

**S.I.G.**

**DEFINICIONES  
BÁSICAS**

**Esperanza Ayuga Téllez (2008)**



Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han irrumpido en el mundo de la técnica, y concretamente en España, de una manera muy rápida, gracias al abaratamiento de los equipos informáticos.



En los distintos entornos técnicos y de Ingeniería se habla de ellos y se planea utilizarlos. A menudo, sin tener muy claro qué son en realidad y qué son capaces de hacer. Tampoco se tiene claro qué recursos económicos, técnicos y humanos han de dedicarse a ellos.



Esto es debido a que, a pesar de aparecer tan repentinamente, son productos muy complejos en los que numerosos técnicos llevan trabajando desde hace mas de 25 años.

Se manejan numerosas definiciones para los SIG, en función del punto de vista desde el que se estudien (técnico, informático, comercial, etc.).

1. Burrough (1988) los define como un conjunto de herramientas potentes para recoger, almacenar, recuperar, transformar y mostrar datos espaciales del mundo real para unos propósitos particulares.
2. Una definición semejante es la de Aranoff (1989) que los considera como un sistema informático que permite cuatro grupos de operaciones para manejar datos georreferenciados: entrada, almacenamiento y recuperación, manipulación y análisis, y salida.

3. El *Environmental Systems Research Institute Inc* (ESRI, 1995) que es la principal empresa que comercializa este tipo de herramientas informáticas, los define como un conjunto organizado de hardware, software y datos geográficos, diseñados específicamente para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y mostrar todo tipo de información referenciada geográficamente.

### **En resumen, los SIG se caracterizan por:**

- Ser un sistema informático, compuesto por software y hardware.
- Tener las capacidades de una base de datos.
- Trabajar con información espacial georreferenciada.

De sus definiciones se deduce que los SIG se diferencian de la cartografía asistida por la capacidad de generar nueva información a partir de un conjunto previo de datos mediante su manipulación, reelaboración y análisis.

Frente a un sistema de diseño asistido (CAD/CAM), un SIG es capaz de relacionar elementos gráficos (puntos, líneas y polígonos) con los elementos de una base de datos temática.

## **Componentes de un SIG**

Como todos los productos informatizados, un SIG tiene la doble vertiente informática, "hardware" y "software".

## **El hardware de un SIG debe tener las siguientes capacidades:**

1. Equipo informático tipo PC o estación de trabajo,
2. Periféricos para la lectura de información analógica o digital: tabletas digitalizadoras, escaneres y unidades de disco, tanto magnéticas (HD y ZIP) como ópticas (CD y DVD).
3. Sistemas de almacenamiento para grandes volúmenes de información: unidades de disco magnéticas (HD y ZIP) y ópticas (CD y DVD).
4. Sistemas de salida y representación de datos: pantallas, impresoras y trazadores (plotters).
5. Sistemas de intercambio de datos con otros sistemas (redes de comunicaciones).

## **El software se caracteriza por:**

1. Estar asociado a un determinado sistema operativo.
2. Poseer una base de datos de naturaleza gráfica y alfanumérica.
3. Poseer un lenguaje de programación propio, para el desarrollo de funciones específicas.
4. Poseer una estructuración en módulos:
  - Módulo para la entrada de datos y su verificación
  - Módulo para el almacenamiento y gestión de datos
  - Módulos de análisis y procesamiento de la información

## **Bases de datos y SIG**

Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD) actuales se caracterizan por convertir el acceso a los datos y su gestión en una aplicación cerrada (caja *negra*), interponiéndose entre los usuarios y los ficheros, y haciéndose cargo de todos los problemas de exploración, mantenimiento y comprobación de los datos.

De esta manera el usuario pierde de vista todos los detalles relativos al almacenamiento físico de los datos, tratando con ellos sólo a través de un lenguaje conceptual sencillo.

Este lenguaje conceptual, que en ocasiones es sustituido por interfases de usuario (menús) permite realizar de forma sencilla todas las operaciones complicadas de administración de los datos (creación de tablas, registros y atributos, indexación, copias de seguridad, etc.) y de consulta (búsquedas condicionadas).

