

## **CAPITULO I.**

### **LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

*En la década de los años setentas, con el desarrollo de la tecnología informática, aparecieron una serie de programas cuya finalidad era gestionar datos espaciales georreferenciados.*

*En ese entonces se necesitaba de un equipo potente, para poder trabajar con ellos; pero al irse desarrollando tecnológicamente, se ha ido simplificando la utilización de este tipo de programas.*

*Los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) han sido implementados a partir de distintas áreas del conocimiento de las ciencias de la tierra. Entre estas se encuentran: la topografía, la geodesia, la cartografía temática, la geografía, la edafología, la fotogrametría, la hidrología, la geología, la geomorfología, etc. Las últimas incorporaciones han sido la utilización de las redes informáticas, los sensores remotos y el análisis de la imagen de satélite.*

*Los Sistemas de Información Geográfica(SIG), son una herramienta que facilita la compilación, análisis y divulgación de los datos geográficos.*

*Además, ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional, porque que de forma automática permiten manejar datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y realizar procesos de información de tipo digital.*

*El desarrollo de los SIG ha sido paralelo al progreso del hardware y del software informático. Los avances en la tecnología de los ordenadores personales (PC) se han visto correspondidos con Sistemas de Información Geográfica más potentes y fáciles de manejar.*

*Entre las ventajas del uso del ordenador en las aplicaciones S.I.G. se encuentran:*

- a) una realización rápida y de bajo costo,*
- b) generación de mapas para necesidades específicas,*
- c) facilitan la realización de análisis por conjunción de paquetes estadísticos y S.I.G.,*
- d) minimización del uso de mapas impresos como almacén de información,*
- e) creación de mapas en 3D de difícil ejecución manual,*
- f) fácil actualización y revisión al estar en una base de datos digitales modificable.*

*Actualmente la fotografía aérea y la imagen satélite hacen posible la interpretación dinámica de los paisajes y sus cambios a lo largo del tiempo.*

*Acontecimientos como el avance de la erosión, la distribución de los incendios forestales, la expansión de las ciudades, pueden ser seguidos e interpretados espacialmente gracias a la incorporación de esta información en bases de datos digitales por ordenador. Por este motivo, los datos digitales se encuentran codificados como elementos gráficos de un S.I.G. que permiten un rápido análisis.*

*Los aportes más importante de los SIG, con respecto a otros sistemas de información, son el marco de referencia donde se organiza y su capacidad de realizar análisis geográficos.*

## **1.1 Fundamentos, componentes y alcances de un sistema de información geográfica (SIG).**

### **1.1.1 Definición de un sistema de información geográfica (SIG).**

*Para empezar, el primer paso debe ser el establecimiento del marco conceptual.*

*Para ello se debe definir con la mayor precisión posible que son los Sistemas de Información Geográfica (SIG).*

#### **¿Qué es un SIG?**

*Los S.I.G. son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial; surgieron como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.*

*Básicamente un SIG (GIS en inglés) es un sistema de información<sup>2</sup> especializado en el manejo y análisis de información geográfica<sup>3</sup> (geoespacial).*

*Al hablar de los Sistemas de Información Geográfica se puede aludir a tres aspectos: software, proyecto y disciplina.*

*Cuando se dice que se ha comprado un SIG, normalmente se está haciendo referencia al software que comercializan las diferentes empresas.*

*Si, por el contrario, se afirma que se está elaborando un SIG, se habla de un proyecto, es decir, de la adquisición o uso de un programa, la recolección de la información, la introducción en el sistema, el análisis y la preparación para el manejo por parte de determinados usuarios.*

*Pero si se hace referencia a los SIG en general, usualmente se alude a la disciplina que incluye el software, el hardware, los proyectos concretos que se organizan y cualquier otra aplicación, uso o elemento que esté relacionado con dicha tecnología.*

*Como el objetivo es crear el marco conceptual de referencia básico que permita hablar de los SIG. Se presenta una recopilación de definiciones del concepto:*

*La primera referencia al término S.I.G<sup>4</sup> aparece referida a “una aplicación informática cuyo objetivo es desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada”. (Tomlinson 1984).*

<sup>2</sup> Como “Sistema de Información” se entiende la unión de la información y herramientas informáticas (programas o software) para su análisis con unos objetivos concretos.

<sup>3</sup> Al incluir el término “Geográfica” se asume que la información es espacialmente explícita, es decir, incluye la posición en el espacio.

<sup>4</sup> Se trataba del Sistema de Información Geográfica de Canadá (C.G.I.S.).

*Sistema digital para el análisis y manipulación de todo tipo de datos geográficos a fin de aportar información útil para las decisiones territoriales (Tomlinson, 1984).*

*Un Sistema de Información Geográfica es “un sistema informático diseñado para el manejo, análisis y cartografía de información espacial” (Berry 1987).*

*Sistema para capturar, almacenar, validar, integrar, manipular, analizar y representar datos referenciados sobre la tierra (Doe, 1987).*

*SIG como denominación de bases de datos computadorizada que contiene información espacial (Cebrián, 1988).*

*Vemos a un Sistema de Información Geográfica esencialmente como una herramienta para la investigación urbana y regional, análisis de políticas, simulación de actuaciones y planificación. Un SIG consiste en una base de datos que contiene datos referenciados espacialmente y, que como un LIS (Land Information System ), tiene una serie de procedimientos y técnicas para la recolección, actualización y análisis de los datos (Scholten y Van Der Vlungt, 1990).*

*Actualmente, puede ser considerado como SIG, los sistemas de software que incluyen cuatro funciones (entrada, almacenaje, manipulación, y análisis y representación); y debe realizar eficientemente las cuatro tareas (Marble, 1990).*

*Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA<sup>5</sup>, 1990).*

*Sistema computarizado que provee los siguientes cuatro conjuntos de operaciones para tratar datos georreferenciados: 1) entrada de datos; 2) uso de los datos (almacenamiento y recuperación); 3) manipulación y análisis; 4) salida (Aronoff, 1991).*

*Un sistema de base de datos computarizados para captura, almacenaje, recuperación, análisis y visualización de datos espaciales (Huxhold, 1991).*

*Un Sistema de Información Geográfica puede ser concebido como una especialización de un sistema de bases de datos, caracterizado por su capacidad de manejar datos geográficos, que están georreferenciados y los cuales pueden ser visualizados como mapas (Bracken y Webster, 1992.)*

*Es un sistema de información elaborado para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Bosque 1992).*

*Modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de*

---

<sup>5</sup> National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de USA.

*información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas (Rodríguez Pascual, 1993).*

*Un SIG abarca tecnología de la información, gestión de la información, asuntos legales y de negocios, y conceptos específicos de materias de un gran abanico de disciplinas, pero es implícito en la idea de SIG que es una tecnología usada para tomar decisiones en la solución de problemas que tenga al menos una parte de componente espacial (Maguire, Goodchild y Rhind, 1991) (Cassetari, 1993).*

*Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, intercambiar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar y mostrar datos espacialmente referenciados a la tierra (Rodríguez Pascual, 1993).*

*Software utilizado para automatizar, analizar y representar datos gráficos georreferenciados y organizados según un modelo topológico (AESIGT, 1993).*

*Una base de datos espacializada que contiene objetos geométricos (Cebrián, 1994).*

*Un SIG es un intento más o menos logrado según los casos de constituir una visión esquemática de una realidad compleja (Bosque, 1994).*

*Un Sistema de Información Geográfica es una colección de tecnología de la información, datos y procedimiento de captación de información, almacenamiento, manipulación, análisis y presentación en mapas y estadísticas sobre características que puedan ser representadas en mapas (Huxhold y Levisohn, 1995).*

*Un SIG no es simplemente un sistema informático para hacer mapas, aunque pueda crearlos a diferentes escalas, en diferentes proyecciones y con distintos colores. Un SIG es una herramienta de análisis. La mayor ventaja de un SIG es que permite identificar las relaciones espaciales entre características de varios mapas. Un SIG no almacena un mapa en sentido convencional, ni almacena una imagen concreta o vista de una área geográfica. En vez de ello, un SIG almacena los datos a partir de los cuales se puede crear la escala deseada, dibujada para satisfacer un producto. En suma un SIG no contiene mapas o gráficos, sino una base de datos. El concepto de las bases de datos es central para un SIG, y es la principal diferencia entre un SIG y un simple graficador o sistemas informático de cartografía, que solo puede producir buenos gráficos (UNDERTANDING GIS, 1995).*

*Los SIG, más que una tecnología, son un instrumento nuevo de percepción y comprensión del territorio (De Abreu, 1996).*

*Un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos (Burrough y McDonnell, 1988 y 1997).*

*Tal como se observa, estas definiciones no sólo son sucesivas en el tiempo, sino que además cada una supone un mayor nivel de complejidad respecto a la anterior. Unas hacen referencia únicamente a las bases de datos espaciales; algunas, a las herramientas (software) de tratamiento de estos datos (paquete de módulos de S.I.G.); otras, incluyen el hardware utilizado y los procedimientos complementarios que puedan ser necesarios.*

*A partir de la información anterior, se puede afirmar que la idea de los SIG concebida hace unos 40 años han evolucionado de igual manera que su conceptualización.*

*Como se puede observar es realmente complejo explicar el concepto de S.I.G. y no hay un consenso a la hora de definir un S.I.G., debido a que se integra dentro de un mismo concepto tanto los componentes como las funciones. Asimismo, existen otras muchas definiciones de S.I.G., algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras en sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones; pero todas coinciden en que se trata de un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas del conocimiento.*

*En conclusión un Sistema de Información Geográfica puede definirse como un sistema de hardware y software que tiene como objeto la obtención, almacenamiento, gestión, manipulación, procesamiento, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, sobre el mundo real, para resolver problemas complejos de planificación, gestión e investigación.*

*Además de las propiedades que se pueden extraer de las anteriores definiciones recolectadas, y de esta última, se deben señalar otros aspectos que caracterizan a los SIG.*

- 1. La capacidad de visualización de información geográfica compleja a través de mapas.*
- 2. La funcionalidad de los SIG como una base de datos sofisticada, en la que se mantiene y relaciona información espacial y temática.*
- 3. La diferencia con las bases de datos convencionales estriba en que toda la información contenida en un SIG está unida a entidades geográficamente localizadas. Por ello en un SIG la posición de las entidades constituye el eje del almacenamiento, recuperación y análisis de los datos.*
- 4. Son una tecnología de integración de información.*
- 5. Se han desarrollado a partir de innovaciones tecnológicas habidas en campos especializados, de la geografía y otras ciencias (tratamiento de imágenes, análisis fotogramétricos, cartografía automática, etc.), para constituir un sistema único, más potente que la suma de las partes.*

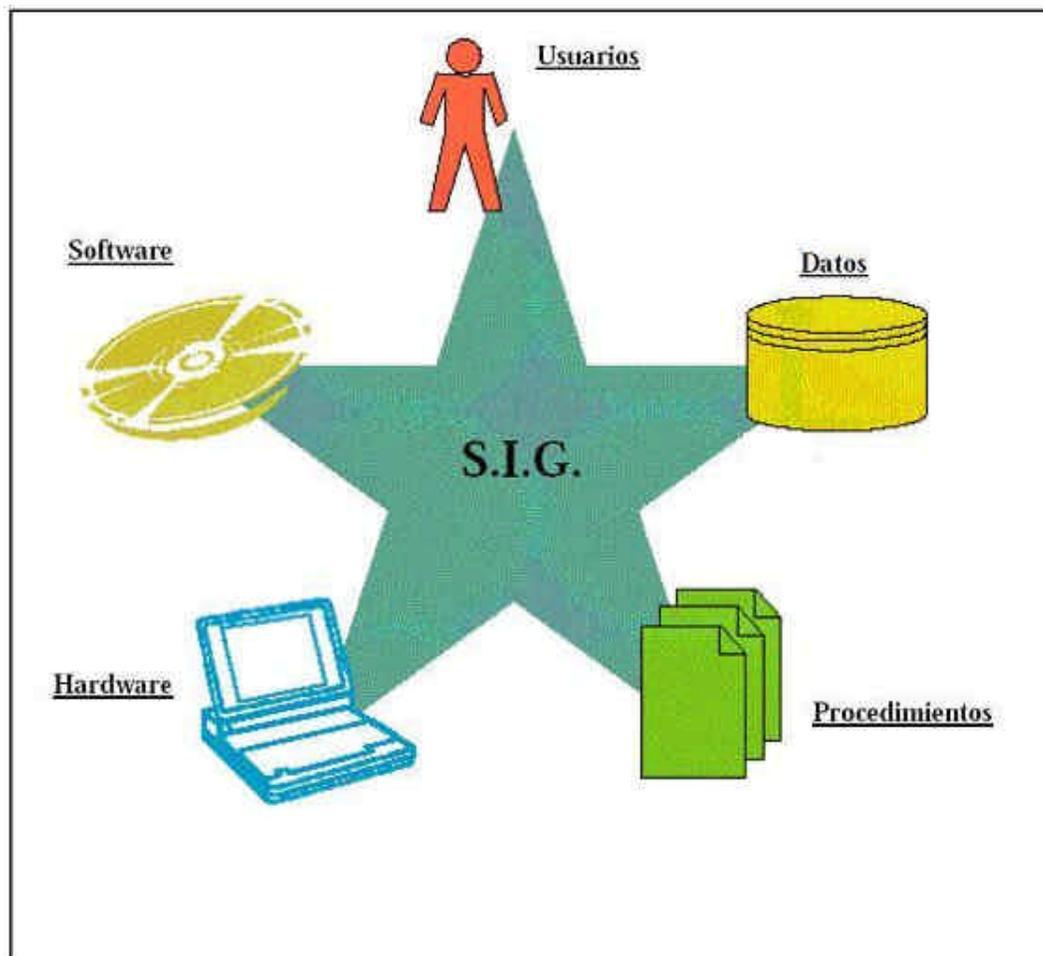
6. *Permiten unificar la información en estructuras coherentes y aplicar a la misma una colección variada de funciones: análisis, visualización, edición, etc.*

7. *El carácter integrador y abierto, hace de los SIG área de contacto entre variados tipos de aplicaciones informáticas, destinadas al manejo de información con propósitos y formas diversos: programas estadísticos, bases de datos, programas gráficos, hojas de cálculo, procesadores de texto, etc.*

8. *Los límites y diferencias entre los SIG, los programas de diseño asistido (CAD), los de cartografía temática y los de tratamiento de imágenes. Estriban en el modelo de datos y en las capacidades de análisis de información espacial.*

### 1.1.2 Componentes de un sistema de información.

Los componentes necesarios para llevar a cabo las tareas de un S.I.G. son los siguientes (Figura 1.1):



**Figura 1.1** Componentes de los S.I.G.

Básicamente un Sistema<sup>6</sup> de Información Geográfica<sup>7</sup> (SIG) está estructurado por cinco elementos fundamentales que son: hardware, software, datos, procedimientos (método) y usuarios.

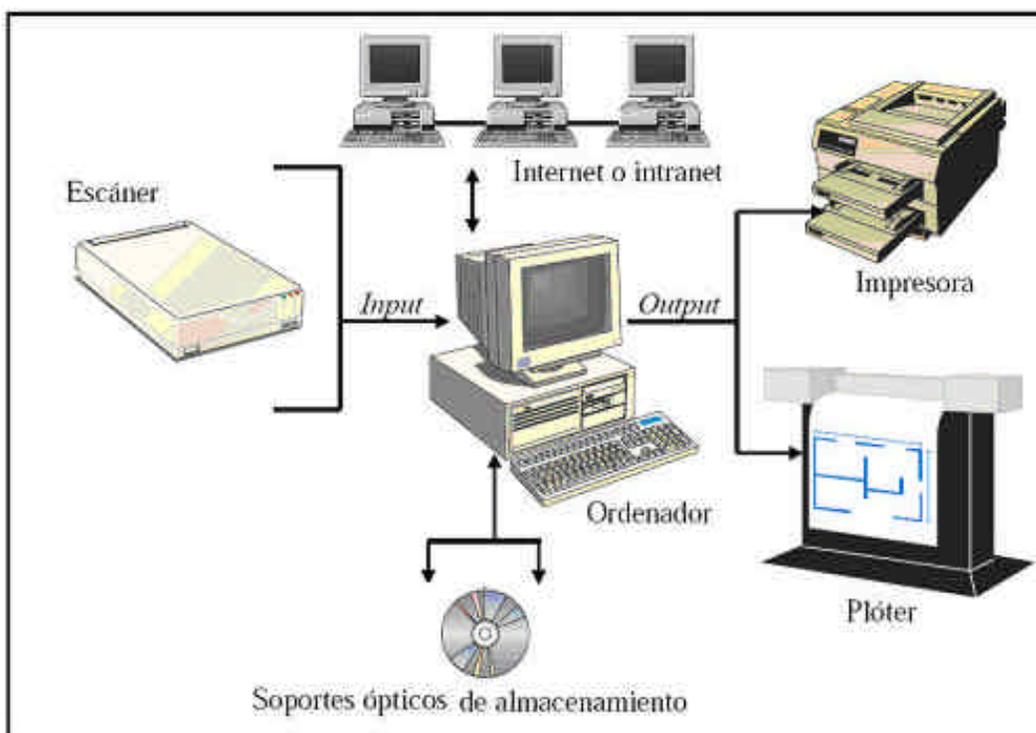
<sup>6</sup> El vocablo 'sistema' aplicado a un conjunto de útiles informáticos denota un rasgo estructural en la relación existente entre las partes.

<sup>7</sup> La connotación 'Información geográfica' hace referencia a la abstracción o representación de la realidad geográfica (paisaje).

### 1.1.2.1 Hardware.

Los S.I.G. funcionan en un amplio rango de tipos de ordenadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red. Esta organización requiere de hardware específico para cumplir con las necesidades de cada aplicación.

El hardware o el componente físico del sistema (Bosque, 1992) se compone de una plataforma de ordenador (estación de trabajo, PC, etc.) y una serie de periféricos englobados en dos grupos fundamentales: de entrada y de salida (Figura 1.2).



**Figura 1.2** Componentes de hardware para un S.I.G.

En los primeros se pueden incluir los scanners (lectores raster o barreadores electrónicos) y el teclado; en los segundos, plotter o trazador, impresoras y monitores.

Como grupo aparte, están las unidades de almacenamiento. En ellas se pueden incluir unidades de CDrom y DVDrom.

El ordenador está compuesto por un disco duro para almacenar datos y programas, pero se puede proporcionar capacidad extra vía red o en CD-ROMs y otros dispositivos. El usuario controla el ordenador y los periféricos (plóter, impresora, tableta digitalizadora, etc.) mediante la pantalla del ordenador, el teclado y el ratón. La comunicación entre distintos ordenadores se hace posible a través de redes locales, globales o vía Internet.

Para introducir información de mapas (*input*) se dispone de un escáner, que se utiliza para convertir los mapas y documentos a formato digital, por lo tanto, éstos pueden ser utilizados por los programas de ordenador.

