de los dos casos: modelización del territorio o simple descripción del mismo<sup>17</sup> uno de los principales objetivos de nuestro análisis será producir mapas que reflejen los resultados del mismo.

## **Cartografía Temática**

En este apartado vamos a revisar los conceptos de cartografía temática, veremos también cómo podemos clasificar los mapas y por último revisaremos algunas nociones básicas sobre el uso del color.

Podemos definir un mapa temático como aquel que, sobre una base cartográfica simplificada, representa fenómenos geográficos, tanto cualitativos como cuantitativos. Un mapa temático es en buena medida el final del proceso investigador<sup>18</sup>. De esta forma el mapa será la suma de las fuentes y de la propia aportación o interpretación personal del investigador.

Podemos considerar como **fuentes** habituales para la elaboración de la cartografía temática las siguientes:

- Las estadísticas
- Otros mapas
- Las encuestas y descripciones literarias
- El trabajo de campo
- Las imágenes

Son múltiples las **clasificaciones tipológicas** que se realizan de la Cartografía Temática. Entre ellas podemos distinguir entre:

---

<sup>17</sup> Si bien cualquier descripción es una forma de crear un modelo o imagen del territorio, en este apartado estamos utilizando el concepto de modelo en su sentido más cuantitativo y determinista.

<sup>18</sup> La presentación de un mapa como conclusión del proceso estudiado es habitual tanto en ciencias sociales como en ciencias de la tierra. Así por ejemplo, un estudio sobre recursos eólicos regionales se puede culminar presentando un mapa de la distribución espacial de la velocidad media anual del viento.

Clasificación	Ejemplos
Mapas físicos / cartografía temática de recursos y actividades humanas	Mapa de ríos / mapa de producción agraria
Mapas cuantitativos / cualitativos	Densidad de población / calidad paisajística
Información / investigación	MTN <sup>19</sup> / mapa geomorfológico
Dinámicos <sup>20</sup> / estáticos	Cambios de usos del suelo / producción agraria
Analíticos, sintéticos y tipológicos	

Una clasificación habitual es la que distingue entre mapas analíticos, sintéticos y tipológicos:

- Analíticos:

Forman parte de un tema más general

Son fáciles de leer y de realizar

Relacionan la variable con su entorno geográfico

Ejemplos: Isoyetas, puntos, círculos proporcionales, poblamiento....

- Sintéticos elementales:

Analizan la relación entre variables

Se obtienen por superposición de analíticos

La variable cartografiada es producto de otras dos

Utiliza cálculos numéricos sencillos

Su lectura es más compleja

Ejemplos: Mapas de densidad

- Sintéticos avanzados

Utilizan un tratamiento estadístico más complejo

Tienen múltiples variables de entrada

Poseen una mayor abstracción y generalización

Ejemplo: Mapas geomorfológicos

---

<sup>19</sup> Mapa Topográfico Nacional

<sup>20</sup> En el fondo todos los mapas son dinámicos, ya que la situación que se describe raramente es inmutable, a la par que suele ser fruto de un proceso anterior. Dentro de los mapas dinámicos también podemos diferenciar entre los que describen flujos (por ej. Migraciones) y evolución (por ej. desertificación).

- Tipológicos:

Son mapas complejos

De lectura mas difícil

Ejemplos: Tipos climáticos, dominios de vegetación, tipologías agrarias...

Uno de los aspectos más relevantes de la Cartografía es el uso del **color**, el cual nos aporta información, contribuye a aumentar el interés visual del mapa y facilita la jerarquización<sup>21</sup> de los contenidos.

El color tiene una carga simbólica importante. Utilizamos determinados colores para transmitir determinadas sensaciones, así por ejemplo:

- Verde ⇒ frío
- Rojo ⇒ caliente
- Azul ⇒ húmedo
- Amarillo ⇒ soleado

El color debe ser un medio de comunicación de nuestro mapa. Esto implicará una adecuada combinación de rigor científico y estético.

En este sentido, podemos utilizar no sólo el tono sino también la luminosidad. Así, colores más oscuros tendrán un valor mayor que colores más claros. Al realizar una escala graduada de colores debemos de tener esto en cuenta asignando a los valores mayores el tono más oscuro. Además, para que esa escala o gradación sea fácilmente legible, no deberemos de utilizar más de cuatro o cinco valores.

Hay colores cuyos tonos utilizamos habitualmente de forma individual<sup>22</sup>: azul, verde, amarillo, rojo, marrón, negro y blanco. Veamos algunos ejemplos:

- Rojo ⇒ carreteras, núcleos, calor, valores negativos
- Negro ⇒ comunicaciones (incluye FF.CC. y caminos), rotulación, marcos
- Verde ⇒ vegetación, tierras bajas y húmedas
- Amarillo ⇒ zonas secas, elevaciones intermedias
- Marrón ⇒ relieve
- Azul ⇒ hidrografía, zonas frías, valores positivos

En conclusión, la cartografía temática debe ser concebida como la aportación de un proceso investigador. En ella será relevante el uso de símbolos y colores, que estarán diseñados para

---

<sup>21</sup> Así, un fondo monocromático (por ejemplo amarillo) facilita la percepción de las líneas.