Los SIG están constituidos realmente por dos sistemas de gestión de base de datos gráficos, uno gráfico y otro alfanumérico, circunstancia por la cual ofrecen muchas mas prestaciones para el análisis que los sistemas CAD, que consisten básicamente en aplicaciones para generar ficheros de dibujo, además, los SIG actualmente tienen asociados sistemas de comunicación con los SGBD alfanuméricos mas extendidos.

Los SGBD internos de un SIG están organizados entre si para poder gestionar de manera muy eficiente todo tipo de información gráfica, y muy especialmente la información geográfica.

## **Funciones de los Sistemas de Información Geográfica**

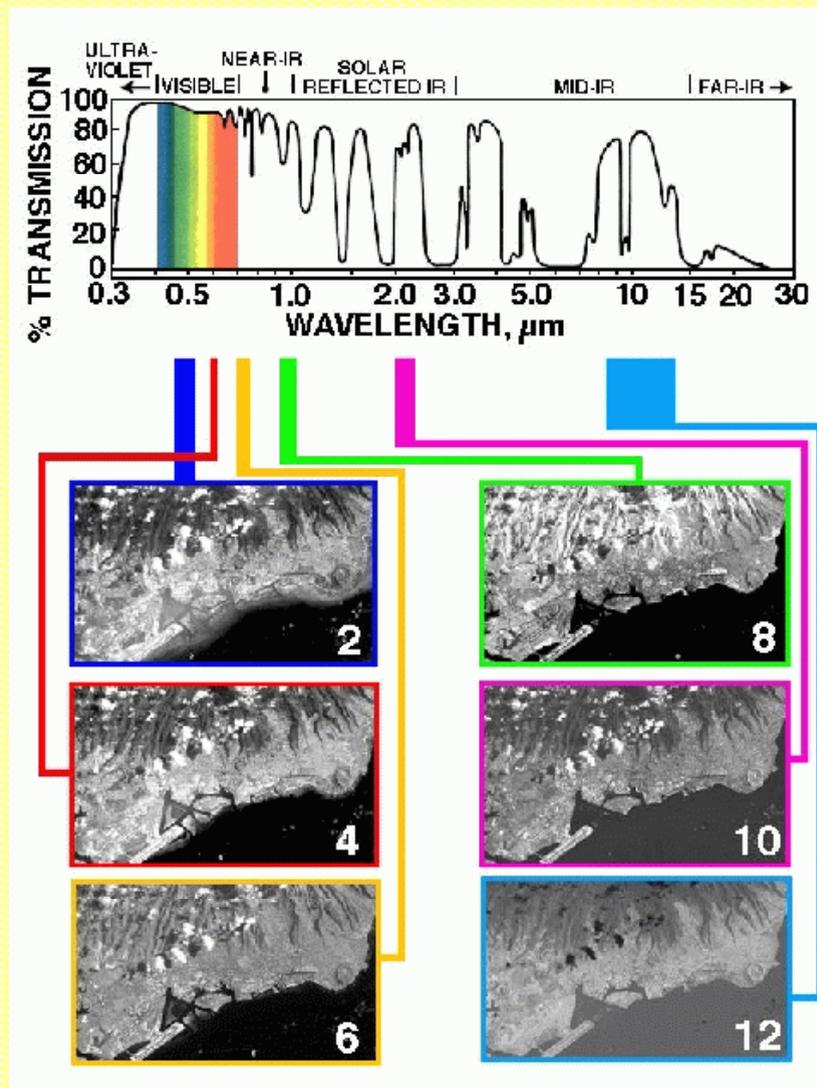
La potencialidad de aplicaciones de los SIG se basa en su capacidad para realizar operaciones espaciales integradas con una base de datos alfanumérica.