Para mostrar los resultados de los mapas (*output*) se dispone de un plóter o una impresora u otro tipo de dispositivo de representación, que se utiliza para presentar los resultados del procesamiento de los datos.

### 1.1.2.2 Software.

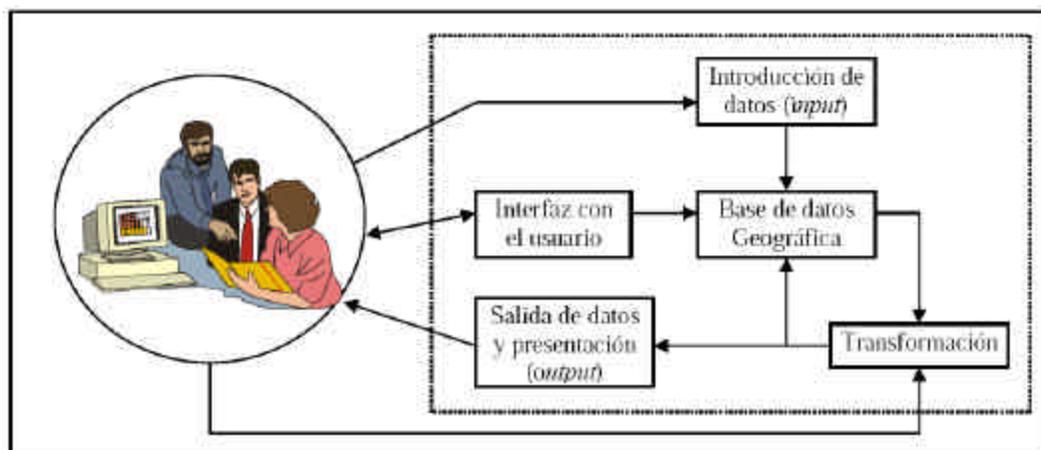
En cuanto al software, es el encargado de realizar las operaciones y la manipulación de los datos.

Los programas S.I.G. proporcionan las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica. Los componentes principales del software S.I.G. son:

- a) Sistema de manejo de base de datos.
- b) Una interfase gráfica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas.
- c) Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
- d) Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Los programas de ordenador de un S.I.G. se suelen dividir en 5 partes funcionales (Figura 1.3):

- 1) Introducción de datos y verificación (*input*).
- 2) Almacenamiento de datos y manejo de bases de datos.
- 3) Transformación de los datos.
- 4) Interacción con el usuario.
- 5) Salida de los datos y presentación (*output*).

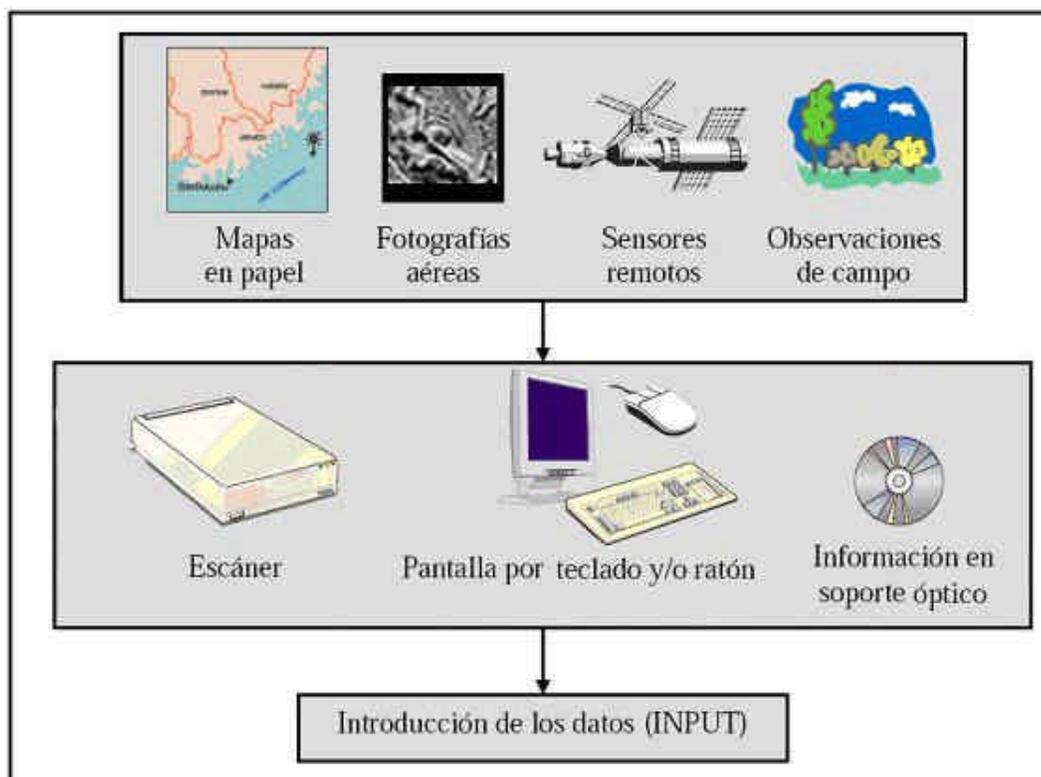


**Figura 1.3.** Los componentes principales del software para un S.I.G.

## 1) **Introducción de datos y verificación (input).**

La introducción de los datos (Figura 1.4) incluye todos los aspectos para capturar datos espaciales desde diversas fuentes: mapas existentes, observaciones de campo y sensores (fotografías aéreas, satélites e instrumentos de grabación) y poder convertirlos en un formato estándar digital

La mayoría de las herramientas utilizadas por el S.I.G. están disponibles. La más básica es la introducción de datos a través de la pantalla con la ayuda del teclado y/o del ratón, el resto son el escáner (para convertir directamente los mapas y las imágenes fotogramétricas de vuelos aéreos o de satélites), la tableta digitalizadora, y otros dispositivos necesarios para la lectura y/o escritura de los datos como las unidades de CD-ROM, ZIP y disquete.

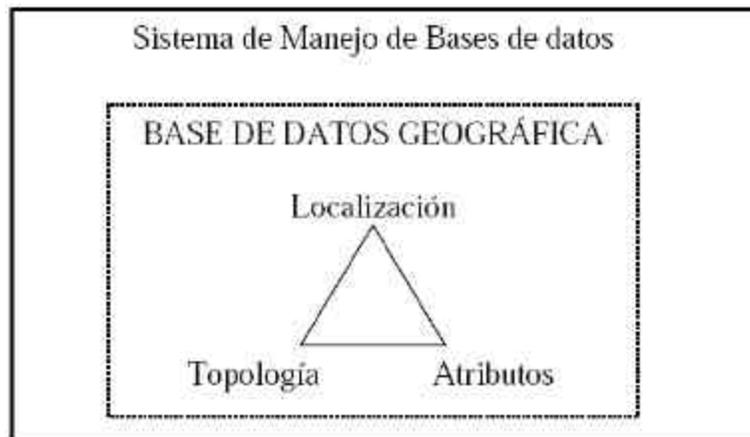


**Figura 1.4.** Recolección e introducción de datos.

## 2) **Almacenamiento de datos y manejo de bases de datos.**

El almacenamiento de datos y el manejo de las bases de datos (Figura 1.5) concierne a los datos sobre su localización, relaciones (topología) y atributos de los elementos geográficos (puntos, líneas, áreas, y entidades más complejas que representan los objetos de la superficie terrestre) están estructurados y organizados. De esta forma, éstos deben ser manipulados por un ordenador tal y como son percibidos por los usuarios del sistema.

El programa de ordenador que se utiliza para organizar la base de datos se conoce como Sistema de Manejo de Bases de Datos.



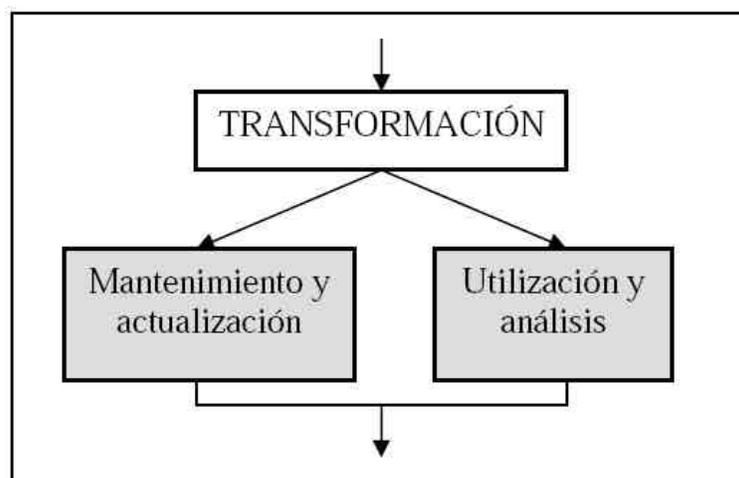
**Figura 1.5.** Los componentes de la base de datos geográfica.

### 3) **Transformación de los datos.**

La transformación de los datos (Figura 1.6) abarca 2 clases de operaciones:

a) Transformaciones necesarias para eliminar errores de los datos o para actualizarlos o para insertarlos en otros conjuntos de datos.

b) La gran serie de métodos de análisis que pueden ser aplicados a los datos para lograr respuestas a las preguntas formuladas en el S.I.G.



**Figura 1.6** Transformación de los datos.

Las transformaciones pueden operar con los datos espaciales (topología) y los aspectos no espaciales de los datos, por separado o en combinación. La mayoría de estas transformaciones, como las asociadas a los cambios de escala, ajuste de los datos a las nuevas proyecciones,

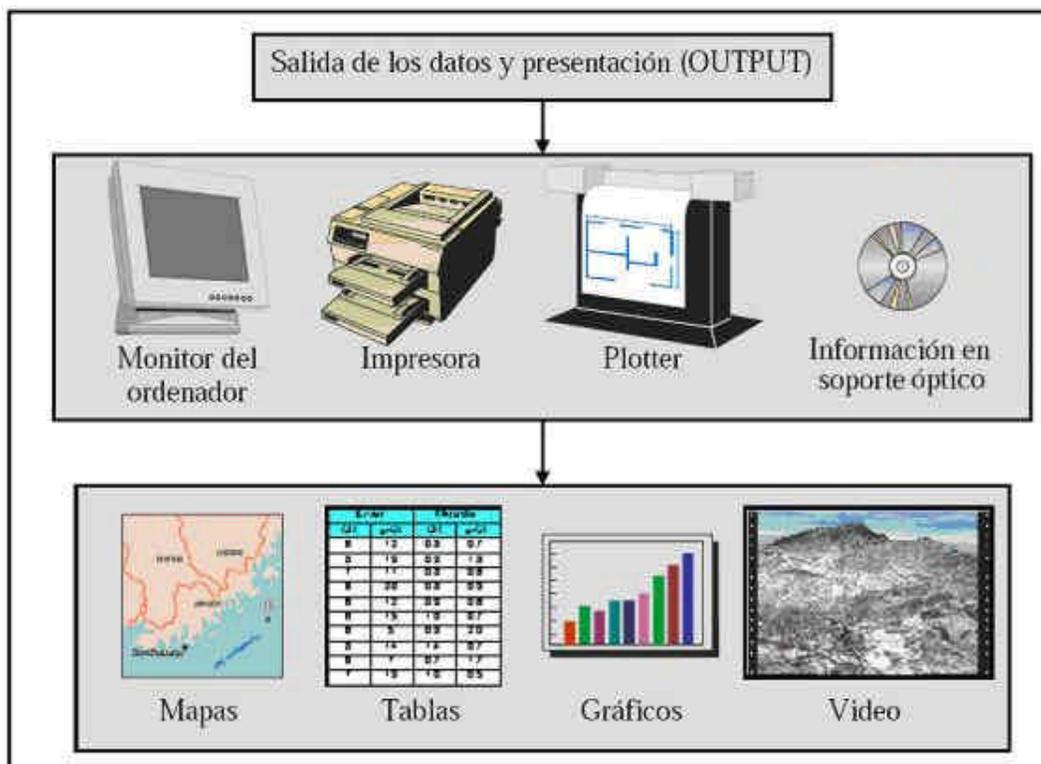
recuperación de datos lógicos y cálculo de las áreas o perímetros, son de una naturaleza tan general que podemos esperar encontrarlos en cualquier tipo de S.I.G. de una forma u otra. Otros tipos de manipulación pueden ser aplicaciones extremadamente específicas, y su incorporación en un S.I.G. particular sólo puede ser satisfecha en los usuarios particulares que tengan dicho sistema.

#### 4) **Interacción con el usuario.**

La interacción entre el usuario y los S.I.G. es imprescindible para la introducción de los datos y la creación de los modelos para analizar los mismos. La introducción del ordenador personal, el ratón u otros dispositivos de punteros, y las multi-ventanas del software han facilitado en gran manera las tareas S.I.G. de ordenador.

#### 5) **Salida de los datos y presentación (output).**

Las salidas de los datos y la presentación (Figura 1.7) corresponden al formato en que los datos están representados y cómo los resultados de los análisis informan a los usuarios. Los datos suelen estar presentados como mapas, tablas o figuras (gráficas y tablas) en una variedad de tipos que se extienden desde la imagen efímera en la pantalla del ordenador, pasando por las copias conseguidas en la impresora o plóter a la información almacenada en soporte magnético en formato digital.



**Figura 1.7** Salida y presentación de los datos.

Actualmente la mayoría de los proveedores de software S.I.G. distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en muchos formatos distintos.

La variedad de modelos depende de las diferentes casas comerciales que intentan introducir su producto. La facilidad de acceso, la capacidad de almacenamiento y procesamiento y la posibilidad de análisis complejos serán elementos esenciales a valorar en la calidad de un programa SIG. Cada vez es más numerosa la oferta de programas destacando algunos como Arcinfo, Idrisi, Mapinfo, Osu-Map, Erdas, etc. (Tabla 1.1).

**Tabla 1.1 Programas comerciales de Sistemas de Información Geográfica**  
(GUTIERREZ PUEBLA y GOULD 1994).

Programa	Estructura datos	Año de aparición	Hardware sobre el que corre
Arcinfo	Vectorial	1982	Estación de trabajo / PC
Atlas Gis	Vectorial	1989	PC
GenaMap	Vectorial	1986	Estación de trabajo
Idrisi	Raster	1987	PC
Ilwis	Raster	1988	PC
Mapinfo	Vectorial	1987	PC
Microstation G	Vectorial	1987	PC
Smallworld	Vectorial	1990	Estación de trabajo
Spans Gis	Vectorial	1985	Estación de trabajo
Terrasoft	Vectorial	1984	PC
ArcView	Vectorial y Raster	1992	PC
ArcGis	Vectorial y Raster	1999	PC

### 1.1.2.3 Datos.

El componente más importante para un S.I.G. es la información. Se requieren “buenos” datos de soporte para que el S.I.G. pueda resolver los problemas y contestar a las preguntas de la forma más acertada posible.

Los datos geográficos constituyen la base de todo el sistema; sin ellos no tiene sentido ni el software ni el hardware, ni siquiera los usuarios.

La dificultad en la recolección de algunos y lo perentorio de su actualidad provoca que sea este elemento el más costoso de todos los componentes de un proyecto SIG.

La consecución de “buenos” datos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del S.I.G., y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad.

Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. Mantener, organizar y manejar los datos debe ser política de la organización.

*El éxito del proyecto no está garantizado si no se tiene asegurada la actualización periódica de los datos. La dificultad en su representación es otro factor a tener en cuenta a la hora de organizar e introducir la información en el sistema.*

#### **1.1.2.4 Usuarios.**

*Los usuarios también tienen un papel importante en la configuración estructural de un SIG.*

*Todo está orientado para su uso. No tiene sentido una estructura bien montada que no esté pensada para ser utilizada por personal específico.*

*Las tecnologías S.I.G. son de valor limitado sin los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desfasa y se maneja erróneamente, y el hardware y el software no se manipula con todo su potencial.*

*Hay dos tipos de usuarios; los especializados y el público en general. Se denomina especializados a aquellos técnicos que trabajan con los sistemas en algunas de sus fases (introducción de datos, corrección, análisis, elaboración de cartografía, etc.), y que por ello deben tener una formación especializada; y público en general sería aquel que en algún momento tuviera que requerir información, sea la que fuese, de un SIG concreto. En este caso no se requiere una gran formación, y la adaptación debe estar en el sistema que debe ser "amigable".*

#### **1.1.2.5 Método.**

*El método estará determinado por un plan de trabajo que se diseñará en función de unos objetivos marcados al iniciar el proyecto. Un mismo software puede variar al ser usado para temas distintos y por ello necesitar de métodos de trabajo distinto.*

*Para que un S.I.G. tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y en unas reglas de actividad definidas, que son los modelos y las prácticas operativas exclusivas en cada organización.*

*De estos componentes, el hardware (ordenador), el software (programas del ordenador) y un contexto apropiado de organización, que incluye personal capacitado, son fundamentales. Los usuarios pueden superar con frecuencia los obstáculos de los otros componentes del S.I.G., pero no a la inversa. El mejor software y hardware del mundo no pueden compensar la incompetencia de quien los maneja.*

### **1.1.3 Funciones.**

#### **1.1.3.1 Entrada de datos:**

*Un SIG debe tener la capacidad para recibir datos de distintas maneras:*

##### *a) Digitalización directa*

*Mapas en papel o más recientemente mediante el método "heads up digitizing", en el cual se usa una foto aérea o una reproducción escaneada de un plano y digitaliza los elementos que se deseen de ese plano o foto.*

##### *b) Entrada de coordenadas en archivos digitales*

*Se aplica en casos diversos donde existen tablas que tienen coordenadas, tales como los que existen en Topografía y las que se reciben directamente de aparatos GPS.*

##### *c) Teledetección*

*Aunque esta es una ciencia aparte, usualmente es complementaria con los SIG porque los productos generados de un procesador de imágenes suelen ser otras capas de información que pueden ser utilizadas por los SIG.*

*Por ejemplo, un procesador de imágenes puede derivar índices de vegetación, de humedad, y otros además de derivar mapas de cubierta de terreno. En otras ocasiones puede suceder que la imagen satelital se use como base para derivar otras capas de información en un SIG.*

#### **1.1.3.2 Output. Salida de información:**

*Representación gráfica, y cartográfica en papel y digital. Es importante tener las herramientas para hacer mapas y reproducir gráficas de calidad. Un SIG. debe permitir obtener mapa, gráficos y tablas de datos; obtenidos de los distintos procesos de análisis y de aquellos que se almacenan en la base de datos.*

#### **1.1.3.3 Manipulación de los datos**

*Debe proveer herramientas para el manejo de esta información. Por ejemplo: Funciones para la transformación matemática de coordenadas: proyecciones cartográficas, transformaciones de datum, transformaciones geométricas: rotación, reducción o ampliación de tamaños (escala)*