<sup>22</sup> Son los colores de la cartografía básica.

actuar como un "medio de comunicación" de los objetivos de nuestro trabajo. Las características de rigor y legibilidad serán indispensables para alcanzar adecuadamente esos objetivos.

## Los SIG en el CIEMAT

En el CIEMAT se llevan varios años desarrollando proyectos y aplicaciones con SIG. Esta experiencia se plasma en la actualidad en tres grandes líneas de actuación:

- Software
- Difusión de la tecnología
- Proyectos

En el apartado de Software el Ciemat partía de una situación caracterizada por la dispersión de los productos, la cual impedía el desarrollo de proyectos interdepartamentales y encarecía la adquisición de nuevos paquetes. En la actualidad, el centro dispone de un sistema SIG de "sobremesa"<sup>23</sup> estándar para todos los investigadores del Centro, disponible a través de su red interna<sup>24</sup>, y mantenido y actualizado de forma centralizada. Como complemento, también se cuenta con un SIG sobre UNIX<sup>25</sup> que actúa como laboratorio y que permite la realización de proyectos en los que los requerimientos de cálculo sobrepasan a los sistemas bajo Windows. Esta estandarización permite mantener abierto un sistema de asistencia técnica a los usuarios, que se complementa con aspectos generales del mundo de la cartografía, el SIG y la IG.

Se está estudiando el sistema para desarrollar un almacén de datos geográficos disponibles para todo el centro. Así mismo también se está estudiando la posibilidad de implantar algún tipo de herramienta de "servidor de mapas".

La difusión de la tecnología SIG dentro del CIEMAT tiene varios cauces. El principal de ellos es el desarrollo de diferentes cursos dentro del programa de Formación Interna. En estos cursos se han impartido más de 100 horas lectivas en torno a temas tanto genéricos de la cartografía y el SIG como específicos de los diferentes paquetes de software, con una participación de más de 50 alumnos.

Otro de los cauces para esta difusión es el uso de las listas de distribución de correo electrónico. El CIEMAT mantiene una lista interna de distribución de correo electrónico sobre cartografía, SIG y teledetección con más de 30 miembros a través del sistema WILMA<sup>26</sup>.

En el apartado de desarrollo de proyectos y aplicaciones (ver Domínguez y otros, 1998) podemos destacar el importante papel de los SIG en el desarrollo de proyectos vinculados principalmente a dos áreas: las Energías Renovables y la Contaminación Ambiental. En el primer caso se han desarrollado múltiples aplicaciones entre las que podemos destacar por su proximidad en el tiempo las siguientes: evaluación del potencial de Andalucía para la instalación de una central mixta de producción de energía eléctrica a partir de biomasa y de energía solar térmica; desarrollo

---

<sup>23</sup> ArcView® 3.2 de ESRI.

<sup>24</sup> El CIEMAT dispone de un sistema de mantenimiento centralizado de PCs denominado Cenit.  
<http://www.ciemat.es/informatica/proyact/ppcenit.html>

<sup>25</sup> Arcinfo™ 8.0.2 de ESRI.

<sup>26</sup> Web Interactivo para Listas de correo sobre MAjordomo

de una aplicación con Arcinfo para el uso de la Base de Datos Corine Land Cover en el Análisis de la Rugosidad del terreno para la evaluación y modelización del potencial eólico con Wasp y por último, la culminación de un proyecto, en el que lleváramos varios años trabajando (ver Domínguez, 1996 y Domínguez y Amador, 2000), de evaluación y análisis de sensibilidad de los parámetros técnicos y económicos en la aplicación de los SIG a la integración regional de las Energías Renovables en la producción descentralizada de electricidad<sup>27</sup>.

Respecto del área de contaminación ambiental se han desarrollado proyectos relacionados con los sistemas de alertas de contaminación atmosférica, donde cabe destacar el proyecto SICAH, Sistema de Información sobre Contaminación Ambiental en el polígono industrial de Huelva donde se ha combinado el uso de herramientas SIG, con códigos de simulación y gestión de Base de Datos (ver González y otros, 97 y Martín y otros, 97). También en este ámbito de emisiones atmosféricas se han realizado varios estudios sobre las producidas por los medios de transporte (ver Gimeno y otros, 96, Barquero y otros, 96 y Lechón y otros, 2000). Otro ámbito relacionado es el de las cargas críticas y los referidos a suelos.

## Conclusión

El informe que aquí hemos presentado persigue el objetivo, tal y como planteamos al principio, de servir como herramienta de introducción al mundo de la cartografía y de los Sistemas de Información Geográfica. Hemos intentado desarrollar un planteamiento expositivo que tocara al menos los puntos básicos de estas áreas. Abordándolos desde lo más general, definiciones, conceptos..., a lo más concreto del trabajo diario en el CIEMAT.