## *Funciones para la entrada de datos.*

Por tratarse de sistemas informáticos, toda la información que manejan debe encontrarse en formato digital. Tradicionalmente, la información geográfica se ha manejado en formato analógico (papel), por lo que los SIG proporcionan una serie de funciones que facilitan la conversión de esta información al formato requerido por el ordenador mediante procesos de **digitalización**, ya sea manual o automática, de planos o imágenes.



Actualmente, las técnicas de **teledetección y fotointerpretación** de imágenes aéreas, ya sean de satélite o de vuelos contratados, permiten obtener información en formato digital directamente. Dentro de este grupo de funciones también debemos incluir aquellas que nos permiten el **intercambio de ficheros** con otros programas o entornos de trabajo **en diferentes formatos**.



Imágenes de satélite y gráfico de porcentajes de transmisión al espectro. (Fuente: NASA)

## **Gestión de la Información espacial.**

Este tipo de funciones nos permite controlar y organizar la información espacial asociada a las entidades geométricas definidas. Están íntimamente relacionadas con las existentes en **cualquier sistema de gestión de bases de datos (SGBD)** para extraer, manipular, actualizar y reorganizar la información alfanumérica existente en los distintos tipos de tablas.

**Las funciones de edición** de información permite la modificación y corrección de entidades gráficas (puntos, líneas, polígonos,...) y alfanuméricas introducidas en el sistema por cualquiera de las técnicas mencionadas.

## **Funciones analíticas.**

Constituyen el elemento mas característico de un SIG y los diferencia de los sistemas CAD. Se entiende por funciones analítico-espaciales aquellas que tratan conjuntamente los datos cartográficos y sus atributos temáticos.

Tradicionalmente se distinguen cuatro tipos de funciones: recuperación, superposición, vecindad y conectividad:

### **Funciones de recuperación.**

Combinan datos cartográficos con datos temáticos, pero solo estos últimos son modificados o creados. Este grupo contiene operaciones como la consulta de base de datos, la búsqueda selectiva de entidades, la reclasificación, etc.

## **Funciones de superposición.**

Se caracterizan por modificar tanto la información cartográfica como los atributos de la misma. La superposición de coberturas de información genera nuevos contornos y recintos, y la información contenida en los mismos puede responder a cualquier función algebraica aplicada a la información de las coberturas originales.

## **Funciones de vecindad.**

Se basan en el análisis de las características de entidades geoméricamente contiguas. Permiten determinar características como la pendiente o las direcciones de flujo.

## Funciones de conectividad.

Tienen en común el uso de operaciones que van acumulando valores a lo largo de las entidades que atraviesan, siendo su resultado final de tipo cualitativo o cuantitativo.

Destacan en este grupo la funciones de proximidad y el trazado de caminos o corredores de mínimo coste.

*La iteración lógica de funciones analíticas nos permite la creación de modelos para simular distintos procesos y poder evaluar diferentes aspectos que nos ayuden en la toma de decisiones y en la selección de alternativas*

## **Presentación gráfica o cartográfica de resultados.**

Muestra al usuario la información incorporada a la base de datos del SIG y los resultados de las operaciones analíticas realizadas con ellos. Permite obtener mapas, gráficos y tablas numéricas en diferentes soportes como papel, pantalla u otros dispositivos.

## **Modelos de representación de la información espacial**

La situación espacial de un ente natural reúne dos aspectos: la localización con relación a algún sistema de referencia, y las relaciones topológicas cualitativas que mantiene con otros objetos espaciales (contigüidad, inclusión, proximidad, etc.).