#### **1.1.3.4 Reformateo:**

*Integración, generalización y depuración de la información.*

### **1.1.3.5 Importación y exportación de datos.**

### **1.1.3.6 Análisis.**

*Es el componente más importante dentro de un SIG. Principalmente se trata de usar la información disponible para producir nueva información. Un SIG debe tener las siguientes funciones analíticas:*

#### *a) Selección geográfica.*

*Se basa en búsquedas simples o complejas tanto en el aspecto geográfico como en la base de datos. Ejemplo – Seleccionar todos los suelos de tipo lómico y que a la vez no tengan uso de suelo urbano.*

#### *b) Proximidad*

*Determinar qué cosas están cerca de cuáles otras basado en distancias. El ejemplo más común es el uso de buffers, por lo general con radios determinados o cambiantes según categorías previamente definidas. Ejemplo – Localizar todos los edificios que estén dentro del margen de 100 metros a lo largo de una alineación de carretera propuesta.*

#### *c) Sobreposición cartográfica (overlay & map algebra)*

*Reclasificación, funciones por celda, alrededores de una celda o por zonas de grupos de celdas con igual valor dentro de un mismo layer.*

#### *d) Rutas óptimas*

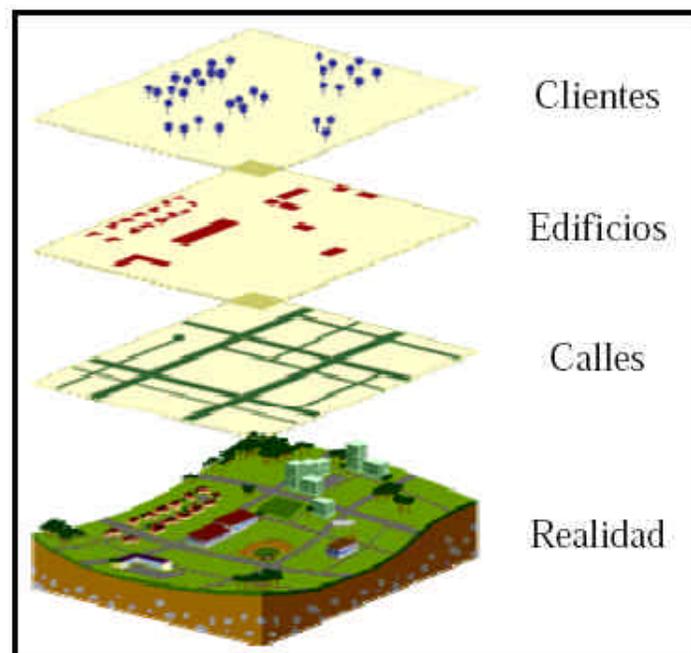
*Selección de rutas con la menor distancia posible. Pueden darse en medios tales como una red de carreteras, de drenajes, tuberías, etc. En otros casos se puede derivar rutas a base de superficies como la elevación. Ejemplos – Rutas óptimas de entrega de paquetes. Trazado de una nueva carretera, usando variables como elevación, inclinación, y dirección de la inclinación del terreno.*

### 1.1.4 Aplicaciones.

*Un Sistema de Información Geográfica es una herramienta que permite la integración de bases de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de análisis de datos.*

*La base de un S.I.G. es, una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diversas variables (formato ráster), o bien capas que representan objetos (formato vectorial) a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos, incrementando la complejidad del sistema (Figura 1.8).*

*Mediante los S.I.G. se pueden realizar operaciones entre las capas, y así obtener resultados en formato imagen o en tablas. Todos estos resultados pueden utilizarse para la elaboración de análisis y modelos. Por lo tanto, no hay que considerar a los S.I.G. como una herramienta sólo de captura, almacenamiento, manejo y presentación de mapas.*



**Figura 1.8** Ejemplo de S.I.G.

*Por tanto, cualquier actividad relacionada con el espacio, puede beneficiarse del trabajo con S.I.G. Entre las aplicaciones más usuales destacan:*

a) *Científicas: ciencias medioambientales y relacionadas con el espacio, desarrollo de modelos empíricos, modelización cartográfica, modelos dinámicos y teledetección.*

b) *Gestión: cartografía automática, información pública, catastro, planificación física, ordenación territorial, planificación urbana, estudios de impacto ambiental, evaluación de recursos y seguimiento de actuaciones.*

c) *Empresarial: marketing, estrategias de distribución, planificación de transportes y localización óptima.*

*Aunque, todas estas disciplinas utilicen los S.I.G. para resolver cuestiones distintas, todas realizan y ejecutan tareas comunes, siendo estas:*

a) *Organización de datos: almacenar datos con el fin de sustituir una mapoteca analógica (mapas físicos en papel) por una mapoteca digital (mapas en el ordenador) posee ventajas obvias, entre las cuales pueden ser citadas una reducción en el espacio físico; el fin del deterioro de los productos en papel; la rápida recuperación de los datos; la posibilidad de producir copias sin pérdida de calidad; y otras más.*

b) *Visualización de datos: la posibilidad de seleccionar los niveles de información deseados; de acuerdo con el contexto, permite acoplar los mapas temáticos elegidos superándose cualquier producto en papel. La capacidad de análisis del ojo humano, a pesar de estar subestimada, es esencial en un estudio que implica información espacial.*

c) *Producción de mapas: en general los S.I.G. poseen herramientas completas para la producción de mapas, siendo bastante simples la inclusión de rejillas de coordenadas, escala gráfica y numérica, leyenda, flecha norte y textos diversos, siendo mucho más indicados para la cartografía que los simples sistemas C.A.D. (Computer-Aided Design).*

d) *Consulta espacial: posiblemente la función más importante de los S.I.G es la posibilidad de preguntar cuáles son las propiedades de un determinado objeto, o en qué lugares tienen tales propiedades. La interacción entre el usuario y los datos se convierte en dinámica y extremadamente poderosa.*

e) *Análisis espacial: consiste en el uso de un conjunto de técnicas de combinación entre los niveles de información (capas), con el fin de evidenciar patrones o establecer relaciones dentro de los datos que quedaban anteriormente ocultos al analista. Es una manera de inferir significado a partir del cruce de los datos.*

f) *Previsión: uno de los propósitos de los S.I.G. es el de verificación de escenarios, modificando los parámetros para evaluar cómo los eventos, naturales o no, ocurrirían si las condiciones fuesen diferentes, obteniendo un conocimiento más general de los objetos o el área en estudio.*

g) *Creación de modelos: la capacidad de almacenamiento, recuperación y análisis de datos espaciales convierte a los S.I.G. en plataformas ideales para el desarrollo y aplicación de modelos distribuidos espacialmente, y para la validación de escenarios hipotéticos.*

## **1.2 La naturaleza de los datos geográficos.**

*Para sacar partido de las posibilidades que proporcionan las herramientas espaciales de modelización computarizadas es esencial entender cómo funcionan los modelos utilizados para representar los datos geográficos y codificarlos en estos dispositivos.*

*Uno de los problemas fundamentales en el desarrollo de un proyecto de SIG es adaptar una realidad compleja y continua, para representarla de forma simplificada y en elementos discretos. Es inevitable que para una correcta codificación de los datos espaciales en un ordenador se tenga que utilizar el propio código informático, cuyas instrucciones están basadas en series de interruptores, que están en 1 de 2 estados (“on” u “off”, “verdadero” o “falso”, “sí” o “no”). Estos estados están codificados por los números 1 y 0 respectivamente y el sistema binario de base 2 es la base fundamental del código de computación.*

*Por tanto, los datos geográficos necesitan ser convertidos en registros discretos en el ordenador utilizando estos interruptores para representar la localización, presencia o ausencia, tipo, etc. de la información espacial. El desarrollo de una base de datos espacial conlleva una simplificación de la realidad para adaptarla a un modelo de datos.*

### **1.2.1 Tipos de datos geográficos.**

*Existen dos tipos de variables geográficas:*

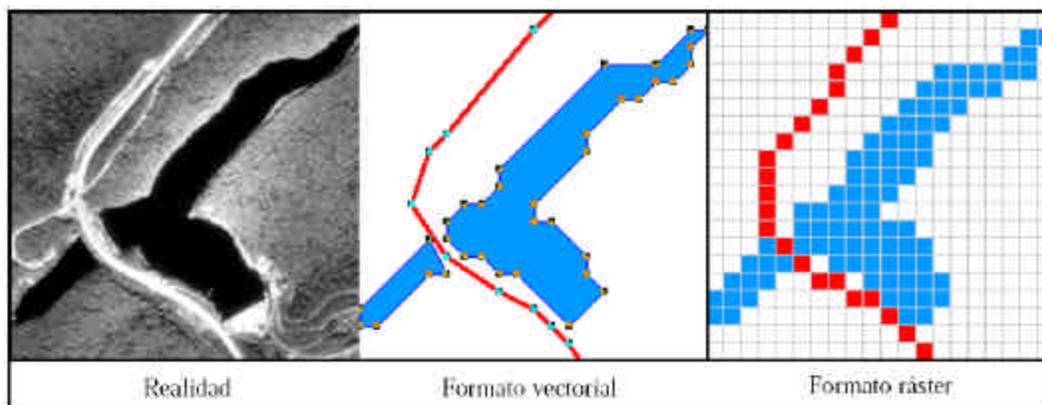
#### **1.2.1.1 Datos discretos.**

*Es el tipo de dato que se constituye por elementos separados unos de otros o individualmente distintos. Se representan mediante el modelo vectorial en forma de puntos, líneas, o polígonos.*

#### **1.2.1.2 Datos continuos.**

*Se representan mediante la agrupación de celdas que tratan de imitar este tipo de datos. En realidad cada celda tiene un valor separado. La variable más común que se representa de esta manera es la elevación, pero pueden ser muchas más como por ejemplo, precipitación, temperatura, niveles de acidez en el suelo, etc. Los programas ráster trabajan este tipo de representación de datos.*

*Por la manera en que se guarda la información que representa los datos geográficos en un SIG, existen dos formatos de datos: vectorial y ráster (Figura 1.9).*



**Figura 1.9** Formatos digitales de representar los datos geográficos.

La representación de la realidad que se haga en la base de datos espacial es una de las cuestiones fundamentales, ya que condiciona enormemente la estructura de la misma y los modos de trabajo posteriores. Las ventajas e inconvenientes de uno u otro dependen en gran medida de la aplicación o análisis que se quiera llevar a cabo y de los resultados que se quieran obtener. Actualmente, se tiende a compaginar al máximo ambos modelos para conseguir una mayor versatilidad.

### 1.2.2 Formato Vector.

En el modelo vectorial se considera que la realidad está dividida en una serie de objetos discretos (puntos, líneas, polígonos) a los que se puede asignar diversas propiedades, cualitativas o cuantitativas.

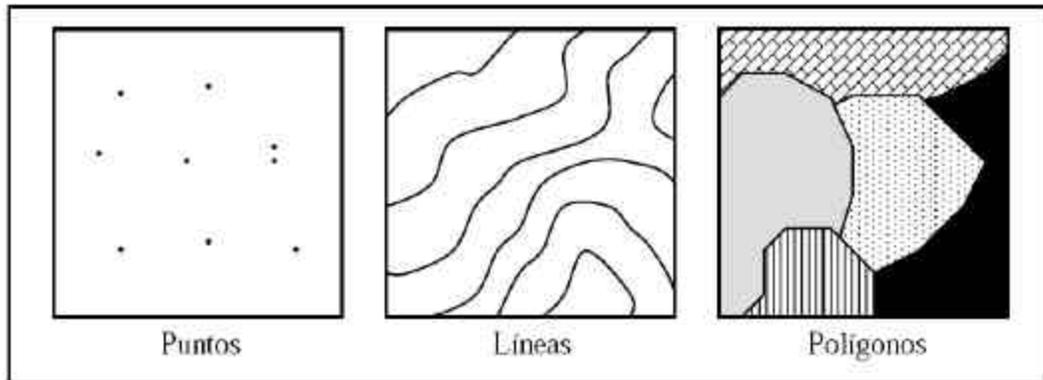
Estos objetos se codifican por su posición en el espacio (puntos y líneas) o por la posición de sus límites (polígonos). Los cambios de escala van a suponer en muchos casos que los objetos cambien de un tipo a otro.

#### 1.2.2.1 Representación vectorial

Se basa en los elementos (primitivos) llamados punto, línea y polígono para representar la geografía. Esta representación es utilizada por programas SIG vectoriales como ESRI ArcInfo, Manifold System y otros ya en la categoría de Desktop Mapping Programs como MapInfo, AtlasGIS, ArcView.

La estructura de datos que utiliza puntos, líneas y polígonos para describir la información geográfica es conocida como estructura vectorial (Figura 1.10).

Las unidades vectoriales están caracterizadas por el hecho de que su localización geográfica puede ser definida independiente y de forma muy precisa, mediante sus relaciones topológicas.



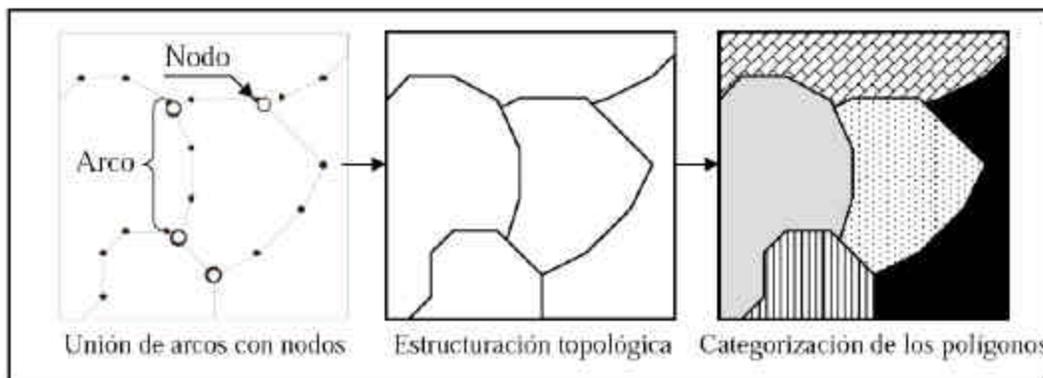
**Figura 1.10.** Estructuras vectoriales principales.

Las capas vectoriales son útiles para describir los distintos elementos del terreno, tales como carreteras, red hidrográfica, límites administrativos, y otros.

Para ello, almacenan una serie de puntos (cada uno referenciado mediante un par de coordenadas espaciales) que describen la localización de los elementos (si son puntos), o su trayectoria o límite mediante una secuencia de puntos unidos por líneas rectas.

Estas unidades simples son suficientes para un manejo eficiente de los datos. Siendo muy útiles para operar con datos complejos, debido a que son unidades independientes en un sistema de información.

Los puntos son la estructura vectorial más simple, cuya información sólo requiere una posición X,Y y un valor Z opcional para el atributo. Las líneas simples o sueltas están compuestas por puntos con sus correspondientes coordenadas X,Y y un valor Z global para el atributo de la línea. Los arcos o cadenas son objetos más complejos y se utilizan para representar líneas curvadas o no rectilíneas (Figura 1.11).



**Figura 1.11.** Pasos para la creación de una estructura vectorial poligonal.

Cuando estos arcos se unen, deben estar conectados en un tipo especial de punto llamado nodo, cuya función consiste en aportar la información sobre el tipo de criterio utilizado para la conexión de los arcos. Los nodos también se utilizan para recoger la información sobre los límites de los

arcos que al conectarse forman polígonos, proporcionando información sobre los polígonos vecinos de la izquierda y derecha, y sobre polígonos encerrados.

Los métodos utilizados para conectar arcos y convertirlos en polígonos dependen del software del S.I.G. Una vez creados los polígonos, ya se pueden catalogar introduciendo los atributos correspondientes a cada polígono.

### **1.2.2.2 Ventajas y desventajas de la estructura vectorial.**

#### **Ventajas:**

- a) Buena representación en los modelos de datos.
- b) Estructura de datos compacta.
- c) La topología puede ser descrita explícitamente, por tanto es favorable para un análisis de redes.
- d) La transformación sencilla de coordenadas (georreferenciación) y georrectificación.
- e) La representación gráfica es precisa a todas las escalas.
- f) La recuperación, actualización y generalización de los gráficos y atributos es posible.

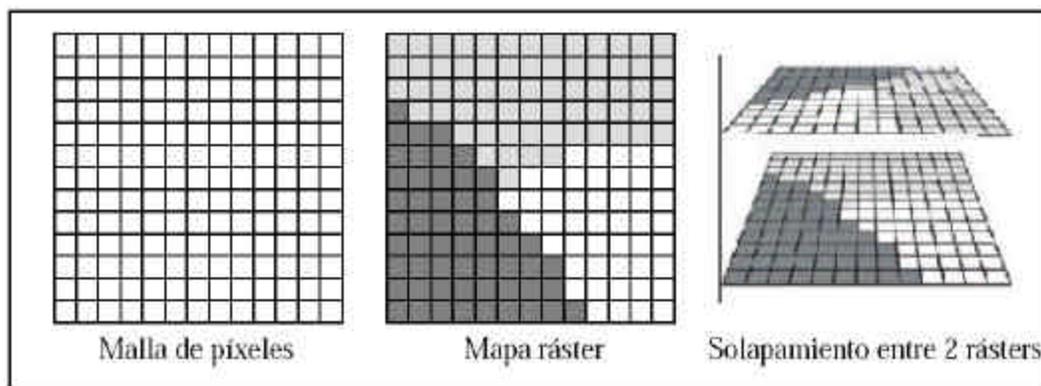
#### **Desventajas:**

- a) Estructura de datos compleja.
- b) La combinación de varias redes de polígonos por intersección y traslape es difícil y requiere un ordenador potente.
- c) La representación y ploteado suele ser costosa y cara, particularmente a alta resolución,
- d) Los análisis espaciales con unidades básicas como polígonos son imposibles sin datos extra, porque éstos se consideran internamente homogéneos.
- e) Los procesos de interacciones espaciales son más complicados, porque cada entidad espacial dispone de un sistema y forma diferente.

### **1.2.3 Formato Raster.**

La información espacial también puede estar representada en conjuntos de unidades regulares constituido por celdas o píxeles en forma de mosaico (1.12). La forma más simple es la celda cuadrada (píxel) y la malla regular en forma de mosaico se conoce como estructura ráster.

En el modelo ráster se considera la realidad como un continuo basado en la variación continua y en el que las fronteras son la excepción. La representación se realiza dividiendo ese continuo en una serie de celdas o píxeles, y asignándole a cada una un valor para cada una de las variables consideradas. Los cambios de escala van a reflejarse en el tamaño de estas celdas.



**Figura 1.12** La estructura ráster.

### 1.2.3.1 Representación ráster.

Se basa en la unidad fundamental llamada celda o píxel, los cuales definen toda una capa de información. Esta representación es utilizada por programas GIS tales como Idrisi, MapCalc, ArcInfoGRID y otros en la categoría de Image Processors tales como ERDAS y otros. Algunos programas pueden combinar ambos modelos como lo hace Idrisi, ARC/INFO, y Manifold.