Resulta obvia nuestra fe en estos sistemas y no es el momento de escribir un panegírico sobre las excelencias de las nuevas tecnologías aplicadas a la Información Geográfica, aunque quizás sí lo es de romper una lanza a favor de los fundamentos científicos que sustentan estas tecnologías, sin los cuales, estaremos escribiendo en el vacío sin ningún tipo de cimiento que nos proteja de modas y campañas puramente comerciales.

Para cerrar el documento incluimos tres apartados: bibliografía, revistas y direcciones de Internet relacionadas con la Cartografía y los SIG. La literatura tecnológica, y en especial la informática, es a menudo efímera. Seguramente esto suceda con algunas de las referencias que hemos recogido. No obstante, obras como las de Bertin, Berri, Borrough, el español Cebrián, y algunas otras, tienen un carácter mucho más permanente. Hemos querido recoger también las ediciones más actuales, intentando realizar una carrera con el tiempo que de antemano sabemos que estamos abocados a perder. Por último, dentro de la Bibliografía, reseñamos artículos y otras referencias de los proyectos desarrollados en nuestro centro, intentando complementar el apartado dedicado a la tecnología SIG en el CIEMAT.

De las revistas reseñadas, el IJGIS es la más relevante desde el punto de vista científico y tecnológico. Cybergeos es una revista viva, de gran calidad, aunque con un contenido mucho más

---

<sup>27</sup> Estos tres proyectos son sólo una muestra reciente del trabajo desarrollado en esta área. Los tres tienen escritos que describen sus resultados aunque lamentablemente no pueden ser citados en estos momentos puesto que se encuentran en vías de publicación.

genérico que supera el ámbito tratado. Las otras son buenas para estar al día de lo que pasa en el "mundillo" SIG, nuevos productos, nuevas empresas...<sup>28</sup>

Por último, las direcciones de Internet que se caracterizan por ser sumamente cambiantes. He tratado de recopilar algunas de las más interesantes. En la red podremos encontrar desde las páginas de las casas comerciales, con abundantes recursos, demos, software de libre distribución, documentos técnicos sobre sus productos y sobre la tecnología en general, hasta auténticas joyas de la didáctica y de la divulgación científica<sup>29</sup>. Además se recogen direcciones de Organismos Cartográficos, Servidores de Mapas, colecciones de enlaces, etc. Obviamente, faltarán muchas direcciones de interés y, probablemente, alguna de las que aparezcan carezca del mismo para muchos de los lectores. Espero que estas carencias se puedan solucionar "navegando" a través de los enlaces proporcionados.

---

<sup>28</sup> Muchas editoriales y distribuidoras de publicaciones tiene sistemas de alerta a través del correo electrónico que nos permiten estar al día de los artículos que se van a publicar.

<sup>29</sup> Un buen ejemplo de ello es el curso sobre Modelos Digitales del Terreno de la página personal de Angel M. Felicísimo. <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/CursoMDT/CursoMDT.html>

## BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, Pau (Ed.): *Tecnología geográfica para el siglo XXI: ponencias y comunicaciones del VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección AGE*: set. 1998. Bellaterra, Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona; Departament de Geografia, 1998; 397 pags. ISBN: 84-8416-270-2.
- Baena Preysler, J.; Blasco Bosqued; Quesada Sanz, F. (coord.) (1997): *Los SIG y el análisis espacial en arqueología*. Universidad Autónoma de Madrid. Servicio de Publicaciones. ISBN: 84-7477-630-9
- Barquero, C.G., H.Cabal, B.Artiñano, M.Febrero, M.Lorente (1996): Updated acidifying Deposition Maps on a small scale in Spain based on the inferential method. Proceedings of the EUROTRAC Symposium 96: *Transport and chemical transformation of pollutants in the Troposphere*, Vol. 2, 301-304. Ed: P.M.Borrell, P.Borell, T.Cvitas, K.Kelly and W.Seiler. Computational Mechanics Publications, Southampton.
- Barredo Cano, José Ignacio (1996): *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la Ordenación del Territorio*. Ra-Ma Editorial. Madrid. pp. 261. ISBN: 84-7897-230-7
- Berry, J.K. (1987): Fundamental operations in computer-assisted map analysis. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1: 119-136.
- Bertin, J. (1981). *Graphics and Graphic Information Processing*. Walter de Gruyter. Berlin-N.York
- Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics*. University of Wisconsin Press.Madison. Hay también una versión en francés (1967), *Semiologie Graphique*. GauthierVillars/Mouton. Paris.
- Bonham-Carter, Graeme F. (1996): *Geographic Information Systems for Geoscientists. Modelling with GIS*. Computer Methods in Geosciences, Volume 13, 415 p. Pergamon, 1994 (reimpreso 1996). ISBN: 0 08 042420 1.
- Bosque Sendra, Joaquín (1997): *Sistemas de información geográfica*. Ediciones Rialp, S.A., 2ª edición. ISBN: 84-321-3154-7
- Burrough, P.A. y Rachel McDonnell (1998): *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. ISBN 0-19-823365-5 Oxford Univ Press.
- Cabal, H., B. Artiñano y C.G.Barquero (1996): Small scale deposition maps of acidifying compounds over Spain. *European Physical Society 10 Trends in Physics*, Sevilla, Spain. September 1996.
- Calvo Melero, Miguel (1993): *Sistemas de información geográfica digitales: sistemas geomáticos*. IVAP, Instituto Vasco de Administración Pública. Oñati (Guipuzcoa). pp. 616. ISBN: 84-7777-101-4
- Cebrián, Juan A. (1992): *Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica*. Univ. de Cantabria. p. 85. ISBN: 84-87412-81-5
- Cebrián, Juan A. (1994): *GIS concepts*. Autor-editor de obra propia. Cáceres. pp. 265. ISBN: 84-604-8313-4
- Clarke, K.L. (1990): *Analytical and computer cartography*. Prentice Hall, New Jersey.