## Modelos de representación de la información espacial

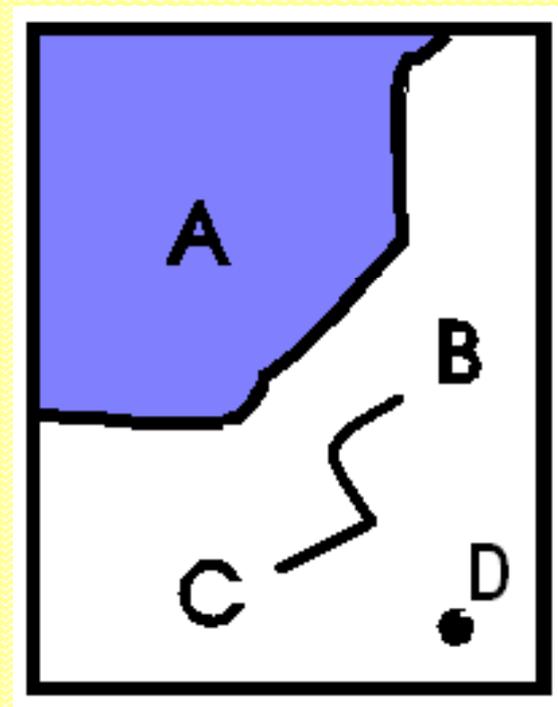
Para establecer esas relaciones espaciales se requiere crear un modelo de datos que permita la conversión de los objetos a representar, del formato analógico continuo de la realidad, a un formato digital discreto. Por tal modelo se entiende una representación simplificada de la realidad basada en un conjunto de directrices que permiten la ordenación y clasificación de los entes naturales y de sus interacciones.

Existen varios tipos de modelos de datos. En mapas planos formados por puntos, líneas y polígonos se utilizan fundamentalmente dos aproximaciones: el **modelo vectorial** y el **modelo matricial** o "raster".

## Modelo vectorial

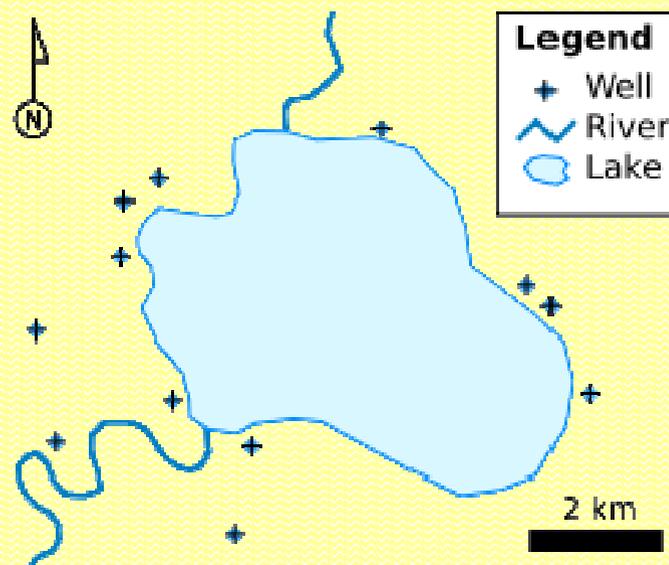
Un modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando sus fronteras, por lo que las primitivas gráficas en este tipo de SIG son tres: puntos, líneas o arcos y polígonos.

Los objetos puntuales se representan mediante un par de coordenadas, los objetos lineales se definen mediante el trazado de segmentos rectilíneos que se cruzan en vértices, representándose mediante las coordenadas de estos vértices, y los objetos superficiales se codifican aproximando sus fronteras mediante segmentos lineales, cuyas coordenadas se registran.



El SIG se encarga de almacenar estos datos en su base de datos grafica en forma de coberturas, que no son mas que un conjunto de puntos, líneas o polígonos que representan una serie homogénea de datos geográficos que cubren el territorio, es decir, una información geográfica concreta.

Una de las capacidades mas interesantes de los SIG vectoriales es la posibilidad de generar topología de una cobertura. Es decir, almacenar además de la geometría de los elementos, sus relaciones con otros elementos de la cobertura.



Las coberturas de puntos no tienen topología posible puesto que no existe ninguna relación espacial entre ellos.

En las coberturas de líneas la relación topológica principal es la conectividad, que consiste en distinguir entre los vértices inicial y final de cada elemento.

En el SIG se almacena la información y si los vértices conectan con otros elementos lineales, de manera que se registran las conexiones entre todos ellos. Otra relación topológica que se genera de esta manera es la de dirección o sentido.