En la estructura ráster, la localización de las entidades se define con la referencia directa a la matriz de datos en el que cada píxel está asociado con una parcela cuadrada de territorio.

La resolución o escala de los datos ráster es la relación entre el tamaño de píxel y el tamaño representado por la celda en la zona.

La variación de la información se puede presentar en la matriz de datos con diferentes números por píxel. Cada píxel contiene su propio atributo. Las operaciones típicas del análisis espacial son sencillas de llevar a cabo con la estructura ráster, ya que se pueden combinar los atributos de varias capas rásters.

En resumen, las imágenes ráster describen una región del espacio mediante una rejilla de unidades regulares (celdas o píxeles). Cada una de estas celdas contiene un valor numérico que expresa una determinada característica del terreno en esa localización. Éstas son muy apropiadas para la descripción de datos espaciales continuos como altitud, contenido de biomasa, temperatura y precipitación.

### 1.2.3.2 Ventajas e inconvenientes de la estructura ráster.

#### **Ventajas:**

- a) Estructura de datos simples.
- b) Manipulación sencilla mediante localización específica de los atributos de los datos.
- c) Muchos tipos de análisis espaciales y filtros pueden ser aplicados.

- d) Los modelos matemáticos son fáciles porque todas las entidades espaciales tienen una forma simple y regular.
- e) La tecnología es barata.
- f) Muchas formas de datos están disponibles.

**Desventajas:**

- a) Gran volumen de datos (ocupa más capacidad de disco duro).
- b) Al utilizar píxeles de gran tamaño para reducir el tamaño de los ficheros, se reduce también la resolución, teniendo como resultado pérdida de información y estructuras con poca definición.
- c) Los mapas ráster en crudo son poco elegantes, aunque esto no llegue a ser un problema.
- d) Las transformaciones de coordenadas son difíciles y en tiempo demoran mucho, aunque se utilice algoritmos especiales y hardware potente, incluso así puede resultar que pierda información o se distorsione.

**1.2.4 Fuentes de información para los datos geográficos.**

Es de importancia fundamental entender lo mejor posible la información que se está utilizando para poder decir cuál será la validez o confiabilidad de los datos.

**a) Información primaria.**

Es la que se recoge directamente en el lugar a ser investigado. Las encuestas, el uso de medidores de distinto tipo son ejemplos de cómo se puede generar información de lo que llamamos también "de primera mano". Sin embargo realizar este tipo de tarea puede ser costoso y se necesita usualmente hacer muestreos ante la dificultad de realizar estudios en la totalidad de los casos.

**b) Información secundaria.**

Es aquella que se utiliza de fuentes que ya colectaron la información y que no se tiene control de cómo fue recopilada. Ejemplos de esto son los Censos, información derivada de estudios anteriores y otros.

Hacemos la distinción que no necesariamente una es mejor que la otra sino que se puede tener más control sobre las mediciones cuando lo hacemos de primera mano. Del mismo modo, también podemos viciar las mediciones intencionalmente o no.

Por lo regular tendemos a confiar en las fuentes de información secundarias. Por esto es necesario revisar la documentación (metadato) de estas fuentes de información para poder tener una mejor idea de la utilidad de los datos que se usará.

*Una buena documentación provee datos tales como los métodos de medición, cómo se efectuó el muestreo, fechas, datos usados, población estimada, etc. Con esto recalcamos que esta información es valiosa para poder saber la validez de los análisis que se hagan en cualquier sistema de información.*

*La creación de una base de datos de S.I.G. es una operación compleja que puede estar compuesta por la captura de datos, verificación y procesos de estructuración. Debido a que los datos geográficos están disponibles de muchas formas analógicas o digitales, como mapas, fotografías aéreas, imagen satélite, tablas, etc.*

*Una base de datos espacial puede estar construida por varios modos distintos, que no tienen que ser mutuamente exclusivos. Estos son:*

- a) Adquirir datos de forma digital desde un suministrador de datos.*
- b) Digitalizar datos analógicos existentes.*
- c) Interpolarse desde observaciones puntuales a superficies continuas.*

*En todos estos casos, los datos deben ser registrados y codificados geoméricamente para un sistema de coordenadas generalmente aceptado, de este modo éstos pueden ser almacenados en la estructura de base de datos del S.I.G. El resultado deseado podrá ser una base de datos actual y completa que soporte los subsiguientes análisis de los datos y modelos.*

*Las fuentes de datos geográficos son el papel o mapas topográficos digitales o mapas temáticos, que son una representación gráfica de la distribución geográfica de la información espacial. Estos mapas están dibujados a una cierta escala y muestran los atributos de las entidades en diferentes símbolos o colores. La localización de las entidades de la superficie del terreno se especifica mediante métodos de un sistema de coordenadas convenido.*

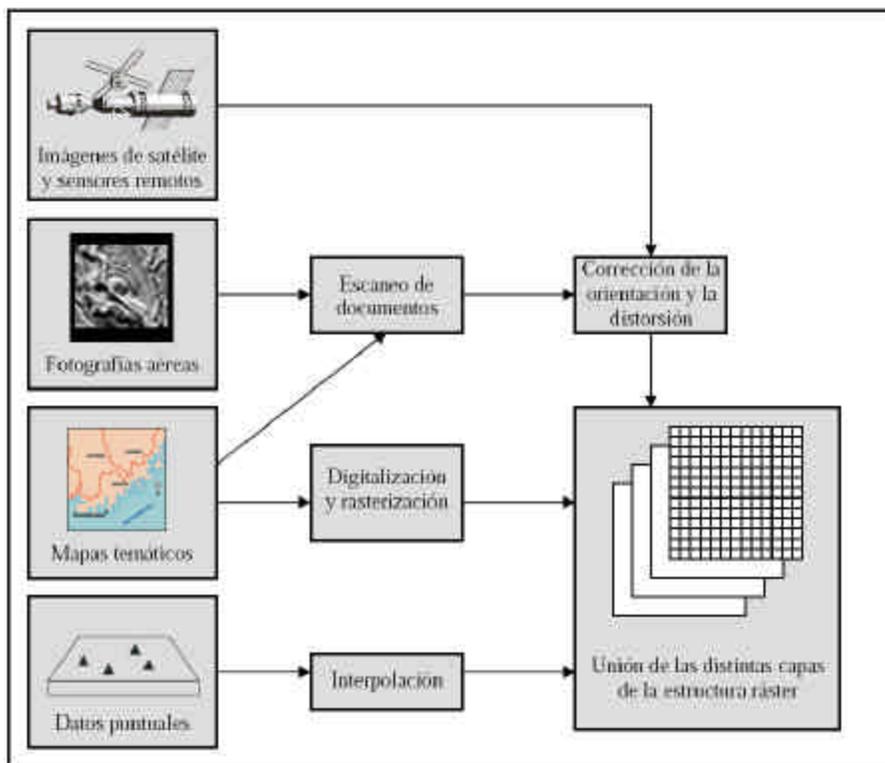
*La mayor importancia de los datos espaciales en un S.I.G. radica en la localización con respecto a una estructura común de referencia (georreferenciación). Para la mayoría de S.I.G., la estructura común de referencia está proporcionada por un sistema de coordenadas geográficas.*

### **1.2.5 Entrada de los datos geográficos.**

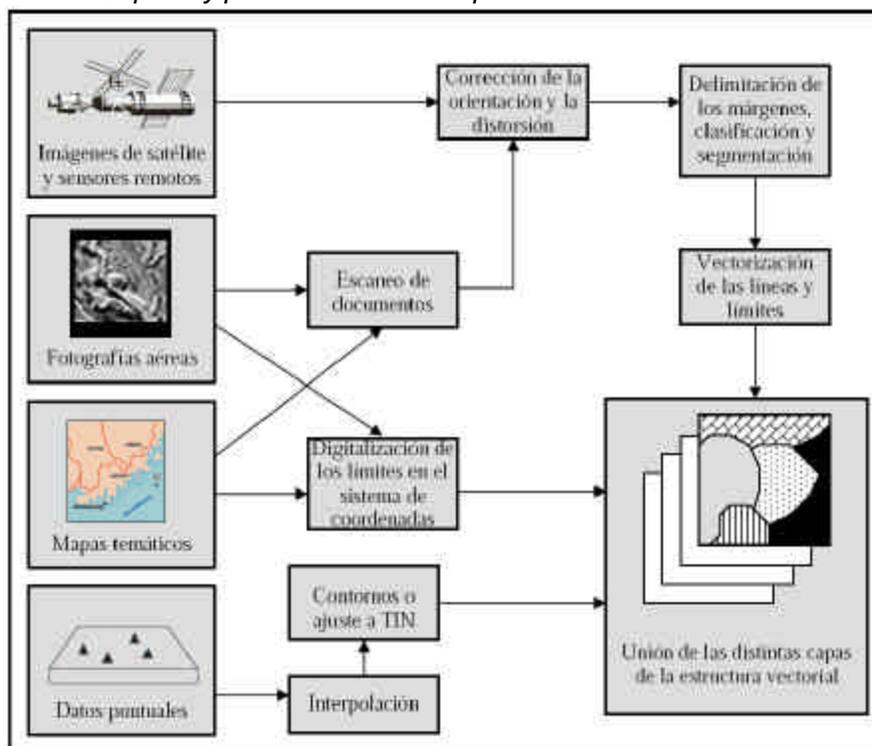
*La introducción manual de los datos; para la estructura ráster (Figura 1.13) y vectorial (Figura 1.14) en un S.I.G. requiere 4 etapas principales:*

- a) Entrada de los datos espaciales.*
- b) Entrada de los atributos de los datos.*
- c) Verificación y edición de los datos espaciales y atributos.*
- d) Conexión de los datos espaciales con los atributos (cuando sea necesario).*

La variedad de estructuras usadas en el S.I.G. también requiere que los datos sean introducidos de muchas formas diferentes. Las principales diferencias aparecen en el segundo y tercer estado de los procesos.



**Figura 1.13** Captura y procesado de datos para construir una base de datos ráster.



**Figura 1.14** Captura y procesado de datos para construir una base de datos vectorial.

### **1.2.5.1 Introducción de los datos espaciales.**

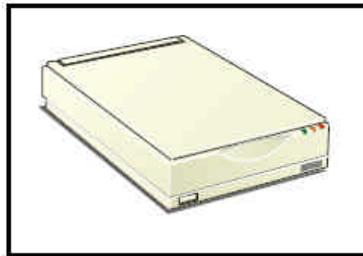
Los datos geográficos se presentan en forma de puntos, líneas o áreas (polígonos), los cuales están definidos usando una serie de coordenadas.

Éstas se obtienen mediante georreferenciación del sistema de referencia geográfica del mapa o fotografía aérea o por sobreposición de una rejilla encima del mismo.

El modo más simple de introducir los datos es teclear las coordenadas en un programa de S.I.G. La enorme labor de introducir los datos mediante la escritura de las coordenadas y su introducción mediante el teclado en un archivo de ordenador puede ser reducido en gran medida por el uso de dispositivos de hardware como escáneres o los restituidores espaciales para codificar las coordenadas X e Y de los puntos deseados.

#### **1.2.5.1.1 Escáner.**

Los escáneres son dispositivos para convertir los datos analógicos en imágenes rásters digitales (Figura 1.15), (Éstos se utilizan para la captura geográfica de datos para convertir los mapas de papel en imágenes rásters de gran resolución, las cuales pueden ser usadas directamente o más adelante procesadas para obtener representaciones vectoriales.



**Figura 1.15** Escáner.

Los escáneres trabajan con el principio de que las coloraciones de un mapa reflejan un haz de luz diferente al de áreas que están en negro; estas diferencias en intensidades se almacenan digitalmente (usando 32 bits por pixel para ortofotos digitales de alta calidad) para obtener una imagen digital que constituya una malla de valores reflejados. Estas imágenes son muy similares a las imágenes rásters obtenidas por sensores remotos.

La imagen escaneada resultante puede ser vectorizada o transformada en otro tipo de estructura ráster para introducción directa en el S.I.G. Un buen ajuste, corrección de escala y alineamiento debe ser controlado a través de puntos de control conocidos y localizados, como si fueran marcas de registro que pueden estar definidas directamente desde una imagen escaneada y procesada automáticamente. Una vez que se ha completado esto, el mapa digital puede ser entonces introducido en el S.I.G. utilizando un formato de transferencia o intercambio.

### 1.2.5.1.2 Restituidor digital.

El tercer tipo de aparato utilizado para la captura de datos geográficos digitales es el restituidor digital o stereoplotter. Se trata de un instrumento fotogramétrico utilizado para almacenar los niveles o posiciones del terreno y otras entidades directamente desde los estereopares fotográficos (tomados de la misma área, pero desde un punto de vista ligeramente diferente). En desarrollos recientes, se obtienen estereomágenes digitales desde sensores de satélites, grabaciones en video, y cámaras digitales, siendo empleadas para generar datos de elevaciones utilizando especializados algoritmos fotogramétricos en sistemas de procesamiento de imágenes. Los restituidores digitales se utilizan de forma extensiva para la captura de elevaciones continuas para modelos digitales de elevaciones y ortofotomapas.

### 1.2.5.1.4 Rasterización.

Proceso por el cual se transforman datos vectoriales en una malla de píxeles o imagen ráster (Figura 1.16). Consiste básicamente en situar una malla sobre el mapa vectorial, para codificar los píxeles en función de los datos que posean en mayor medida. La capacidad de rasterización la soporta la mayoría de software S.I.G.

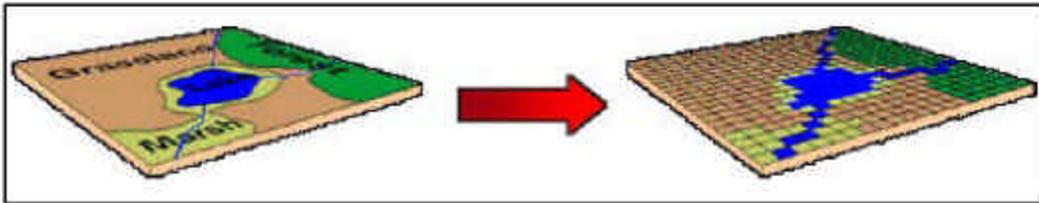


Figura 1.16 Rasterización.

### 1.2.5.1.5 Vectorización.

Proceso inverso a la rasterización, que consiste en la conversión de una imagen ráster a una vectorial (Figura 1.17). Frecuentemente se realiza mediante software que proporciona algoritmos que convierten el conjunto de píxeles en datos lineales. El proceso supone enhebrar una línea a través de los píxeles de la imagen escaneada utilizando los algoritmos conocidos como de afinamiento.

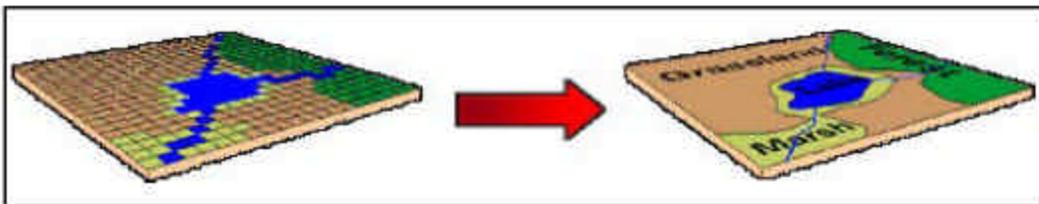
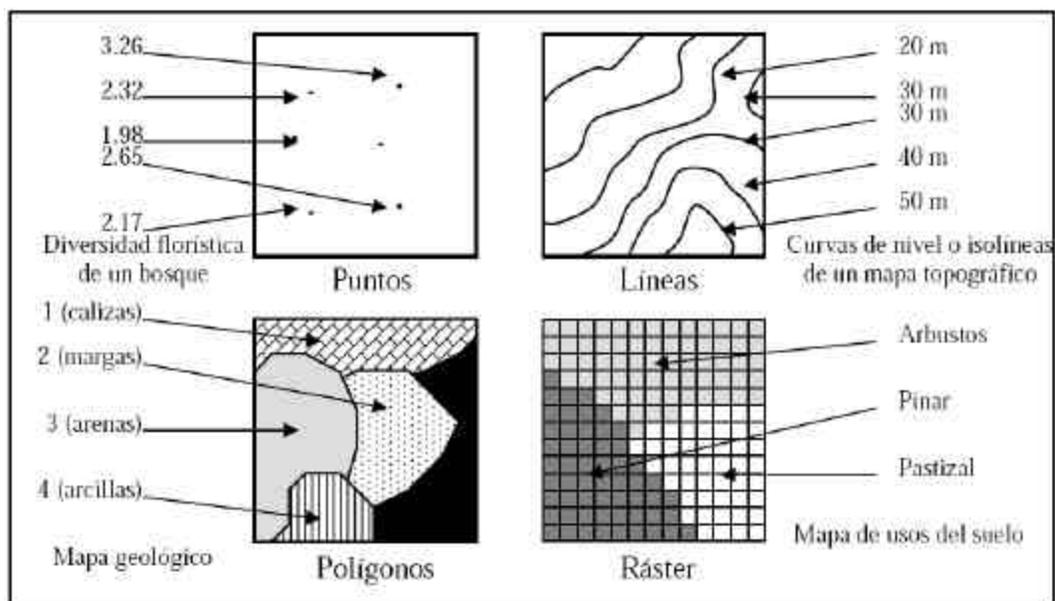


Figura 1.17 Vectorización.

Estos reducen las líneas pixelizadas a sólo un píxel de ancho. Posteriormente, permiten la conexión de unidades de líneas o áreas usando algoritmos que localizan y unen los píxeles vecinos con el mismo valor, o a través de operaciones controladas por el usuario. Los resultados frecuentemente requieren una edición para codificar las unidades individuales y corregir errores en la conectividad de las líneas, especialmente si se utilizan métodos automáticos de vectorización.

### 1.2.5.2 Introducción de los atributos de los datos.

Los atributos o categorías de los datos son aquellas propiedades de las entidades espaciales que son necesarias para poder manejar los datos en el S.I.G., sin ser ellas mismas espaciales. Por ejemplo, una carretera puede ser capturada como un conjunto de píxeles contiguos o como una entidad lineal y representada en la parte espacial del S.I.G. por un color o símbolo que diferencia esta entidad de las demás (Figura 1.18).



**Figura 1.18** Las estructuras de atributos de datos principales.

### 1.2.5.3 Verificación y edición de los datos espaciales y atributos:

Una vez que los datos ya han sido introducidos es importante verificarlos por si se han cometido errores (posibles imprecisiones, omisiones, y otros problemas) previos a la conexión de los datos espaciales y de atributos.