- Comas, David y Ruiz Ernest (1993): *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*. Ariel, Barcelona. pp. 295. ISBN: 84-344-3452-0
- Dent, B. D. (1999): *Cartography Thematic Map Design*. 5ª ed. New York: McGraw Hill, 1999. 417 pp. ISBN 0-697-38495-0.
- Domínguez Bravo, Javier (1991): Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a la planificación y prevención de emergencias en Riesgos Naturales. *Actas del XII Congreso Nacional de Geografía*. Valencia. p. 197 a 208.
- Domínguez Bravo, Javier (1994a): Conceptos básicos y aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica. *Technical Desktop Magazine*. Marzo/abril. Vol. II, nº 6. Madrid. p. 28 a 33.
- Domínguez Bravo, Javier (1994b): Sistemas de Información Geográfica en España. Aplicación y docencia. *Technical Desktop Magazine*. Nov./dic. Vol. II, nº 10. Madrid. p. 12 a 18.
- Domínguez Bravo, Javier (1995): The European Community Soil Project in Spain. *Proceedings, vol. II, 17th International Cartographic Conference "Cartography Crossing Borders"*. ICA. Barcelona (Spain). p. 1935 to 1939.
- Domínguez Bravo, Javier (1996): Evaluación de Emplazamientos Potenciales para Sistemas de Producción Descentralizada de Electricidad con Energías Renovables. *Modelos y Sistemas de Información en Geografía*. AGE, Vitoria. pp. 211-217.
- Domínguez Bravo, Javier y Julio Amador (2000): Integrating Renewable Energies into Local Level. Influence of the Socio-Economical and Technical Parameters in the Spatial Distribution of Decentralised Electricity Production. en *3ª AGILE Conference on Geographic Information Science*. Helsinki/Espoo, Finland, May 25<sup>th</sup> - 27<sup>th</sup>, 2000. pp. 60 - 61.
- Domínguez Bravo, Javier y M<sup>a</sup>. Luisa Martínez Hernández (1993): Diversas metodologías para la realización de inventarios de recursos naturales y de mejora en su gestión con los Sistemas de Información Geográfica. *Actas del II. Congreso Nacional de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica*. Madrid. p. 455 a 464.
- Domínguez Bravo, Javier y Salomón Garzón Cantera (1991): Análisis y Prevención de Riesgos Naturales: Prevención de Inundaciones con un Sistema de Información Geográfica. *Teledetección y Medio Ambiente - Actas de la IV Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección*. Sevilla.
- Domínguez Bravo, Javier, Santiago Rodríguez, Ignacio Sánchez-Ocaña y Francisco Martín, (1996): Wind Resources Assessment and Wind Farm Site Selection using Geographic Information Systems. *1996 European Union Wind Energy Conference*. pp. 568 a 570. Göteborg, Sweden.
- Domínguez Bravo, Javier; Ignacio Sánchez-Ocaña, Santiago Rodríguez, Lourdes Ramírez y Francisco Martín (1996): Integración de Energías Renovables para la Producción Descentralizada de Electricidad. Desarrollo con ARC/INFO. *Actas de las V Conferencia Nacional de Usuarios de ESRI*. Madrid.
- Domínguez, Javier, Carmen Lago, Isaura Rábago y Eugenio Sánchez (1998): Sistemas de Información Geográfica, energía y medio ambiente: aplicación en el CIEMAT en *Tecnología Geográfica para el siglo XXI*. Barcelona pp. 264 - 273.
- Dorling, Daniel y David Fairbairn (1997): *Mapping: Ways of Representing the World*. London: Addison Wesley Longman, 1997. 184 pp. ISBN 0 582 28972 6.

Dutton, G. H. (1999): *A Hierarchical Co-ordinate System for Geoprocessing and Cartography*. Lecture Notes in Earth Sciences, No. 79. Berlin: Springer Verlag, 1999. 231 pp. ISBN 3-540-64980-8

Egenhofer, Max J. y Reginald G. Golledge (Eds.) (1998): *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems*. Oxford, New York: Oxford University Press, 1998. Pp. 276. ISBN 019-510342-4.