En las coberturas de polígonos la relación topológica principal es la de inclusión. El SIG reconoce el polígono como una superficie cerrada con un área dada y registra si un punto está dentro o fuera de ella.

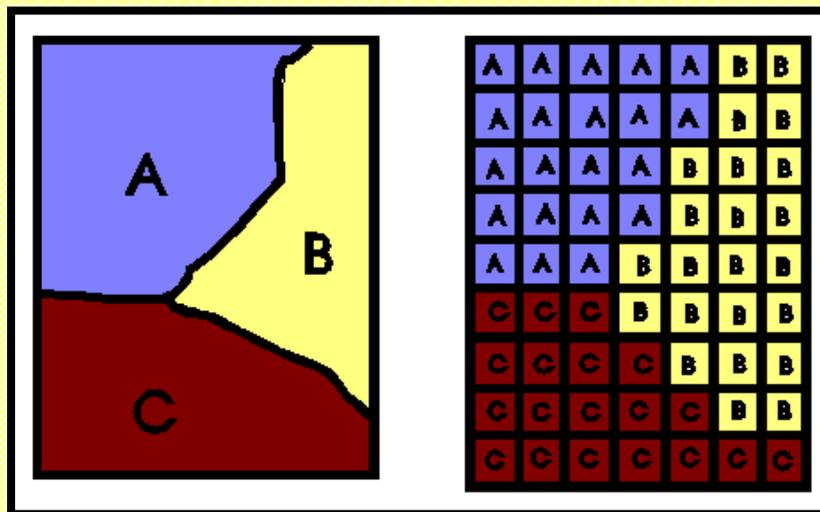
Los polígonos se emparejan con un punto, llamado *lavel* o etiqueta, en el que podrán reflejarse sus atributos. Como las líneas comunes entre polígonos son compartidas, se puede tener información sobre qué polígonos son contiguos.

Estas relaciones topológicas de conectividad, dirección, inclusión y contigüidad son la base de la capacidad analítica de los SIG vectoriales.

## Modelo matricial o "raster"

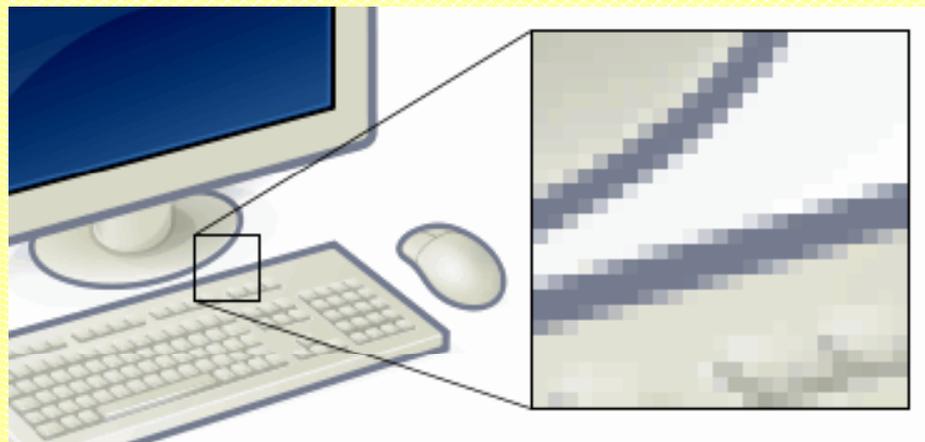
En los SIG matriciales, la única primitiva gráfica es la celda, que no es más que una unidad de imagen cuyo tamaño regular dependerá de la resolución con que se defina la cobertura.

En este tipo de codificación al mapa analógico fuente se le superpone una malla de unidades regulares y en cada unidad se registra el valor de la variable que se está representando, dando lugar a distintas categorías. Si la malla es de tipo cuadrangular, a las celdas también se les denomina *pixels*.



Las celdas están georreferenciadas respecto a un sistema de coordenadas y éste definido en un sistema de proyección. Aparentemente el SIG debe almacenar todos y cada uno de los valores de las celdas, pero como esto supondría un volumen de almacenamiento enorme, generalmente se utilizan diferentes métodos de compresión.