### 1.2.5.4 Conexión de los datos espaciales con los atributos.

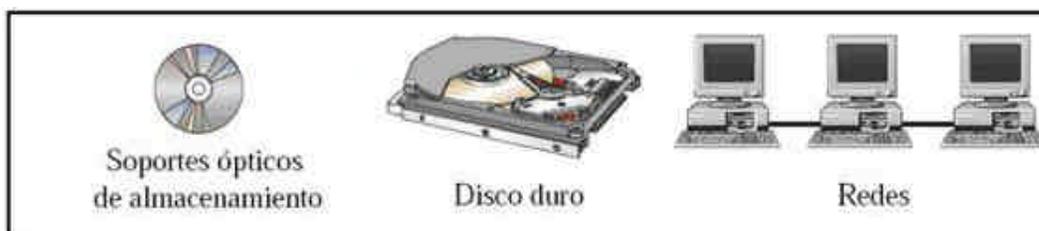
En los S.I.G. con bases de datos relacionadas, el proceso final de la captura manual de datos consiste en la conexión de las bases de datos espaciales con las de atributos, a través de identificadores, los cuales son

comunes en ambos. Los identificadores para los datos de puntos o líneas se generan automáticamente, o deben ser añadidos manualmente durante la digitalización o en el proceso de escaneo/vectorización. Los identificadores de los polígonos se añaden usualmente después de la generación de la topología una vez que los polígonos han sido formados éstos poseen un identificador único, tanto por digitalización interactiva o usando algoritmos de “punto en polígono” para transferir los códigos de identificación de puntos digitalizados o entidades de texto al polígono en el que se encuentran.

### 1.2.6 Almacenamiento de datos espaciales.

Es importante el almacenamiento de los datos en el ordenador, tanto para su manejo como para su recuperación posterior.

La construcción de una base de datos digital es un proceso costoso y que consume mucho tiempo. Es esencial que los mapas de información digital sean transferidos de la memoria del disco duro local del ordenador a un medio de almacenamiento permanente, donde se pueda preservar con seguridad (Figura 1.19).



**Figura 1.19** Los componentes de almacenamiento y distribución de datos para un S.I.G.

Los datos digitales quedan almacenados en soporte óptico, sin embargo, su formato es variable y refleja el coste del soporte; dónde y con qué frecuencia que estos datos van a ser usados. El almacenamiento puede realizarse atendiendo a dos razones:

#### 1.2.6.1 Almacenamiento extraíble.

Las formas de almacenamiento extraíbles o portátiles están en soporte óptico y pueden ser extraídas del dispositivo del ordenador y usadas en cualquier otro dispositivo del mismo tipo. Éstos se usan para copias de seguridad (backing up) de datos que se están utilizando actualmente, y para archivar aquellos que ya no se usan.

Los principales tipos de medios disponibles son: el Cd Room y el DVD que son los productos más familiares en la mayoría de ordenadores.

Soporte óptico:

Son los discos ópticos o CDs (Compact Disc), que tienen aproximadamente 13 cm de diámetro y son capaces de almacenar 700 Mb. Actualmente existe una gran variedad de discos ópticos diferentes que se

*distinguen por su habilidad de escribir datos en el disco. El tipo más común es el CD-ROM (Read only memory) como medio de almacén de datos y de software, como bien dice su nombre sólo permite la lectura de datos. Otro tipo es el CD-RW (ReWritable) que posee la misma capacidad y permite la reescritura de los datos. Recientemente, ha aparecido el DVD (Digital Versatile Disk) con una capacidad de almacenamiento de 4.7 Gb.*

### **1.2.6.2 Almacenamiento no extraíble o fijo y redes.**

*Es el tipo de almacenamiento que se realiza en el soporte magnético del disco duro del ordenador. Con la caída de precios del megabyte de disco duro y las mayores capacidades de almacenamiento que se alcanzan (cientos de Gb), ya no es necesario almacenar los datos en otros medios por falta de espacio, y todos los datos se pueden almacenar en un único disco duro.*

*El principal problema estriba en compartir los datos; los usuarios tendrán que utilizar sólo el ordenador en el que se hayan almacenado o hecho copias de sus datos para poder trabajar con ellos. Esto es obviamente un inconveniente y conduce a una gran duplicación en el almacenamiento de los datos, y produce dificultades a la hora de conocer cuál es la versión más reciente de la base de datos. Para minimizar estos problemas las organizaciones han optado por el trabajo en red, donde un número de usuarios puede acceder a los mismos datos y software sin necesidad de duplicarlos.*

*Hay dos tipos principales de redes: Local Area Network (LAN) y Wide Area Networks (WAN). Las LANs son ordenadores conectados entre sí, juntos en un mismo espacio. Las WANs son ordenadores que se conectan desde lugares geográficamente diferentes.*

*La unión de los ordenadores se hace por medio de cable (cobre o fibra optica) o sin cable (radio, microondas, láser e infrarrojos). Normalmente se emplean estos últimos en las WANs.*

### **1.2.7 Formatos de almacenamiento de las estructuras vectorial y ráster.**

*El almacenamiento de la información geográfica depende del tipo de números (byte, entero o real) y del tipo de archivo (ASCII, binario o binario empaquetado) que se utilicen.*

*Los números de un mapa vectorial se presentan de forma entera o real y se archivan en formato ASCII o binario. En cambio, en un mapa ráster pueden presentarse de forma byte, entera o real y se archivan en formato ASCII, binario o binario empaquetado.*

#### **1.2.7.1 Tipos de formatos numéricos.**

*La base de datos asociada a un SIG se compone de campos y records con estos tipos de datos.*

##### **a) Numéricos.**

*Se dividen principalmente en:*

*Binarios: Usados para tipos especiales de información: cierto o falso o para objetos como imágenes, etc.*

*Fechas: Un tipo especial de dato numérico*

*Enteros: Cualquier número positivo o negativo que no incluya una fracción.*

*Reales: Incluyen los números enteros y cualquier número con fracción.*

##### **b) Texto (string).**

*Las cadenas de caracteres se usan para describir características nominales o de cualidades de los record en una base de datos.*

##### **c) Objetos (archivos, imágenes, etc).**

*Las bases de datos modernas también pueden guardar imágenes y la geometría que define los puntos líneas y polígonos mediante formatos numéricos binarios.*

*Los números de tipo byte son enteros positivos en el rango de 0 a 255. Este tipo de datos son un subrango dentro de los de tipo entero. Son usados en los casos donde el rango numérico es más limitado y sólo requieren para su almacenamiento 8 bits (1 byte), ocupando menor espacio en el disco duro (la mitad de espacio en el disco duro con respecto a los archivos enteros normales).*

*Los números enteros son números sin parte fraccionaria o componente decimal (como 1, 2, 3, etc.), con un rango que oscila de -32768 a +32767. Estos se utilizan para su almacenamiento 16 bits (2 bytes), que es el doble que el tipo byte y la mitad que el formato real. Los enteros pueden utilizarse para representar números en sí o como códigos para representar atributos no*

numéricos o categorías de datos. Normalmente se utilizan los números enteros como estándar en la creación de mapas.

Los números reales admiten parte fraccionaria y se utilizan cuando las variables son continuas y deben ser almacenados con gran precisión o cuando el rango de los datos sobrepasa los rangos de los números enteros (p.e. 6,2654). Los datos reales pueden almacenar un rango de  $\pm 3.3710$  a  $\pm 8.4310$ -, con una precisión de siete cifras decimales significativas, ya que reservan algunos bits para la parte decimal y el resto para las cifras elevadas que utilizan potencias de 10. Por consiguiente, estos números no se codifican de forma exacta y éstos pueden tener errores de redondeo cuando se utilizan cifras mas grandes que las que permiten.

Los números reales se almacenan en formato de coma flotante, y requieren más memoria (32 bits, es decir, 4 bytes por número). Este tipo de datos se encuentra sobre todo en los Modelos Digitales de Elevación (M.D.E.).

### **1.2.7.2 Tipos de archivos de almacenamiento de los datos numéricos.**

#### **1.2.7.2.1 Archivos ASCII.**

ASCII es un acrónimo de American Standard Code for Information Interchange (Código Estándar Americano para Intercambio de Información). Se trata de un sistema de caracteres de codificación reconocido casi universalmente (letras del alfabeto, números, símbolos, etc.). Los archivos de datos que contienen caracteres en este sistema de codificación se denominan a menudo archivos ASCII, aunque también se conocen comúnmente como archivos de "texto". Este sistema de codificación utiliza grupos de 8 dígitos binarios para representar los números de 0 a 255. Cada uno de estos números representa un carácter. Por ejemplo, el número 65 representa la letra A mayúscula. Así, cada carácter ASCII necesita sólo un byte (8 bits) de memoria para su almacenamiento. Hay, claramente, más códigos que letras del alfabeto, números, etc. Debido a su reconocimiento universal, es el sistema de codificación más utilizado para intercambio entre sistemas informáticos. No obstante, no es el modo más eficiente de almacenar datos numéricos.

#### **1.2.7.2.2 Archivos binarios.**

Es un formato de archivo de datos en que los números se almacenan en representación binaria. El sistema binario está fundamentado en base 2, donde los números se cuentan usando 1 y 0, y los datos se representan usando series de columnas donde el primer conteo tiene unidad  $2^0$ , el segundo conteo  $2^1$ , el tercero  $2^2$ , y así sucesivamente. Por ejemplo, la secuencia binaria 0010 representa el valor 2 del sistema decimal, la conversión se hace tal como aparece a continuación:

$$2^3 * 0 + 2^2 * 0 + 2^1 * 1 + 2^0 * 0 = 2 \text{ (en base 10).}$$

Los archivos binarios requieren 1 byte/número para los datos enteros, y 4 bytes/número para los datos reales. Los archivos binarios son más eficientes que los archivos ASCII para almacenar datos numéricos. Por ejemplo, el número entero 30.000 necesita 5 bytes para almacenarse en caracteres ASCII y solamente 2 bytes para almacenarse como un número entero codificado en sistema binario (111010100110000), en el que cada carácter binario requiere sólo un bit.

### **1.2.7.2.3 Archivos binarios empaquetados.**

Se trata de una Codificación por Grupos de Longitud Variable (Run-Length), que es una técnica de compresión de datos para imágenes ráster, cuyas celdas contienen datos enteros. Supongamos una imagen que contiene una fila con los siguientes valores:

4444445 55555556666622222222222233333

La codificación por grupos de longitud variable para esta línea sería:

64854612253

que indica 6 cuatros, 8 cincos, 4 seises, 12 doses y 5 treses. Esta codificación indica la longitud de la secuencia de los códigos enteros de las celdas. La codificación por grupos de longitud variable se corresponde con la estructura de almacenamiento denominada binario empaquetado. Como el nombre sugiere, los códigos se almacenan en archivos binarios.

### **1.2.7.3 Tipos de almacenamiento en software de S.I.G.**

La mayor parte del software S.I.G. no suele almacenar la información de una sola imagen en un único archivo. Normalmente se encuentra dividida en archivos de datos y archivos de documentación como en Idrisi, por otra parte también se encuentra separada en archivos de bases de datos y archivos de referencias y características geométricas como en ArcGIS, de forma que en cada uno de ellos se tienen diferentes datos sobre una misma imagen. Al descomponer una imagen en distintos archivos más simples es una gran ventaja, ya que permite poder trabajar o modificar sobre el archivo en cuestión sin tener que manipular toda la imagen.

La forma de almacenamiento de una imagen depende del formato (vectorial o en ráster).

A continuación, se indican las características de estos dos formatos.

En formato vectorial se suelen encontrar normalmente tres tipos de vectores: puntos, líneas y polígonos, dependiendo del tipo de datos que tengamos que manejar se utilizará un tipo u otro. Cabe mencionar que dependiendo del software utilizado los datos pueden estar en archivos de

documentación y datos espaciales, o en archivos de bases de datos y de referencias geométricas.

En el caso de tener almacenados los datos en un mismo par de archivos, compuestos por un archivo que contiene los datos espaciales y su correspondiente archivo de documentación, el archivo de datos se puede almacenar en distintos formatos (ASCII o binario). Esta forma de almacenamiento se lleva a cabo en Idrisi (Figura 1.20).

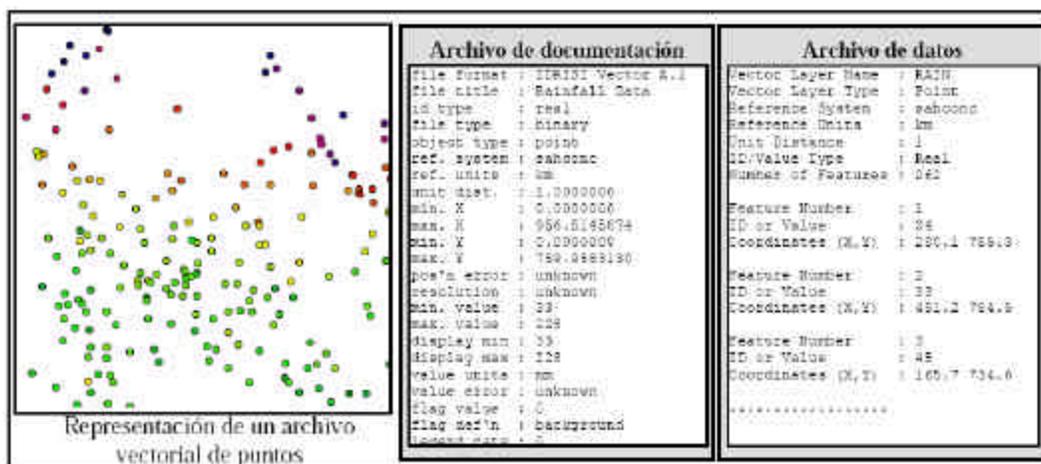


Figura 1.20. Archivo vectorial codificado en archivos de documentación y datos.

Si se almacenan los datos en archivos de bases de datos (archivos de referencia) y características geométricas, entonces los datos están estructurados de una forma muy versátil a la hora de introducir nuevas características para las zonas delimitadas. Este modelo lo sigue ArcGIS (Figura 1.21).

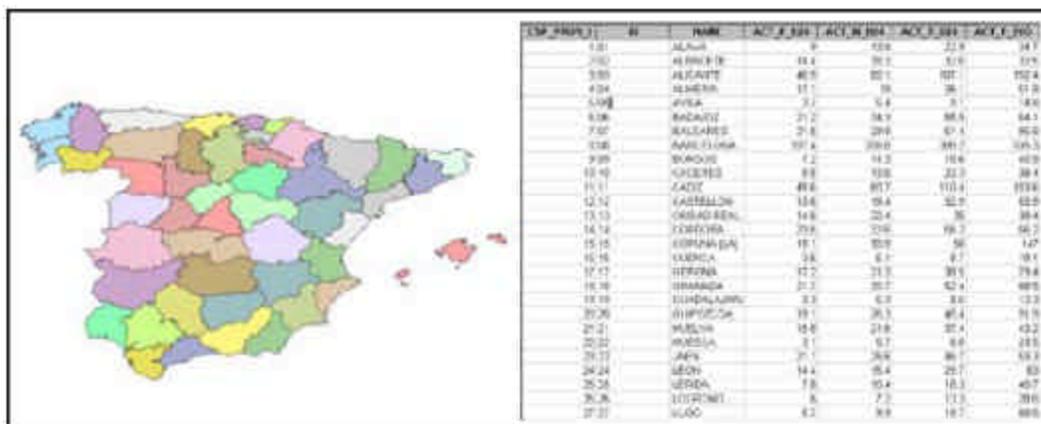


Figura 1.21. Archivo vectorial codificado en archivos de bases de datos.

### **1.2.8 Topología.**

*En el contexto de los SIG, el termino topología hace referencia a las propiedades de vecindad o contigüidad, inclusión, conectividad y proximidad (Moldes, 1995), es decir, propiedades no métricas y que permanecen invariables ante cambios morfológicos, de escala o de proyección.*

*La topología define las relaciones espaciales de un objeto de manera cualitativa, es decir, ignorando toda relación de medida.*

*Lo anterior presenta una serie de ventajas a la hora de concebir el análisis de situación de objetos topográficos al incorporar en la computadora un esquema lógico que mediante el algoritmo conveniente puede asemejar y acercarse a innumerables procesos humanos que precisan de esa visión de la realidad, y que hasta el nacimiento del SIG (GIS) como tecnología debían ser manuales o en el mejor de los casos asistidas.*

*En el caso de GIS raster la implantación de topología se realiza implícitamente al disponer del valor de clase de la celda. Ello unido a una eficiente y rápida interrelacionabilidad de los datos, debido a su propia estructura hacen que el proceso topológico sea sencillo, no siendo necesarias las complejas operaciones propias de las estructuras de datos vector.*

#### **1.2.8.1 Las estructuras de datos vector.**

*El control de la topología ejecuta una serie de procedimientos preestablecidos dependiendo del sistema SIG utilizado.*

*La generación topológica tiene como finalidad estudiar y en su caso corregir topológicamente los datos de entrada, de acuerdo al modelo topológico destino.*

*Esta forma de actuar puede darnos una serie de ventajas:*

- a) Intercambio controlado entre diferentes modelos topológicos.*
- b) Conocimiento de la "bondad topológica" con que se integraron los datos.*
- c) Selección condicionable de la información de entrada.*
- d) Detección de errores geométricos.*

*De lo anterior se desprende que previo a la redacción de un control de este tipo deben conocerse perfectamente las estructuras topológicas origen y destino.*

*La topología es el establecimiento de las relaciones espaciales de un objeto geométrico topográfico o no con los de su entorno, la ventaja de estructurar topológicamente la topografía terrestre es que los aspectos cartográficos temáticos en su sentido más amplio son gestionables de manera*

eficiente mediante una adecuada combinación de base de datos e infografía<sup>8</sup> (SIG).

*Una estructura topológica consiste en la representación de los detalles de las conexiones entre los diferentes objetos espaciales.*

*Facilita una definición precisa de los objetos y sus relaciones con otros objetos, permitiendo obtener de manera inmediata cualquier relación de adyacencia, conectividad, proximidad, etc.*

*Permite responder a preguntas del tipo:*

*¿Cuáles son las fincas que están contenidas en cada municipio?*

*¿Cuáles son los centros comerciales que quedan a menos de 1 km de una vía principal?*

*Para crear topología se han de cumplir unos requisitos de limpieza topológica de la información gráfica:*

*a) Las líneas deben tener sus conectar con exactitud (evitar overshoots y undershoots ).*

*b) Los bordes de polígonos adyacentes deben coincidir.*

*c) Existencia de nodos en las intersecciones.*

*Las relaciones entre nodos, arcos y polígonos se denominan “relaciones topológicas”, que pueden ser: puntuales, lineales (de red), superficiales (de polígono).*

<b>Tipo de objeto</b>	<b>RELACIÓN</b>	<b>Tipo de objeto</b>
Nodo	dentro → ← contiene	Polígono
Nodo	es extremo de → ← termina en	Arco
Arco	delimita → ← es delimitado	Polígono

*Los nodos corresponden a elementos puntuales, extremos de líneas e intersección de arcos. Los arcos son una sucesión de puntos que describe la ubicación y forma de un elemento lineal (empiezan y terminan en nodos). Los vértices son elementos intermedios de los arcos. Los polígonos son zonas encerradas por uno o varios arcos.*

<sup>8</sup> Infografía o gráficos por ordenador: Es el empleo de equipos informáticos para generar o modificar imágenes. Los gráficos por ordenador o computadora son imágenes de dos y tres dimensiones creadas por computadora, que se emplean con fines científicos, artísticos o industriales. Antes de mostrar la imagen por pantalla, ésta debe encontrarse en la memoria del ordenador. La ventaja de guardar la imagen en memoria es que se pueden aplicar diversas técnicas matemáticas para modificar la información correspondiente a cada píxel.