Felicísimo Pérez, Angel Manuel (1994): *Modelos digitales del terreno: principios y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Pentalfa Ediciones. Oviedo. pp. 222. ISBN: 84-7848-475-2

Gavira, Carmen (1994): *Sistemas de información geográfica (GIS): sus aplicaciones en redes*. Autor-editor de obra propia. ISBN: 84-605-0127-2

Gimeno, B.S., H.Cabal, C.G.Barquero, B.Artiñano, E.Vilaclara, R.Guardans (1996): Ozone Exceedance Maps in Catalunya-Problems and Criteria. Proceedings of the Workshop on Critical Levels for Ozone in Europe :*Testing and Finalising the Concepts Critical Levels for Ozone in Europe*, 228-234. Ed: L.Kärenlampi and L.Skärby. Kuopio University Publications C.Natural and Environmental Sciences.

GIS World, Inc. (1991): *Gis Applications in Natural Resurces*. Ed. Michael Heit and Art Shortreid. Fort Collins, Colorado USA.

González, C., A. Bailador, E. Sánchez, C. Gorostiza, F. Martín e I. Palomino (1997): SICAH. Ejemplo de integración de ArcView con otras herramientas Windows. VI conferencia nacional de Usuarios de ESRI. Madrid, Noviembre/97.

Goodchild, Michael F., Steyaert, Louis T., Parks, Bradley O., Johnston, Carol, Maidment, David, Crane, Michael y Glendinning, Sandi (Editores) (1996): *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues*. GIS World Books. Fort Collins, Co. USA. pp. 486.

Gorostiza, C., Alvarez de Lara, P., Sánchez, E., Bailador, A., González, C. Y Alguacil, R. (1994): Decision Support System for Industrial Accidents on Environment: SIRENAS The Second World Congress on Expert Systems - Lisboa (Portugal), 10-14 Enero 1994.

Gorostiza, C. (1995): SIRENAS. Sistema informático para el análisis de consecuencias en accidentes mayores. Programa horizontal de riesgo industrial – Revista *Tecnoambiente* 1995.

Gould, Michael (1999): Los datos geográficos en la era Internet. Repercusiones sobre los SIG. (Ponencia keynote). XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Actas, XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica (CD-ROM). Logroño y Pamplona. 2 a 4 de junio de 1999.

Gould, Michael, coord. (1994): *El uso de los sistemas de información geográfica: aplicaciones con Arc/Info*. ESRI España Geosistemas, S.A. ISBN: 84-605-0853-6

Guenther, O. (1998): *Environmental information systems*. Berlin (Germany) Springer. 1998. Pp. 262. ISBN: 3-540-60926-1

Guevara, J.A. (1987): Guía para la implementación de un Sistema de Información Geográfica para la planificación regional y nacional. I Conferencia latinoamericana sobre informática en Geografía. San José (Costa Rica), EUDED, pp. 301-322.

Guimet Pereña, Jordi (1992): *Introducción Conceptual a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. EGM, Madrid. pp.139. ISBN: 84-88405-01-4

Gutiérrez Puebla, Javier ; Gould, Michael (1994): *SIG, sistema de información geográfica*. Editorial Síntesis, S.A. Madrid. p. 251. ISBN: 84-7738-246-8

Gutiérrez Puebla, Javier, Monzón, Andrés, García, Sara y Domínguez Bravo, Javier (1992): Análisis de la accesibilidad a los Centros de Actividad Económica. Generación de modelos y Sistemas de Información Geográfica. *Actas del 1er. Congreso Nacional de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial.* Madrid. p. 257 a 267.

Harder, Christian (1998): *Serving Maps on the Internet. Geographic Information on the World Wide Web.* Redlands, CA. Environmental Systems Research Institute, Inc. 1998. 130 Pp. ISBN 1-879102-52-8.

Ibáñez Martín, Juan José y Domínguez Bravo, Javier (1994): Inventario y cartografía de suelos en España. Estado de la cuestión. *Mapping.* nº 15, enero. Madrid. p. 24 a 28.

Johnson, Carol A. (1998): *Geographic Information Systems in Ecology.* Oxford: Blackwell Science, 1998. ISBN 0-632-03589-4. Pp 232.

Langran, Gail (1993): *Time in Geographic Information Systems.* Taylor & Francis, London. pp. 189.

Laurini, Robert y Derek Thompson (1996): *Fundamentals of spatial information systems.* The A.P.I.C. Series, Number 37, 680 p. Academic Press, 1992 (5ª ed. 1996). ISBN: 0 12 438380 7.

Lechón, Y., H. Cabal, R.Sáez (2000): Environmental Externalities of the Implementation of the Spanish Biomass National Plan regarding the use of Biofuels in Transport. *Proceedings of the 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry.* Sevilla, 5-9 June 2000.