La precisión de la representación digital del mapa dependerá del tamaño de la celda o *pixel*.



En los SIG matriciales no existe el concepto de topología de una manera tan clara como en los SIG vectoriales, en gran medida porque no hace falta ya que la topología esta implícita en la regularidad de la red.

Así si la malla esta constituida por cuadrados, el campo “i,j”(número de fila y número de columna), se encuentra limitado por los siguientes:

En el SIG está registrado donde se halla cada celda y qué celdas son contiguas, posibilitando operaciones equivalentes a las de inclusión, contigüidad. dirección, etc.

$i-1, j-1$	$i-1, j$	$i-1, j+1$
$i, j-1$	$i, j$	$i, j+1$
$i+1, j-1$	$i+1, j$	$i+1, j+1$

## Ventajas e inconvenientes de los SIG vectoriales y matriciales

Los dos tipos de SIG no son excluyentes, ya que sus ventajas e inconvenientes se complementan y siendo necesario frecuentemente trabajar con ambos modelos de datos. Este hecho ha propiciado que la mayoría de los SIG dispongan de ambas naturalezas, aunque normalmente con el predominio de una de ellas.

## VENTAJAS

1. Estructura de datos más compacta con ficheros menos voluminosos
2. Topología mejor definida con mayor capacidad de análisis
3. Más adecuado para la representación de datos bien definidos: ríos carreteras, etc.

## VENTAJAS

1. Estructura de datos más sencilla
2. Operaciones de análisis sencillas y potentes
3. Mejor representación de la variabilidad espacial y de elementos poco definidos
4. Gran capacidad para el tratamiento de imágenes digitales.
5. Más facilidad de aprendizaje y uso

## INCONVENIENTES

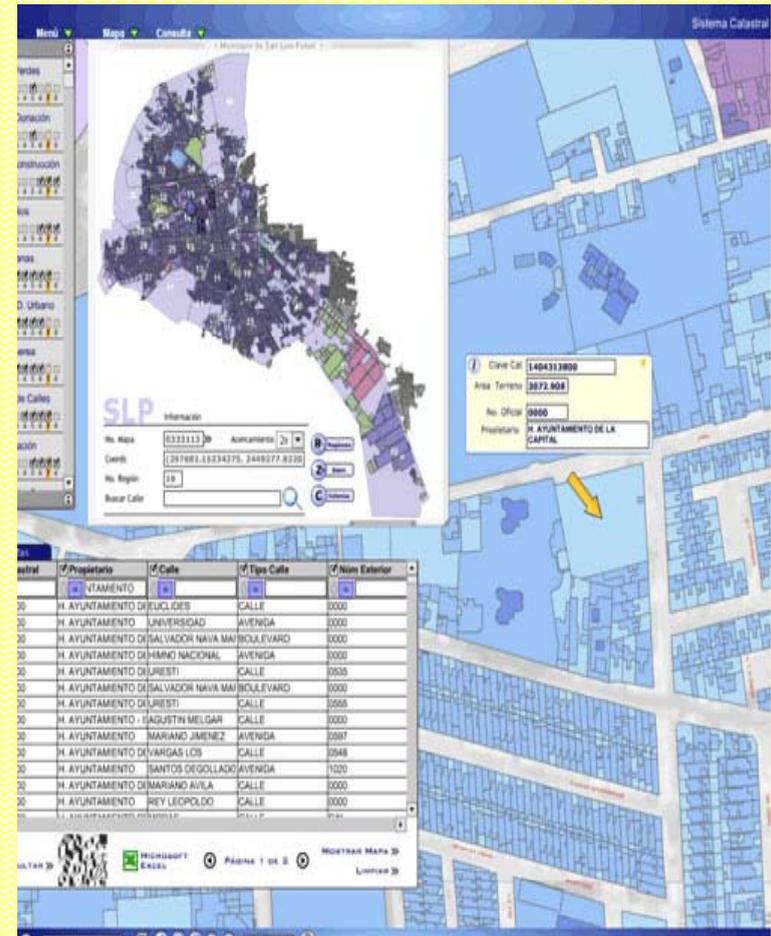
1. Estructura de datos más compleja
2. Mayor dificultad de proceso en operaciones de superposición
3. Insuficiente representación en caso de alta variabilidad espacial
4. Gran dificultad en el tratamiento de imágenes digitales
5. Dificultad de aprendizaje y complejidad de manejo