**1.2.8.2 Reglas en las relaciones topológicas.**

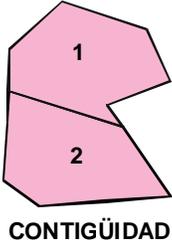
<b>Relaciones espaciales</b>	<b>Propiedades espaciales</b>
<i>Cada arco tiene un nodo inicial y un nodo final</i>	<i>Establece una dirección y una longitud de arco</i>
<i>Los arcos están conectados entre sí por medio de nodos</i>	<i>Establece conectividad</i>
<i>Los arcos tienen regiones a un lado y a otro</i>	<i>Establece adyacencia o vecindad</i>
<i>Los polígonos están delimitados por una serie de arcos</i>	<i>Establece área y perímetro de polígonos</i>

**1.2.8.3 Tipos de Relaciones Topológicas entre elementos Gráficos.**

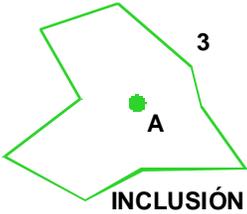
a) *Conectividad.*



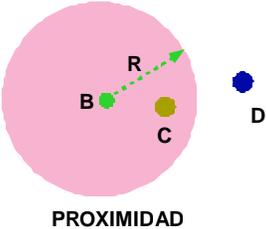
b) *Contigüidad.*



c) *Inclusión.*



d) *Proximidad.*



### Ejemplo de Topología en red

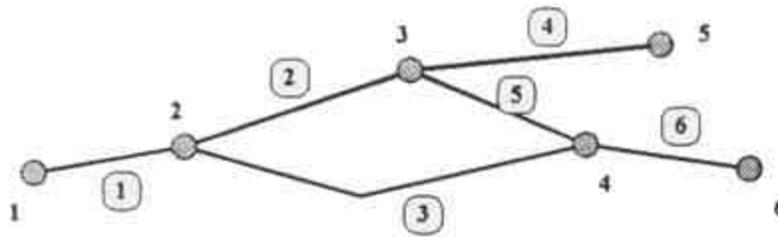


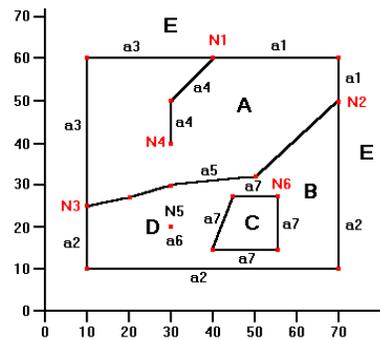
Tabla de nodos

Id	Xcoord	Ycoord
1	1423	564
2	1637	624
3	2027	723
4	3425	624
5	3724	1024
6	3854	564

Tabla de arcos

Id	Nodo_origen	Nodo_destino	Atributo 1	Atributo 2
1	1	2	123	"NB1"
2	2	3	4 5	"NB2"
3	2	4	125	"NB57"
4	3	5	64	"JK27"
5	3	4	37	"JMT"
6	4	6	64 3	"VTJ"

## Ejemplo de Topología de Polígonos



Coordenadas de arcos

Arco	X, Y inicial	X, Y media	X, Y final
a1	40, 60	70, 60	70, 50
a2	70, 50	70, 10; 10, 10	10, 25
a3	10, 25	10, 60	40, 60
a4	40, 60	30, 50	30, 40
a5	10, 25	20, 27; 30, 30; 50, 32	70, 50
a6	30, 20	---	30, 20
a7	55, 27	55, 15; 40, 15; 45, 27	55, 27

Topología de Polígonos

Polígono	Arcos
A	a1, a5, a3
B	a2, a5, 0, a6, 0, a7
C	a7
D	a6
E	Área exterior

Topología de nodos

Nodo	Arcos
N1	a1, a3, a4
N2	a1, a2, a5
N3	a2, a3, a5
N4	a4
N5	a6
N6	a7

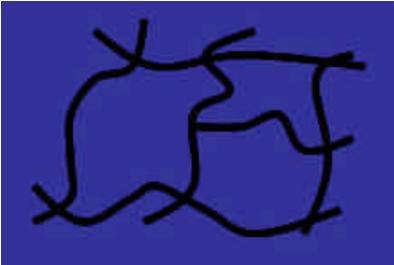
Topología de arcos

Arco	Nodo inicial	Nodo final	Pol. izq	Pol. der
a1	N1	N2	E	A
a2	N2	N3	E	B
a3	N3	N1	E	A
a4	N4	N1	A	A
a5	N3	N2	A	B
a6	N5	N5	B	B
a7	N6	N6	B	C

**1.2.8.4 Proceso de creación de la Topología**

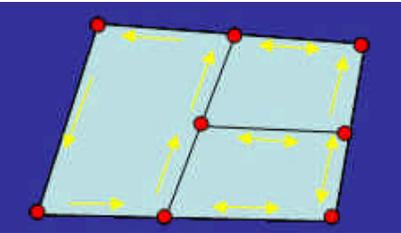
*Definición geométrica.*

*Consiste en una serie de registros que describen digitalmente los puntos, líneas y zonas a partir de los cuales se generará la topología. Una vez creada la topología, la definición geométrica pasa a un nivel secundario.*



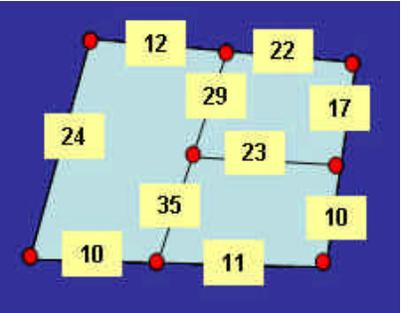
*Generación.*

*Se obtienen los registros que definen las relaciones o conexiones existentes entre los elementos gráficos básicos, así como sus normas generales de funcionamiento.*

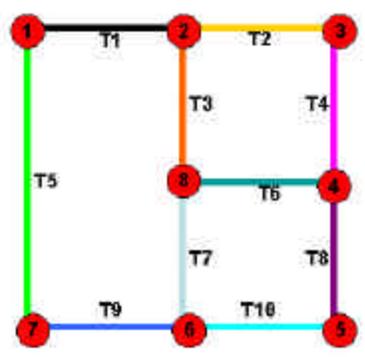


*Carga de datos asociados.*

*Se incorporan los registros que controlan el sistema de funcionamiento de las estructuras topológicas. Si la topología no ha definido previamente los sentidos de las calles, los datos asociados (tiempos) carecen de significado.*

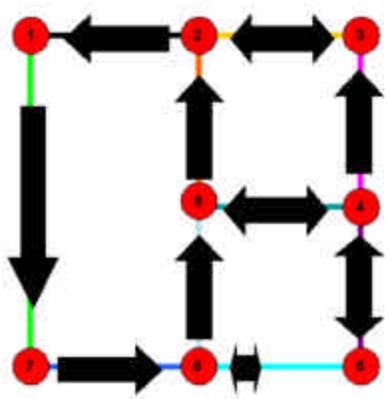


Codificación numérica o digital de la topología.

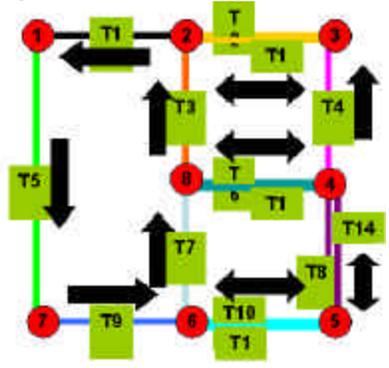


NODO	TRAMO	NODO
1	T1	2
1	T5	7
2	T2	3
2	T3	8
4	T6	8
4	T4	3
4	T8	5
8	T7	6
6	T9	7
6	T10	5

Definición de sentidos.

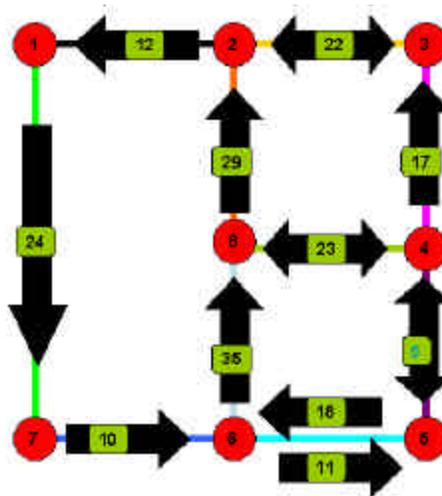


Codificación numérica o digital de la topología.



NODO	TRAMO	NODO
2	T1	1
1	T5	7
2	T2	3
8	T3	2
4	T6	8
4	T4	3
4	T8	5
6	T7	8
7	T9	6
6	T10	5
5	T11	6
8	T12	4
3	T13	2
5	T14	4

*Definición de tiempos.*



*Codificación numérica o digital de atributos.*

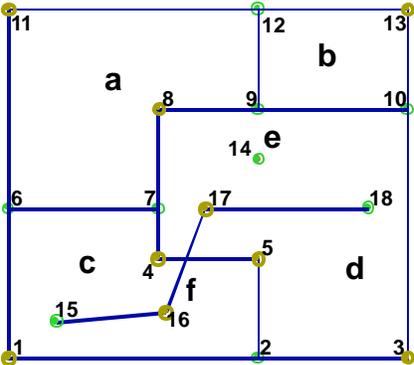
NODO	TRAMO	NODO	TIEMPO
2	T1	1	12
1	T5	7	24
2	T2	3	22
8	T3	2	29
4	T6	8	23
4	T4	3	17
4	T8	5	10
6	T7	8	35
7	T9	6	10
6	T10	5	11
5	T11	6	18
8	T12	4	23
3	T13	2	22
5	T14	4	10

1.2.8.5 Estructuras Topológicas.

1.2.8.5.1 Estructuras topológicas parciales

1.2.8.5.1.1 Estructura Cadena-Nodo (“Diccionario de Vértices”)

Las Coordenadas de los vértices sólo se almacenan una vez. No existen objetos superficiales, tan sólo puede haber objetos puntuales, textuales y lineales, todos ellos codificados y con nombres asignados.



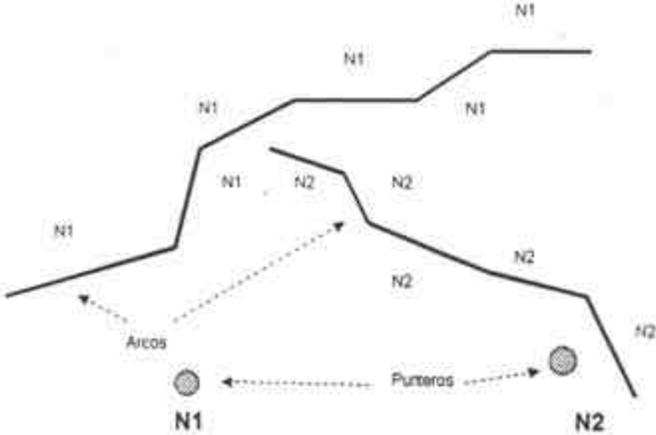
Fichero 1

Vértice o Nodo	X	Y
1	1	1
2	1	6
3	1	9
4	4	3
5	6	3
6	1	4
7	4	4
8	4	6
9	6	6
10	9	6
11	1	8
12	6	8
13	9	8
14	6	5
15	2	1,8
16	4	2
17	5	4
18	8,3	4

- Fichero 2. Diccionario de Vértices.
- a, 6, 7, 8, 9, 12, 11, 6
  - b, 9, 10, 13, 12, 9
  - c, 1, 2, 5, 4, 7, 6, 1
  - d, 2, 3, 10, 9, 8, 7, 4, 5, 2
  - e, 14
  - f, 15, 13, 17, 18

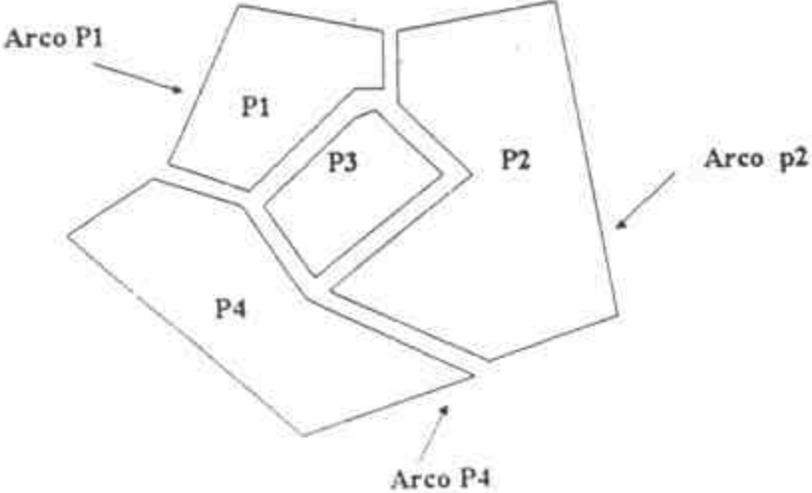
**1.2.8.5.1.2 Pseudotopología de Arcos**

Los Arcos se asocian a los punteros de la base de datos mediante códigos comunes.



**1.2.8.5.1.3 Pseudotopología de Polígonos**

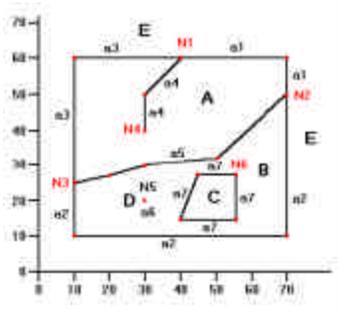
Los Arcos se asocian a polígonos mediante códigos comunes. Los Arcos entre dos polígonos se repiten.



### 1.2.8.5.2 Estructuras con topología completa

#### 1.2.8.5.2.1 Estructura Arco-Nodo (Topología Completa)

Es la estructura más característica de los SIG vectoriales. En ella se especifican: Las líneas que están conectadas. Los segmentos que delimitan un polígono. Los polígonos que son contiguos.



Coordenadas de arcos

Arco	X, Y inicial	X, Y media	X, Y final
a1	40, 60	70, 60	70, 50
a2	70, 50	70, 10; 10, 10	10, 25
a3	10, 25	10, 60	40, 60
a4	40, 60	30, 50	30, 40
a5	10, 25	20, 27; 30, 30; 50, 32	70, 50
a6	30, 20	---	30, 20
a7	55, 27	55, 15; 40, 15; 45, 27	55, 27

Topología de Polígonos

Polígono	Arcos
A	a1, a5, a3
B	a2, a5, 0, a6, 0, a7
C	a7
D	a6
E	Area exterior

Topología de nodos

Nodo	Arcos
N1	a1, a3, a4
N2	a1, a2, a5
N3	a2, a3, a5
N4	a4
N5	a6
N6	a7

Topología de arcos

Arco	Nodo inicial	Nodo final	Pol. izq	Pol. der
a1	N1	N2	E	A
a2	N2	N3	E	B
a3	N3	N1	E	A
a4	N4	N1	A	A
a5	N3	N2	A	B
a6	N5	N5	B	B
a7	N6	N6	B	C

### **1.2.9 Descripción de los datos espaciales (Metadatos de Información Geográfica).**

*La necesidad de tener una estructura bien organizada que permita documentar fácilmente la información existente y la que se cree en un futuro; de forma tal que se puedan hacer búsquedas en dicha estructura, publicar características fundamentales de esta y hacer sobre ella análisis sin gran dificultad ha sido solventada con la creación de los metadatos.*

#### **1.2.9.1 Concepto y Origen de los Metadatos.**

*Los datos geográficos digitales constituyen una descripción del mundo real para su uso y análisis en una computadora. Estos datos son una abstracción, por lo que, de una misma realidad puede haber distintas abstracciones; para garantizar un uso correcto de estos, es necesaria la documentación de los mismos.*

*La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo en su Agenda 21, en 1992, le dió importancia a la globalización de la información geoespacial de recursos naturales con el objetivo de fomentar una óptima planificación y un adecuado manejo a favor del desarrollo sostenible. Desde entonces han surgido diversas iniciativas con el propósito de globalizar datos geoespaciales. El punto de partida para lograr estos objetivos es una descripción de la información producida ( metadatos).*

*El concepto «Metadato» fue formalmente empleado por Jack Myers en la década de los 60 con el objetivo de describir conjuntos de datos.*

*Un Metadato es un conjunto de información que identifica diferentes aspectos relacionados a grupos de datos o a datos específicos y permite conocer características de esos datos que los particularizan dentro de un conjunto. Describe aspectos de los datos geoespaciales como son: calidad, actualización, referencia geoespacial, autor, entre otras. Constituyen información sobre la forma y el contenido de los recursos informativos.*

*La primera y más extendida a nivel mundial definición que se le dio al término Metadato fue: «Datos que describen datos». Los metadatos constituyen información sobre la información misma.*

*Los datos que conforman un metadato generalmente dan respuesta a las preguntas quién, qué, cuándo, cómo, dónde y porqué. En el metadato usualmente se recoge información sobre cada una de las etapas de la existencia de los datos que se documentan, así como de su semántica, aspecto vital para lograr un uso adecuado del mismo.*

*Los metadatos tienen como funcionalidad práctica fundamental ayudar a los usuarios a discernir si la información es la más adecuada para un fin concreto sin tener que consultarla directamente.*

*El usuario podrá obtener elementos para la identificación de la información buscada a través de palabras claves que caracterizan la información geográfica.*

### **1.2.9.2 Categorías de Metadatos.**

*Los metadatos se pueden agrupar en tres categorías principales: Descubrimiento, Exploración y Explotación.*

#### **a) Descubrimiento.**

*Los metadatos de Descubrimiento son los que facilitan el intercambio de datos porque son los encargados de dar a conocer y publicitar cuales son los datos existentes. Estos metadatos cuentan con el conjunto mínimo de información necesaria que permite a los usuarios captar la naturaleza y el contenido de los datos. En otras palabras, en estos metadatos encontraremos respuesta a las preguntas: qué, por qué, cuándo, quién, dónde y cómo.*

*El nivel de detalle empleado en la información que recoge el metadato geográfico depende directamente del tipo de dato y de los métodos que se diseñen para su acceso. Los datos pueden ser muy variados: imágenes, texto, vectores, «ráster», puntos, polígonos, entre otros. Frecuentemente este tipo de metadato tiene que ver con los elementos comunes existentes entre los datos, formando así colecciones.*