Legg, C. (1994): *Remote sensing and geographical information systems: geological mapping, mineral exploration and mining.* Chichester (United Kingdom) John Wiley Sons Ltd. 1994. Pp. 172. ISBN: 0-471-95423-3

Longley, Paul A., Maguire, David J., Goodchild, Michael y Rhind, David W. (Editores) (1999): *Geographical Information Systems. 2ª ed.* New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, and Toronto: John Wiley & Sons, Inc. 1999. 2 vols. 1101 pp. ISBN 0471-32182-6.

Maguire, David J., Goodchild, Michael y Rhind, David W. (Editores) (1994): *Geographical Information Systems. Vol. I. Principles. Vol. II Applications.* Ed. Longman Scientific and Technical. Harlow. U.K. pp. Vol. I 649, Vol. II 447.

Martín, F., C. González, A. Bailador, E. Sánchez, I. Palomino, M. Palacios, S. N. Crespi y C. Gorostiza (1999). SICAH: An automatic System for Control and Prevention of air pollution in Huelva (Spain). *Congreso VI Harmo99,* Rouen (Francia). Octubre de 1999.

Martín, F., I. Palomino, C. Gorostiza, C. González, A. Bailador, E. Sánchez, M. Palacios y S. Núñez (1997): Development of an automatic system for control and prevention of air pollution in Huelva (Spain). *Measurements and Modelling in Environmental Pollution (MMEP 97).* Madrid, Abril/97.

McDonell, Rachael y Kemp, Karen (1995): *International GIS Dictionary.* Ed. Geoinformation International. Cambridge, U.K. pp. 111.

Moldes Teo, F. Javier (1995): *Tecnología de los sistemas de información.* Ra-Ma. ISBN: 84-7897-164-5

Navarro, J., Martí, I., Marchante, M. y Domínguez, J. (1999): Application of a Statistical Method for Comparison of Different Grid Data Set: Scale and Grid Spatial Resolution Influence on the WASP Model. *Wind Energy for the next millennium.* EWEC.1999. Nice. Francia.

Ozcariz Salazar, Jorge [et al.] (1995): *Jornadas Técnicas sobre Sistemas de Información Geografía y Teledetección especial aplicados a la Ordenación del Territorio y el Medio Ambiente*. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. ISBN: 84-87645-21-6

Robinson, A. (1952). *The look of maps: an examination of cartographic desing*. The University of Wisconsin Press. Madison

Robinson, A.H. and B.P.Petchenick (1976). *The Nature of Maps: Essays Toward Understanding maps and Mapping*. University of Chicago Press. Chicago.

Sørensen, Bent y Meiborn, Peter (1998): *GIS tools for Renewable Energy Modelling*. *Renewable Energy* 16 (1999) 1264-1267. Pergamon. Published by Elsevier Science Ltd.

Sáenz Angulo, Lucio y Domínguez Bravo, Javier (1995): *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Planificación de Impactos Ambientales en Líneas Aéreas de Alta Tensión*. *Actas del IV Vongreso Español de Sistemas de Información Geográfica* . 2ª ed. AESIG. Barcelona, septiembre de 1995. p. 243 a 251.

Taylor, D.R.F. (1983). *Graphic communication and design in cartographyc communication, Progress in Contemporary Cartography*, 2. New York. Wiley & Sons .

Tufte, E.R (1990). *Envisioning Information*. Graphic Press, Cheshire.

Tufte, E.R (1993). *The visual Display of Quantitative information*. Graphic Press. Cheshire

Van der Wel, F.J et al (1994). *Visualization of Data Quality*. En *Visualization in modern cartography*. Editado por MacEachrem, A.M, y Fraser, D.R., Elsevier Science. Inglaterra

Wadsworth, R. Y J. Treweek (1999): *GIS for Ecology: an introduction*. London: Taylor & Francis, 1999. ISBN 0-582-24652-0. Pp. 184.

Wood, C.H (1996). *Design: Its place in Cartography*. En *Cartographic Design: Theoretical and practical perspectives*. Willey & Sons. pp 19

## Revistas

*CYBERGEO, European Journal of Geography*. (Publicación electrónica). <http://www.cybergeo.presse.fr/> E-mail: [cybergeo@parisgeo.cnrs.fr](mailto:cybergeo@parisgeo.cnrs.fr). Cybergeo, CNRS-University Paris I, 13 rue du Four, 75006 Paris. Editor científico: Denise Pumain. ISSN: 1278-3366.

GEOEurope. The geographic technology magazine for Europe, Middle East and Africa. <http://www.geoplance.com/><sup>30</sup> Ed. : Peter FitzGibbon Email: [pfitzgibbon@mail.aip.com](mailto:pfitzgibbon@mail.aip.com). GEOTec Media PO BOX 265. Godmanchester. Huntingdon. PE29 2WN. ISSN 0926-3403.

*International Journal of Geographical Information Science*. Editores: P. Fisher, H. Miller y B- Lees. Taylor & Francis<sup>31</sup>, London, Philadelphia. ISSN 1365-8816. 8 títulos al año. <http://www.tandf.co.uk/journals/default.html>.

<sup>30</sup> Editan también GEOWorld (heredero del antiguo Gis World), Mapping Awareness, BusinessGeographics, GEO Asia Pacific y Geo Information.