## INCONVENIENTES

1. Estructura de datos menos compacta con grandes ficheros de datos
2. Peor presentación gráfica de resultados
3. Relaciones topológicas más difíciles de representar
4. Limitaciones de resolución como consecuencia de su relación con el volumen de almacenamiento
5. Facilidad en el tratamiento de imágenes digitales

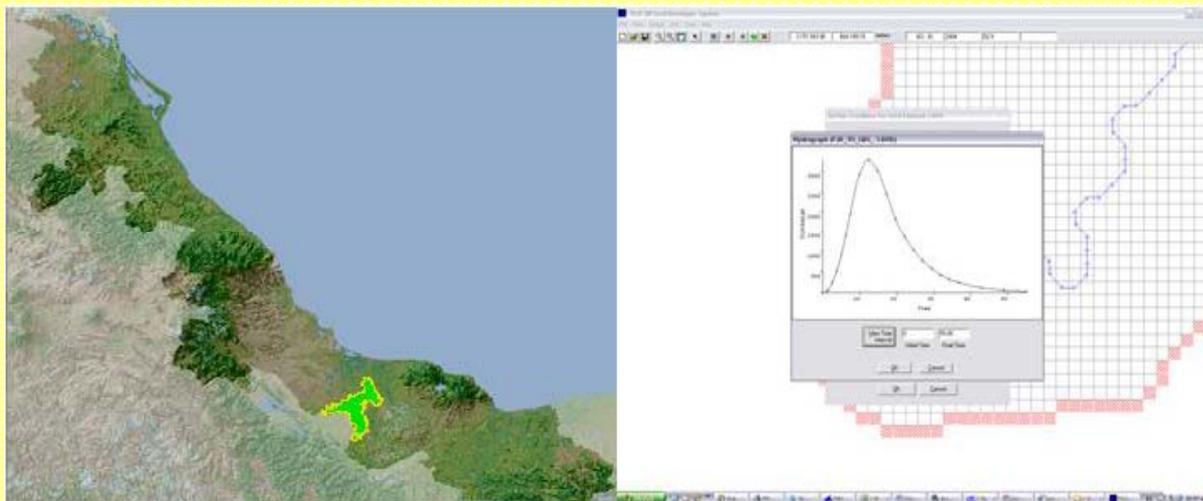
## Evolución del empleo de los SIG en la Ingeniería

Desde su aparición en los años 70 en Norteamérica para aplicaciones militares y medioambientales, principalmente, los SIG se han utilizado con distintos objetivos. Éstos van, desde su utilización como simples bases de datos geográficas, hasta su empleo como entorno de trabajo para modelizar y simular fenómenos o procesos de tipo ambiental.



McDonnall (1996) distingue los siguientes niveles de integración:

- 🌐 Inventario y base de datos
- 🌐 Análisis básico de sistemas espaciales (Gestión de sistemas)
- 🌐 Asociación de modelos y SIG



## **Inventario y base de datos:**

Las primeras aplicaciones de los SIG se corresponden con su definición más tradicional de base de datos georreferenciada.

En este sentido, se han usado ampliamente por centros institucionales para almacenar, en forma de coberturas de información, todo tipo de datos geográficos.

Generalmente se emplean SIG de tipo vectorial por su mayor eficiencia en el almacenamiento de datos.