#### **b) Exploración.**

*Los metadatos de Exploración brindan información suficiente para que los usuarios sean capaces de discernir que datos satisfacen un interés particular; por lo que en este nivel es necesaria una información más detallada sobre conjuntos de datos de forma puntual, lo que trae consigo que el metadato tenga mayor tamaño y sea más específico. Es decir, estos metadatos permiten al usuario saber si los datos pudieran ser usados con un fin determinado.*

#### **c) Explotación.**

*Los metadatos de Explotación contienen aquellas propiedades imprescindibles para el acceso, transferencia, carga, interpretación y uso de los datos por un cliente final. Este nivel de metadatos incluye frecuentemente diccionarios de datos, la organización, proyección, características geométricas y otras propiedades de los datos que posibilitan su actualización, almacenamiento y un uso correcto y eficiente de los mismos.*

### **1.2.9.3 Importancia del uso de Metadatos de Información Geográfica.**

*La calidad de los datos utilizados es un elemento fundamental en cualquier proceso productivo y no fue hasta hace pocos años que se le empezó a dar la importancia que tiene. La exactitud del dato geográfico, siempre ha estado presente en la creación de datos geoespaciales pero no se habían*

*adoptado ningún Sistema de Gestión de la Calidad. Uno de los métodos para medir la calidad de la información geoespacial es la utilización de metadatos.*

*El uso de metadatos permite identificar rápidamente al conjunto de datos que satisface un interés determinado, lo que hace su uso crucial en el diseño y desarrollo de cualquier proyecto. Los metadatos son imprescindibles en la construcción de una sólida infraestructura de datos geoespaciales y su utilización facilita la documentación de los datos.*

*El uso de metadatos trae ventajas como son (Manso Callejo 2002):*

- a) Una mejor organización de la institución o compañía y con ello mejores resultados.*
- b) Mantiene el valor de la inversión en datos geográficos. Hace persistente el conocimiento acerca de los datos cuando el personal calificado que los creó o que tiene relación directa con ellos y conoce todas sus características, deja de prestar servicios en la institución.*
- c) Brinda información sobre los datos disponibles de manera que posibilita su catalogación, así como facilita información de los lugares y formas de almacenamiento de dichos datos.*
- d) Provee información rápida a potenciales comercializadores de los datos geográficos.*
- e) Mediante la información que ofrecen es posible el procesamiento de archivos provenientes de fuentes no conocidas o ajenas al usuario que está consultando.*
- f) Facilita la ubicación y la detección de los datos, para así lograr identificarlos, localizarlos, accederlos y que puedan ser utilizados por personas o instituciones que los requieran.*
- g) Provee una guía de los datos geográficos en cuanto a sus rasgos principales. • Después que los datos de interés han sido localizados guía la interpretación y el uso de los mismos.*
- h) Posibilita un mejor y mayor intercambio de datos entre organizaciones. De esta manera es mucho más claro qué se ofrece y qué se requiere, lo que facilita la cooperación y el trabajo coordinado inter-institucional acerca de temas geoespaciales.*
- i) Propicia un mecanismo para mantener y auditar los datos existentes.*
- j) Facilita la comunicación y el intercambio entre el personal especializado y el mundo exterior. Fortalece las relaciones empresa-sociedad.*
- k) Previene la duplicación de la información, porque facilita verificar si existe un dato con características similares.*

#### **1.2.9.4 Problemas en el mundo de metadatos de Información Geográfica.**

*Existe una diversidad de formas de conformar un metadato, aspecto que está determinado por el hecho que el metadato es un texto libre, puesto que es la documentación del dato geoespacial, por lo que cada organización o institución le da el formato que responde más a sus intereses concretos y particulares. Esta diversidad de formatos trae consigo el no entendimiento de las partes que participan en un intercambio o transferencia de datos; problema*

que viene acompañado de un gran nivel de dificultad y costo, ya que se tienen que hacer transformaciones de un formato de meta-datos a otro.

En esta conversión de formatos hay mucha pérdida de información y pueden ocurrir incongruencias o incompletitud lógica de los datos que antes de la transformación estaban en perfecto estado. Además a esto se suma que este proceso requiere de la participación de especialistas de forma directa para la supervisión de toda la conversión, lo que aumenta el costo de la misma.

#### **1.2.9.5 Estándares Internacionales para Metadatos de Información Geográfica.**

Los problemas de formato en los metadatos, así como en los datos tienen una solución en el establecimiento de estándares por parte de organizaciones internacionales; después de haber sometido los intereses particulares a un análisis de forma colegiada con profesionales de las ramas afines y miembros de la comunidad científica de diversos países y haber discutido las diferentes formas de representación de metadatos existentes hasta el momento.

Existe un debate a nivel mundial que tiene como centro los metadatos y la determinación de aquellos elementos que tienen el peso mayor en la descripción de un conjunto de datos.

El objetivo de estos estándares es mantener una estructura que describa los datos geográficos con un alto grado de solidez y rigor. Estos estándares son usados por analistas, proyectistas y diseñadores de sistemas de información geográfica, así como por otros profesionales de diversas ramas para entender los pilares principales y requisitos para estandarización de la información geográfica.

Sin los recursos que ofrece la estandarización es muy difícil establecer comparaciones que tengan un sentido específico, ya que la ausencia de elementos comunes da al traste con la completitud de cualquier diferenciación seria. Es válido señalar que un estándar no detalla como se debe implementar estrictamente, sino que deja abierta la posibilidad del modelado y de la utilización de medios para materializarlo.

#### **1.2.9.6 Importancia del uso de Estándares.**

La creación de definiciones e implementaciones de meta-datos debe estar basada en alguno de estos estándares internacionales, lo cual ofrece ciertas ventajas como son (Manso Callejo 2002):

- a) Definen y determinan qué elemento del dato geográfico debe documentarse y cómo.
- b) Provee una terminología común y ofrece un conjunto de definiciones para la documentación de los datos.

- c) Favorece el intercambio y transferencia de datos.
- d) Favorece la publicación de las características fundamentales de los datos en un formato conocido por los usuarios, la publicación de los metadatos cobra un sentido realmente práctico y fructífero.
- e) Permite una gestión sólida de los metadatos.
- f) Representan de forma general cualquier metadato de información geográfica.
- g) Ofrecen una base a través de la cuál pudieran desarrollarse perfiles nacionales o más específicos para una materia o interés determinado.

En la actualidad se sigue trabajando en la confección de nuevos estándares que definan exhaustivamente datos geográficos y sus metadatos.

#### **1.2.9.7 Principales Estándares para Metadatos de Información Geográfica.**

Existen estándares que han adquirido gran importancia en la actualidad debido al uso del que son objeto. Ellos son amplios en el alcance de sus definiciones y detallan la información a todos los niveles.

##### **a) Estándar de Contenidos para Metadatos Digitales Geoespaciales (Content Standard for Digital Geospatial Metadata, U.S 1994) <http://www.fgdc.gov>.**

El Estándar de Contenidos fue aprobado en Estados Unidos de América en 1994 por el Comité Federal de Datos Geográficos (Federal Geographic Data Committee, FGDC). Este estándar tenía como objetivo apoyar directamente el desarrollo de una Infraestructura Digital Espacial en el ámbito nacional. Ha sido acogido por muchos gobiernos como son EE.UU., Canadá y el Reino Unido a través del Marco Nacional de Datos Geográficos (National Geographic Data Framework, NGDF); es usado también por muchas organizaciones como el órgano Sudafricano de Descubrimiento de Datos Espaciales, la Red Interamericana de Datos Geoespaciales de varios países latinoamericanos y organizaciones asiáticas.

##### **b) Euro Norme Voluntaire 1267 por el CEN (Comité Europeo de Normalización, 1998).**

En 1992 el Comité Europeo de Normalización creó el comité técnico 287 que se encargaría de todo lo referente a estándares de información geoespacial. CEN ha creado una familia completa de normas para el intercambio y transferencia de información geográfica digital: Informes CEN (CEN Report, CR) y categoría de normas experimentales, un ejemplo es la norma ENV (Euro Norme Voluntaire) 1267 Geographic Information-Data description Metadata.

### **c) Recommendations on Metadata 1999.**

En febrero de 1999 el Centro para la Observación de la Tierra de la Comisión Europea (CEO) publicó el estándar *Recommendations on Metadata* que normaliza todo lo referente servicios e información relacionados con la observación de la tierra.

### **d) ISO TC211 Standard (19115 - Committee Draft).**

La Organización Internacional de Estándares (*International Standards Organisation*) creó el Comité Técnico 211 (TC211) en 1994, que se encargaría de todo lo referente a la Geoinformación. Uno de los trabajos más reciente de este comité es la presentación en el 2003 de ISO 19115 que normaliza todos los aspectos referentes al mundo de los metadatos geográficos.

La norma ISO19115 brinda una colección de términos para un conjunto significativo de datos, como son entre otras: las categorías de la clasificaciones del recurso, los formatos, los medios de almacenamiento, los tipos de fechas, el estado de progreso de la información, las restricciones de acceso y uso datos.

Hay casos en los que el estándar recomienda utilizar listas de códigos definidos por otras organizaciones. Ejemplo de esto son los códigos que identifican los sistemas de referencias espaciales, los elipsoides de referencia o los parámetros de proyección cartográfica; para estos elementos se recomienda el uso de las codificaciones definidas por el European Petroleum Survey Group (EPSG). Se sugiere además el uso de diccionarios para obtener términos relacionados con lugares, tiempo, estratos, etc., en este caso se aconseja el uso de los diccionarios del (CEO), el de la Nasa o la UNESCO.

El Dublín Core es un estándar de metadatos de carácter genérico. Este recoge los elementos más importantes de descubrimiento que debe contener un metadato en tan sólo 15 campos (Manso Callejo 2002).

En la actualidad muchos de los estándares existentes tienen gran cantidad de elementos en común (aproximadamente el 40% de los términos).

Una discusión mundial ha dado como conclusión que el estándar propuesto por ISO reúne los suficientes elementos como para satisfacer la mayoría de los distintos requisitos internacionales, ya que este estándar tuvo presente la experiencia de todos los estándares que lo precedieron, por lo que se observa una tendencia entre el resto de los estándares a migrar hacia este estándar.

El Open Geospatial Consortium (OGC) conocido también como Open GIS Consortium fue creado en 1994 y reúne a más de 250 organizaciones públicas y privadas. Tiene como objetivo la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los SIG. Su trabajo, en la definición de estándares, tiene como metas que estos posibiliten la interoperación de los sistemas de geoprocesamiento y faciliten el intercambio de la información geográfica.

*Este estándar está basado en la norma ISO 19115, con él se pueden representar de forma general la mayoría de los metadatos de información geoespacial para cualquier interés. Abarca los elementos fundamentales de los datos geográficos y la selección de estos responde a los intereses de múltiples profesionales del ramo y organizaciones que participaron en su confección.*

*Este estándar OGC está estrechamente vinculado con todas las especificaciones planteadas por esta organización internacional y a su vez tienen su base muchas de ellas en normas ISO.*

### **1.2.9.7 Vinculación entre datos geográficos y metadatos.**

*La creación de metadatos hasta hace muy poco no utilizaba recursos de automatización. Con el desarrollo de los estándares internacionales y con la aparición de sistemas de software que recolectan datos geoespaciales se ha producido un aumento en la calidad de producción de metadatos, hasta el punto de haber alcanzado una gestión sólida de los mismos.*

*La creciente inclusión de los datos geográficos en los sistemas corporativos de información, los servicios de catalogación y la aparición de nuevos SIG comerciales han estrechado el vínculo dato geoespacial - metadato.*

*Los metadatos podrían existir en varios niveles de detalle:*

- *Colección de datos (serie de satélites)*
- *Producto de datos (mosaico de imágenes)*
- *Unidad de datos (conjunto de datos vectoriales)*
- *Grupo de características de un determinado tipo (grupo determinado de carreteras)*
- *Entidad con una característica específica (una sola carretera)*

*Independientemente del nivel de abstracción que posea el diseño del metadato, siempre debe mantenerse la vinculación a datos u objetos geoespaciales.*

*En la actualidad la mayor cantidad de metadatos existentes pertenecen al nivel de conjunto de datos. Recolectores de datos geográficos cada vez más sofisticados es tán incluyendo metadatos a otros niveles de detalle tales que se preserve toda la riqueza de la información. Los estándares de metadatos como la ISO 19115, admiten varios niveles de abstracción de metadatos.*

### **1.3 La Base de datos uso, manejo y organización dentro de los SIG.**

*Un aspecto fundamental dentro de los sistemas SIG es la forma de almacenar la información. Si bien en el inicio de estos sistemas era habitual que la gestión de esta información se realizara mediante programas propios, la tendencia actual es la de desligar el producto SIG del gestor de la base de datos utilizado, de forma que sea posible utilizar cualquiera de los productos que para este fin existen en el mercado.*

*Las bases de datos de los SIG contienen datos gráficos y alfanuméricos, integrados para formar una completa fuente de información. La exactitud y el nivel de resolución son elementos importantes en el desarrollo de una base de datos de un SIG, y vienen determinados por el uso al que vaya destinado el sistema.*

*Así, un SIG diseñado para aplicaciones de ingeniería requerirá, en general, un alto nivel de exactitud y una gran resolución.*

*Sin embargo, sistemas pensados para planificaciones o análisis parcelarios no requieren ese alto nivel de exactitud y detalle, sobre todo teniendo en cuenta que el precio de una base de datos gráfica aumenta exponencialmente cuando se incrementa el nivel de resolución.*

*Ambos aspectos, coste y nivel de detalle, deben ser analizados cuidadosamente con objeto de optimizar el diseño de una base de datos para un Sistema de Información Geográfica.*

*La generación de la base de datos inicial incluye la captura e integración de datos que generalmente proceden de fuentes diversas.*

*Estas fuentes a menudo presentan diferentes escalas y formatos que deben ser unificados.*

*Una base de datos completamente integrada requiere unas entidades de control y referencia a las que se deben ajustar otras entidades que se incorporan en las distintas capas de la Base de Datos.*

*Cada una de las capas y entidades tienen una serie de características que influirán en el desarrollo de la Base de Datos inicial, en los procesos de mantenimiento y en las aplicaciones en las que vayan a ser utilizadas.*

#### **1.3.1 Bases de datos espaciales.**

*Una base de datos espacial es una colección de datos referenciados espacialmente, que actúan como un modelo de la realidad; en el sentido de que ella representa una serie o aproximación de fenómenos. Esos fenómenos seleccionados son considerados suficientemente importantes para ser representados en forma digital. La representación digital puede ser para el pasado, presente o futuro (NCGIA, 1990; Haithcoat, 1999).*

Una Base de Datos Geográfica es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales (ESRI 2002).

La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras.

Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamadas también niveles.

La reglas según las cuales se modeliza el mundo real por medio de objetos discretos constituyen el modelo de datos.

### 1.3.2 Fases de diseño de la base de datos espacial.

Para el diseño de la base de datos (Figura 1.22 ) se tiene en cuenta: el desarrollo de su estructura, la definición de sus contenido y la determinación de los datos (IGAC Conceptos básicos sobre sistemas de información geográfica 1995).

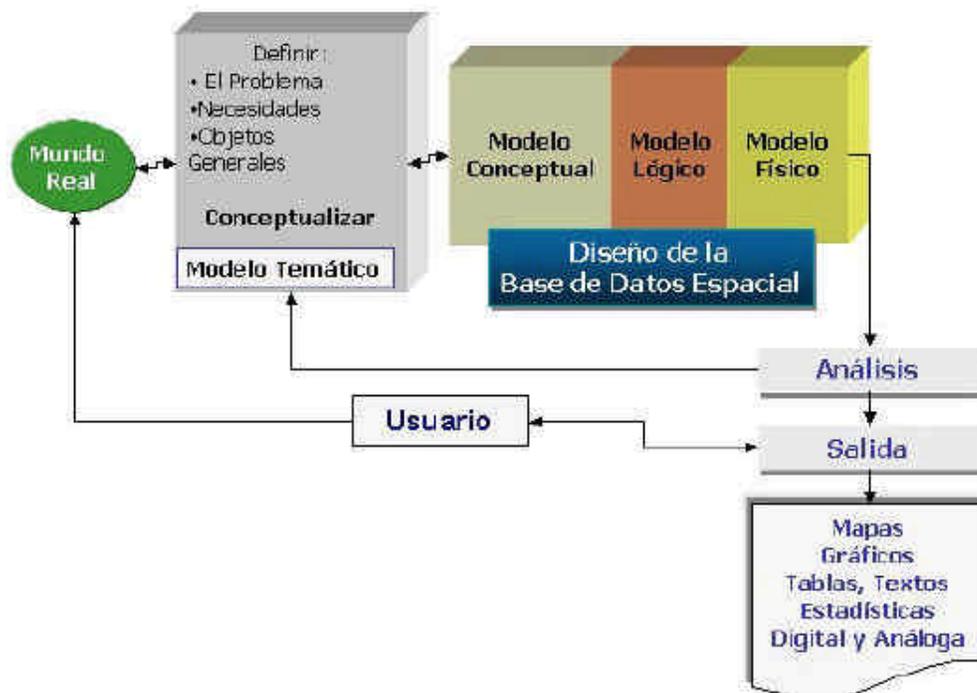


Figura 1.22. Diagrama del diseño de una Base de Datos Espacial.

### **1.3.2.1 Diseño de Modelo Conceptual.**

*El modelo conceptual para una base de datos espacial se refiere a la forma como están caracterizados los elementos del mundo real cuando se almacenan en la base de datos (IGAC 1996).*

### **1.3.2.2 Diseño del Modelo Lógico.**

*Es el desarrollo completo y detallado de modelo conceptual en el que se encuentra una descripción detallada de cada una de las entidades, el diseño de las tablas y los niveles de información gráfica, con sus atributos, identificadores, relaciones, tipo de dato, longitud del dato, y geometría (punto, línea o polígono); que constituyen la base de datos espacial. (IGAC, 1996).*

*El modelo conceptual y el modelo lógico, son independientes de los programas y equipos que se vayan a utilizar y de su correcta concepción depende el éxito del SIG.*

### **1.3.2.2 Diseño del Modelo Físico.**

*Corresponde a la implementación de la base de datos espacial en un programa o software específico. Las especificaciones dependen del tipo de software utilizado.*

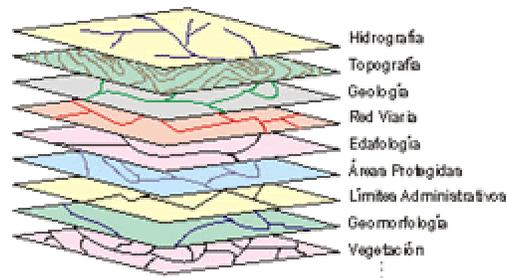
*El modelo físico incluye en la base de datos espacial*

- a) Imágenes: Imágenes fotográficas, de satélite, aerofotografías, esquemas.*
- b) Complementarias a las imágenes: Archivos de texto.*
- c) Información descriptiva de los objetos: Diccionario de Datos, Metadatos.*

*Los software de gestión de bases de datos convencionales y de bases de datos espaciales, tienen la funcionalidad de generar el diccionario de datos en forma automática. Este contiene la denominación técnica de las entidades, su definición, geometría, criterio de registro, fuente de los datos, atributos, dominio (posibles valores del campo), relaciones y restricciones, entre otros.*

### **1.3.3 Construcción de bases de datos geográficas.**

*La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada que pueda ser procesada por [el lenguaje](#) de las computadoras actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir (figura 1.23).*



**Figura 1.23** Capas temáticas.

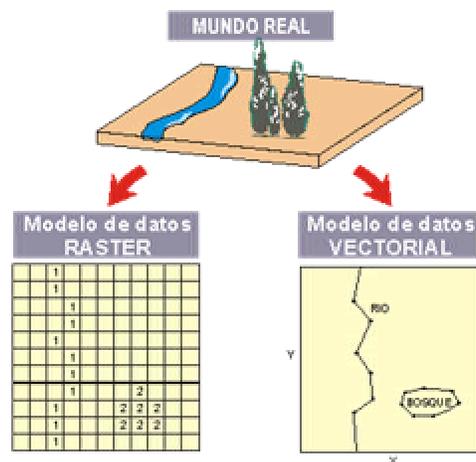
Pero la estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad.