<sup>31</sup> Taylor and Francis cuenta con un *Geographic Information Systems and Remote Sensing Resource Centre* en <http://www.gis.tandf.co.uk/intro.html>, donde se pueden consultar las publicaciones periódicas que posee esta editorial.

*Mapping*. Editada por CARSIGMA CARTOGRÁFICA, S.L. Director de Publicaciones: D. José Ignacio Nadal. Redacción, Administración y Publicación: Hileras, 4 - 2º, Of. 2. 28013 Madrid. <http://www.ctv.es/mapping>. Email: [mapping@ctv.es](mailto:mapping@ctv.es) ISSN: 1.131-9.100.

## **Cartografía y SIG en Internet**

### **Atlas, Mapas del Mundo...**

Articque <http://www.articque.com/>

Cornell's Digital Earth <http://atlas.geo.cornell.edu/>

Map Layers Warehouse - The National Atlas of the United States of America  
<http://www.nationalatlas.gov/atlasftp.html>

Map Machine @ nationalgeographic.com  
<http://plasma.nationalgeographic.com/mapmachine/index.html>

Naciones Unidas. Población. <http://www.un.org/Depts/unsd/softproj/>

### **Callejeros**

El Callejero de tu ciudad <http://www.paginas-amarillas.es/PAM4/CALLEJERO2/>

Arcopolis OnLine: El callejero interactivo que necesita su web <http://www.arcopolis.com/>

M A P C I T Y: Santiago de Chile <http://www.mapcity.cl/>

Softguía Madrid: Mapas y zonas: zonas del centro  
[http://www.softguides.com/guia\\_madrid/mapas/zonas\\_centro.html#principio\\_pagina](http://www.softguides.com/guia_madrid/mapas/zonas_centro.html#principio_pagina)

### **Empresas y productos**

Autodesk - AutoCAD Map <http://www3.autodesk.com/adsk/section/0,,297247,00.html>

ESRI-España <http://www.esri-es.com/>

GEOMEDIA <http://www.intergraph.com/software/geomedia/>

GIS, Mapping, Database and 3D Software from Manifold Net <http://www.manifold.net/>

Golden Software: Makers of Surfer, Grapher, MapViewer and Didger Software  
<http://www.golden.com/>

GRASS info <http://www.cecer.army.mil/grass/GRASS.main.html>

MAPINFO <http://www.mapinfo.com/>

Microsoft Office - Microsoft MapPoint 2001 <http://www.microsoft.com/office/mappoint/default.htm>

Nexus Geogràfics Web Site <http://www.ngeografics.com/>

SPRING - Funciones <http://www.dpi.inpe.br/spring/espanhol/funciones.html>

VISUAL GIS ENGINEERING <http://www.visualgis.com/Prueba/home.htm>

Idrisi Project Home Page <http://www.clarklabs.org/>

## **Enlaces**

LinkExchange - ListBot - ArcView Home Page <http://arcview.listbot.com/>

RPM Information Network GIS: Web Site Ratings <http://www.rpmconsulting.com/webstats.html>

GIS linkek <http://gisserver1.date.hu/kapcsolatok/GIS/gislinks.htm>

Oddens bookmarks <http://oddens.geog.uu.nl/index.html> <http://oddens.geog.uu.nl/index.html>

Grupos de Trabajo, Asociaciones, etc.

Grupo de Métodos Cuantitativos, S.I.G. y Teledetección <http://www.adi.uam.es/~gmcsigt/>

AGILE: Asociación de Laboratorios de Información Geográfica de Europa  
<http://www.uniroma1.it/DICEA/AGILE.htm>

## **Organismos Oficiales**

### **Ayuntamientos, Diputaciones...**

Ayuntamiento de Madrid. Gerencia de Urbanismo. <http://www.urbanismo.munimadrid.es/>

Ayuntamiento de San Cugat <http://www.santcugatobert.net/tercera/tajuntamentc.html>

Ayuntamiento de Granollers <http://www.granollers.org/planol/planol.htm>

Ayuntamiento de Esplugues <http://www.ajesplugues.es/cast/planol/planol.html>

Diputación Foral de Vizcaya [http://www.bizkaia.net/bizkaia/Castellano/Magister/c\\_marco.asp](http://www.bizkaia.net/bizkaia/Castellano/Magister/c_marco.asp)

### **Información Geográfica e Institutos Geográficos**

Cartografía de Aragón <http://www.aragob.es/ote/dgotyu/sgt/carto/index.htm>

INSTITUTO GEGRAFICO AGUSTIN CODAZZI <http://www.igac.gov.co/>

Cartografía de Navarra <http://optc.tracasa.es/productos.html>

EUSTAT - Instituto Vasco de Estadística <http://www.eustat.es/spanish/index.html>

CNIG. Portugal. <http://www.cnig.pt>

USGS: Coastline Extractor <http://crusty.er.usgs.gov/coast/getcoast.html>

USGS Global Land Information System <http://edcwww.cr.usgs.gov/webglis>

Consejo Holandes de Información Geográfica <http://www.euronet.nl/users/ravi/english.html>