## **Análisis básico de sistemas espaciales (Gestión):**

Con la aparición de las primeras capacidades analíticas incluidas en los SIG, la determinación de relaciones, parámetros e indicadores de cualquier tipo se convirtió en una actividad de gran ayuda para la gestión y seguimiento de distintas actividades, que han pasado de ser tratadas manualmente a resolverse con este tipo de sistemas.

De este modo, los SIG se han convertido en una herramienta de gestión territorial muy extendida en numerosos ámbitos. Los SIG empleados suelen ser de tipo matricial por su mayor capacidad de análisis en espacios continuos.

## **Asociación de modelos y SIG:**

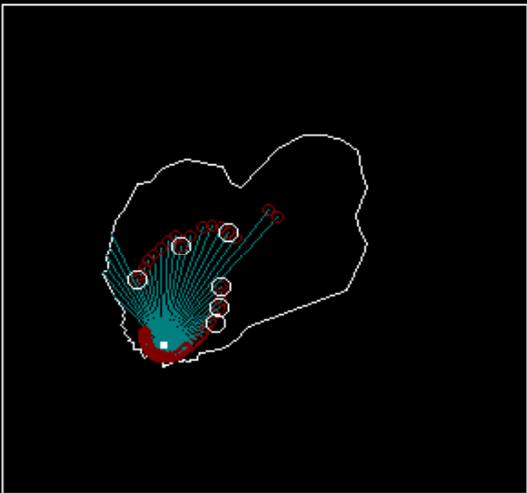
Son numerosos los modelos de simulación que requieren el empleo de información geográfica (pendientes, valor del terreno, etc.). Este nivel de integración consiste en la creación de un sistema de archivos de intercambio de información, de manera que en el SIG se realiza un análisis de la zona de estudio, obteniendo las variables y parámetros necesarios en el modelo. Estos valores son almacenados en archivos y transformados de forma que el software del modelo empleado sea capaz de reconocerlos y utilizarlos.

## Aplicaciones de los SIG en la Ingeniería agroforestal

La aplicación de los SIG en el campo de la ingeniería agroforestal se realiza a dos niveles fundamentales:

- Almacenamiento y gestión de información espacial
- Simulación o modelización de procesos espaciales

Tipo	Radio	Dist	Radio	Sentido
retén	inicio	foco	combate	
1	7	9.5	67	2
1	22	17.0	10	2
1	30	11.5	14	2
2	17	21.5	6	2
3	10	11.0	73	2
5	13	13.5	3	2
<b>47.94 %</b>				



Fuente: Elaboración propia (Proyecto PIROMACOS)

Dentro del primer grupo de aplicaciones podemos citar:

 Inventario de recursos (agrarios, forestales, hídricos, cinegéticos, humanos,...)

 Gestión de datos catastrales (propiedad, tributos, productividad,...)

 Planificación rural

 Gestión de equipamientos e Instalaciones (electricidad, agua, teléfono,...)

 Gestión de infraestructuras colectivas (regadíos, caminos,...)

 Gestión y estudio de mercados (marketing)

Entre las aplicaciones de simulación y modelización, cuyo objetivo es ayudar a la toma de decisiones, podemos destacar:

👑 Simulación de procesos ambientales (erosión, incendios, contaminación,...)

👑 Determinación de parámetros de diseño (recursos hídricos, avenidas, altura de torres de vigilancia,...)

👑 Determinación de impactos ambientales (estudios de visibilidad,...) y simulación de medidas correctoras

👑 Estudio de la evolución de escenarios ambientales ⇒ Evaluación de alternativas

# Fuentes

## **1. Spatial and Spatio-Temporal Data Models for GIS.**

**Bart Kuijpers.** Limburgs Universitair Centrum

<http://alpha.luc.ac.be/~lucp1265/bart.kuijpers@luc.ac.be>

## **2. Introducción a los Sistemas de Información geográfica SIG**

**Cees van Westen y Ruben D. Vargas.** International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.

## **3. Sistemas de información Geográfica. Aplicación en ingeniería y medio ambiente con ArcView. (2003).**

**Victoriano Martínez Álvarez y Justo Hernández Blanco.** Ed. Moralea.