Ordnance Survey - Britain's national mapping agency <http://www.ordsvy.gov.uk/home/index.html>

ClearingHouse Nacional de Datos Geográficos <http://www.clearinghouse.com.uy/>

Centro de Supercomputación de Galicia <http://www.cesga.es/ca/Gis/index.html>

GeoPlace.com The World's Leading Provider of Geospatial Information <http://www.geoplace.com/>

IGN - CNIG <http://www.cnig.ign.es/index.htm>

I.G.N. - Geodesia y Geofísica <http://www.geo.ign.es/>

Confederación Hidrográfica del Ebro <http://www.oph.chebro.es/>

Sistema de información geográfica de la C. A. Rioja <http://www.larioja.org/ma/sig1.htm>

Institut Cartogràfic de Catalunya <http://www.icc.es/>

Instituto Cartográfico Valenciano <http://www.gva.es/icv/>

Junta de Andalucía. Obras Públicas. <http://www.copt.junta-andalucia.es/Indexnet.htm>

Junta de Andalucía. Instituto de Estadística. [http://www.iea.junta-andalucia.es/sima\\_web](http://www.iea.junta-andalucia.es/sima_web)

Ministerio de Agricultura <http://www.mapya.es/indices/pags/agric/index.htm>

### **Medio Ambiente**

Sistema de información ambiental de Andalucía (SinambA), Consejería de Medio Ambiente  
[http://www.cma.junta-andalucia.es/sinamba/tema\\_sinamba.html](http://www.cma.junta-andalucia.es/sinamba/tema_sinamba.html)

Generalitat de Catalunya. Medio Ambiente. <http://www.gencat.es/mediamb/sig/sig.htm>

Comunidad de Madrid. Medio Ambiente. <http://dgpea2.comadrid.es/>

Xunta de Galicia. Medio Ambiente. <http://www.siam-cma.org/mapa/cartografia.html>

### **Paginas Personales**

Angel M. Felicísimo <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/>

Mike Gould <http://www.mgould.com/>

Pedro Marauri <http://www.arrakis.es/~pedromm/>

### **Recursos educativos: Tutoriales, conferencias...**

GIS dictionary <http://www.agi.org.uk/pages/dictionary/uoedictionary.html>

Fator GIS On Line <http://www.fatorgis.com.br/index.shtml>

Curso SIG <http://ebd03.ebd.csic.es/curso.gis/>

Map Projections [http://www.colorado.Edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj\\_f.html](http://www.colorado.Edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html)

## **Revistas, Boletines, etc...**

Cybergeo <http://www.cybergeo.presse.fr>

GeoPlace.com - The World's Leading Provider of Geospatial Information <http://www.geoplace.com/>

Directions Magazine - Your Mapping & Demographics News Source  
<http://www.directionsmag.com/mappointqa.asp>

Geocritica <http://www.ub.es/geocrit/menu.htm>

Revista Mapping <http://www.ctv.es/mapping/>

G&G Publications <http://164.214.2.59/GandG/pubs.html>

Bolletín ICA en español <http://mercator.org/ica/index.htm>

Taylor & Francis Group - Journals <http://www.tandf.co.uk/journals/default.html>

Welcome to the GIS and Remote Sensing Resource Centre from Taylor & Francis  
<http://www.gis.tandf.co.uk/>

## **Servicios, Laboratorios, etc.**

CREAF - Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals <http://www.creaf.uab.es/>

PÀGINA PRINCIPAL DEL SERVEI SIGTE <http://sigte.udg.es/>

Laboratorio de Teledetección <http://www.latuv.uva.es/>

GeoVISTA Center <http://www.geovista.psu.edu/index.html>

## **Otros**

ArcView Knowledge Base <http://www.gfi-gis.de/en/services/avkb/avkb.htm>

Coordenadas Lat-long a UTM <http://www.euskalnet.net/iluj/>

Data Fusion Server, Remote Sensing, Earth observation, International Conferences Fusion of Earth Data <http://www-datafusion.cma.fr/welcome.html>

Lista SIG: archivos <http://chico.rediris.es/archives/sig.html>

Página Española de los GPS <http://www.uco.es/~bb1rofra/>

Proyecto GISTI - GIS para Indicadores de Ciencia y Tecnología <http://gis.cindoc.csic.es/>

Six Steps to GIS Success <http://www.hdm.com/6steps.htm>

The GIS Jobs Clearinghouse <http://www.gjc.org/>

The SOLARGIS Project <http://www-cenerg.cma.fr/~st/solargis>

Unofficial Arc/Info & ArcView Symbol Page Disclaimer <http://www.mapsymbols.com/>

Visualización y Edición Cartográfica <http://www.rediris.es/list/info/cartovisual.html>

Welcome to ISO/TC 211 <http://www.statkart.no/isotc211/>

Comisión sobre Visualización de la ICA <http://www.geog.psu.edu/ica/ICAvis.html>