En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las [máquinas](#) implica trabajar con elementos básicos de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.

En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; la topología, que en realidad es el [método](#) matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos puede llegar a ser muy compleja, ya que son muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad.

La topología de un SIG reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

Existen diversas formas de modelar estas relaciones entre los objetos geográficos o topología. Dependiendo de la forma en que ello se lleve a cabo se tiene uno u otro tipo de Sistema de Información Geográfica dentro de una estructura de dos [grupos](#) principales: SIG vectoriales y SIG Raster (Figura 1.24). No existe un modelo de datos que sea superior a otro, sino que cada uno tiene una utilidad específica.



**Figura 1.24** Modelos de datos vectoriales y rasters.

## 1.4 Geoprocesos.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es mucho más que un productor de mapas de alta calidad. El corazón de un SIG son los llamados Geoprocesos. Según el modelo de datos utilizado, las formas de realizar los geoprocesos cambian.

### GEOPROCESOS

INFORMACIÓN + HERRAMIENTAS = NUEVA INFORMACIÓN

#### 1.4.1 Procesos de análisis y síntesis vectorial (geoprocesos vectoriales).

##### 1.4.1.1 Funciones de superposición gráfica (“OVERLAY”)

###### 1.4.1.1.1 “Union” o unión.

Realiza una unión geométrica de las capas de entrada. El resultado es una nueva capa con todos los elementos de las capas de entrada y sus atributos. Todas las capas de entrada deben contener polígonos (Figura 1.25).

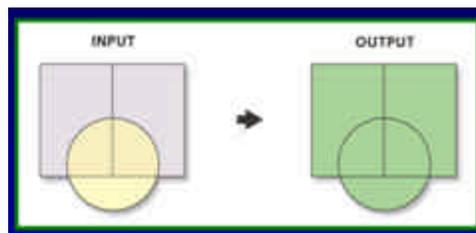


Figura 1.25

###### 1.4.1.1.2 “Intersect” o intersección.

Realiza una intersección geométrica de las capas de entrada. El resultado es una nueva capa que contiene solo los elementos o partes de elementos que intersectan todas las capas de entrada y sus atributos. Las capas de entrada pueden ser de distinto tipo (puntos, líneas o polígonos); de modo que es posible realizar cualquier tipo de combinación. Al combinar capas que poseen elementos con distinta geometría, la geometría de la capa de salida será por defecto la misma que la de la capa de entrada con menor dimensión (Figura 1.26).

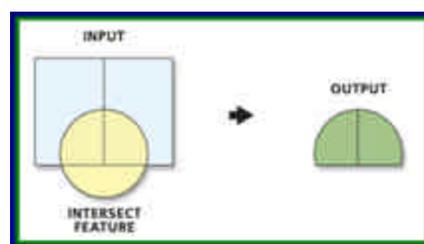


Figura 1.26

Entrada y salida poligonal (Figura 1.27).

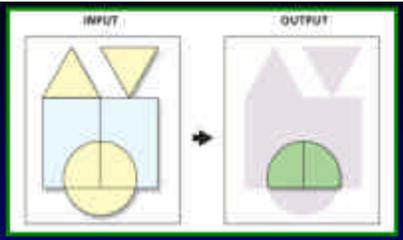


Figura 1.27

Entrada y salida lineal (Figura 1.28).



Figura 1.28

Entrada y salida puntual (Figura 1.29).



Figura 1.29

Entrada lineal y poligonal / salida lineal (Figura 1.30).

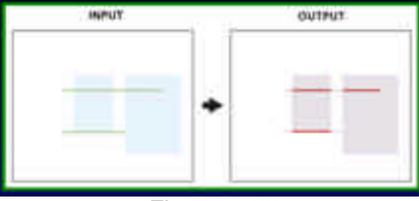


Figura 1.30

Entrada puntual, lineal y poligonal / salida puntual (Figura 1.31).

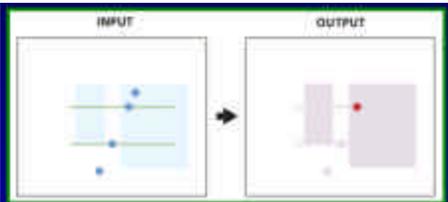


Figura 1.31

### 1.4.1.2 Funciones de generalización.

#### 1.4.1.2.1 “Dissolve” o disolución.

Agrega elementos a partir de uno o varios atributos especificados, mediante la disolución de bordes. El resultado es una nueva capa en la cual los elementos con el mismo valor o combinación de valores serán agregados en un solo elemento. Esta capa de salida contendrá solo el o los campos a partir de los cuales se realice la disolución. Se puede realizar un “dissolve” a una capa de puntos, líneas o polígonos (Figura 1.32).

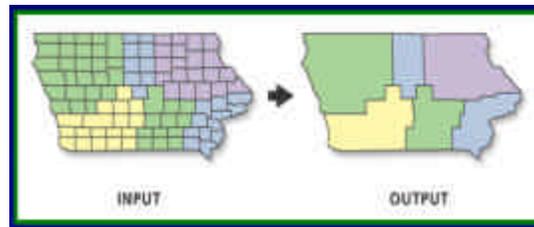


Figura 1.32

### 1.4.1.3 Funciones de extracción.

#### 1.4.1.3.1 “Clip”

Extrae los elementos de la capa de entrada que intersecten los elementos de la capa de corte. El resultado es una nueva capa con los elementos extraídos y todos sus atributos originales. Los elementos a extraer pueden ser puntos, líneas o polígonos. Sin embargo el “clip” debe ser una capa de polígonos (Figura 1.33).

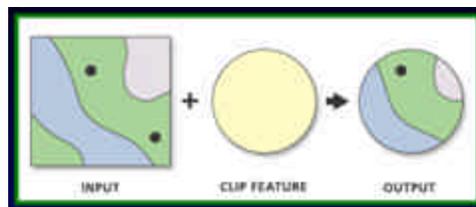


Figura 1.33

Entrada y salida lineal (Figura 1.34).

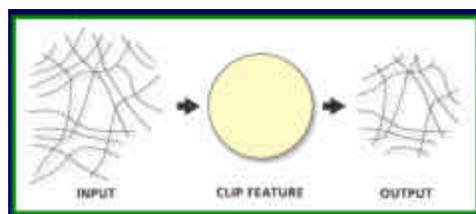


Figura 1.34

Entrada y salida puntual (Figura 1.35).

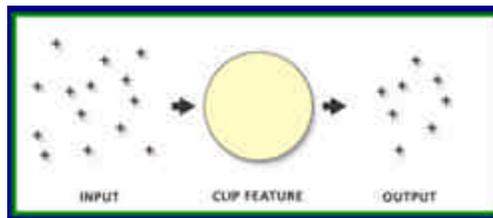


Figura 1.35

#### 1.4.1.4 Funciones de distancia.

##### 1.4.1.4.1 "Buffer" o corredor (simple).

Área cuyos puntos se encuentran a una distancia menor o igual a aquella que se especifique respecto a otro elemento. El resultado es la creación de nuevos objetos poligonales que rodean a los objetos sobre los que se realiza el análisis. Es posible construir corredores a partir de elementos con cualquier tipo de geometría (puntos líneas y polígonos). Es posible realizar un "dissolve" para remover polígonos superpuestos (Figura 1.36).

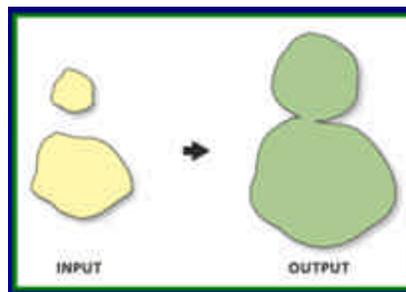


Figura 1.36

##### 1.4.1.4.2 "Multiple Ring Buffer" o corredor múltiple (Figura 1.37).

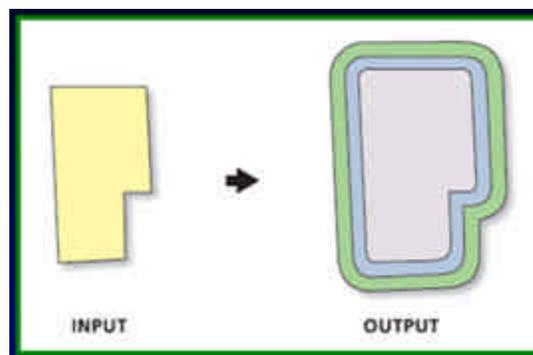


Figura 1.37

### 1.4.2 Procesos de análisis y síntesis raster (geoprocesos raster).

En el modelo raster el mundo real se representa por medio de celdas. El proceso de creación de un raster se puede comprender imaginando lo que ocurriría al superponer una malla regular sobre el área de estudio; el espacio queda estructurado como una matriz compuesta de un número determinado de filas y columnas (Figura 1.38).

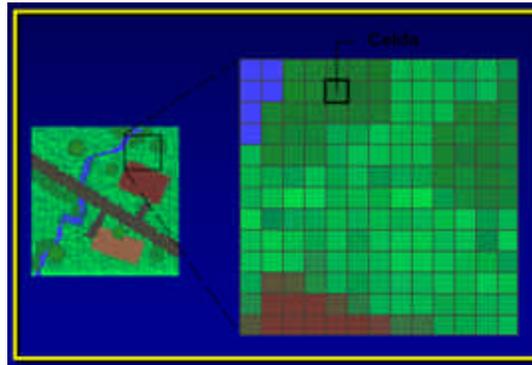


Figura 1.38

Habitualmente cada variable se representa en una capa o cobertura distinta, teniéndose tantas capas como variables se quieran medir (Figura 1.39).

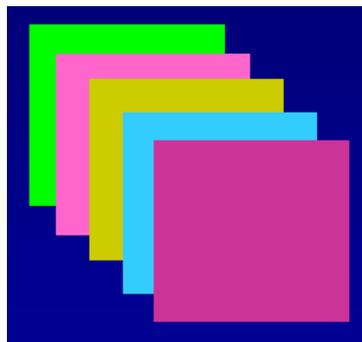


Figura 1.39

El espacio o área enmarcada en cada celda de la matriz espacial constituye la unidad de observación para la cual se recoge en distintas capas la información relativa al componente temático.

#### 1.4.2.1 Trabajo con capas raster en ArcGis.

En ArcGis el trabajo con capas raster se realiza a través de la extensión "Spatial Analyst".

Las herramientas de "Spatial Analyst" están destinadas principalmente para trabajar con datos temáticos. Todas estas herramientas procesan la primera banda de cualquier raster.

### 1.4.2.1.1 Terminología propia de ArcGIS:

- a) Zona
- b) Región
- c) NoData
- d) Tabla de atributos (VAT, Value Attribute Table).

#### a) Zonas.

Dos o más celdas con el mismo valor pertenecen a la misma zona. Una zona puede estar formada por celdas conectadas, desconectadas, o ambas (Figura 1.40).



Figura 1.40

Las zonas cuyas celdas están conectadas generalmente representan elementos únicos en un área, como una construcción, un lago o un camino. Entidades compuestas, como tipos de suelos de una comuna o tipos de usos del suelo de una región, son representadas mejor por zonas constituidas a partir de varios grupos de celdas desconectadas. Cada celda de un raster pertenece a una zona. Algunos raster contienen sólo unas pocas zonas, mientras que otros contienen muchas.

#### b) Regiones.

Cada grupo de celdas conectadas de una zona es considerado una región. Una zona que consiste en un único grupo de celdas conectadas tiene una sola región. Una zona puede estar compuesta por tantas regiones como sea necesario para representar un elemento. El número de celdas que constituyen una región no tiene límites (Figura 1.41).

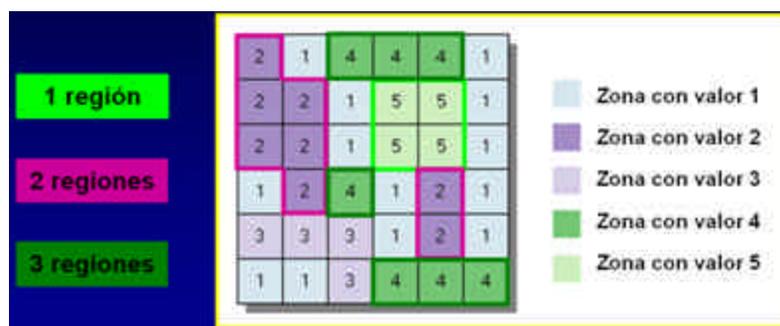


Figura 1.41

### c) NoData.

Cada celda en un raster posee un valor; sin embargo cuando no se dispone de información suficiente para ella, puede ser asignada como NoData o valor nulo. No Data no es lo mismo que cero; este último es un valor válido. El valor NoData es tratado de forma distinta a cualquier otro valor por todas las operaciones y funciones (Figura 1.42).

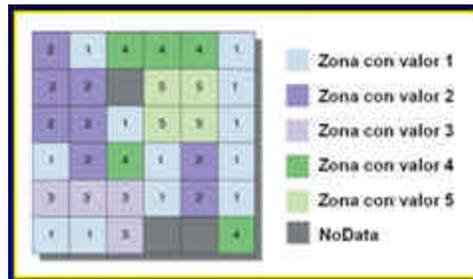


Figura 1.42

### d) La tabla de atributos asociada (Vat).

Los raster que describen fenómenos discretos, y que por tanto poseen valores enteros, usualmente tienen una tabla de atributos asociada (VAT, Value Attribute Table). Al generar este tipo de tablas se crean por defecto 3 campos: OID, VALUE y COUNT. Estos campos son obligatorios y su contenido no se puede editar (Figura 1.43).

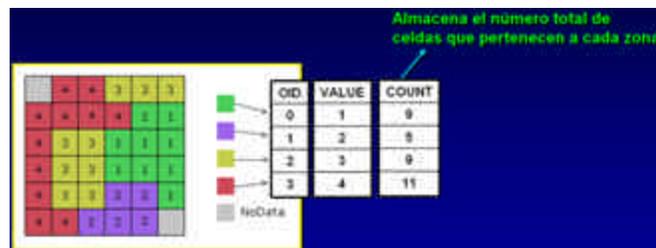


Figura 1.43

El valor No Data no es incluido en la tabla de atributos asociada. Un número esencialmente ilimitado de campos opcionales pueden ser incorporados en la tabla para representar otros atributos de cada zona (Figura 1.44).

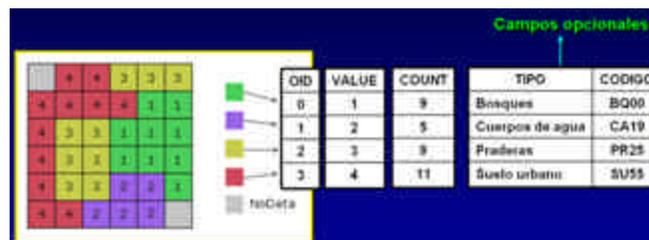


Figura 1.44

Estas tablas se trabajan de forma similar a las típicas (se pueden ver en ArcCatalog, editar en ArcMap, realizar "join" para añadirles campos).

### **1.4.2.2 Tipos de capas raster soportadas por ArcGis.**

*ArcGIS permite trabajar con una gran variedad de capas raster:*

*ESRI GRID Formato nativo de ESRI para el almacenamiento de datos raster.*

*Idrisi Raster Format (.RST)*

*Intergraph Raster File (.CIT o .COT)*

*JPEG (.JPG)*

*PCI Geomatica (.PIX)*

*Tagged Image File Format (.TIF)*

*Windows Bitmap (.BMP)*

#### **Tipos de grids.**

a) *Enteros (Integer).*

b) *Datos discretos.*

*Decimales (Floating point).*

c) *Datos continuos.*

*No poseen tabla de atributos.*

#### **Forma de almacenamiento.**

*Un grid es almacenado como un directorio (carpeta) separado, donde se guardan las tablas y archivos asociados que contienen información específica acerca de él.*

*Entre los archivos que se pueden encontrar en la carpeta de un grid están:*

- 1. BND: almacena los límites del grid.*
- 2. HDR: almacena información específica acerca de las características del grid, como por ejemplo el tamaño de la celda.*
- 3. STA: contiene estadísticas del grid.*
- 4. VAT: almacena los atributos asociados a las zonas del grid. (Existe solo en caso de datos discretos)*
- 5. w001001.adf: almacena los datos de las celdas.*
- 6. w001001x.adf: índice que acompaña al archivo anterior.*

### 1.4.2.3 Reclasificaciones.

Proceso mediante el cual se clasifica o reclasifica los valores originales de las celdas en nuevas categorías de valores enteros.

Para reemplazar valores basándose en nueva información (Figura 1.45).

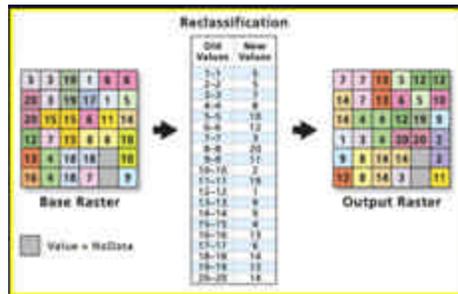


Figura 1.45

Para agrupar ciertos valores (Figura 1.46).

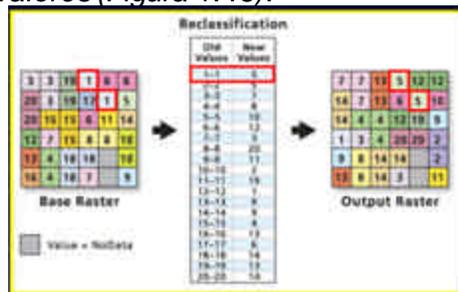


Figura 1.46

Para reclasificar valores en una escala común (Figura 1.47).

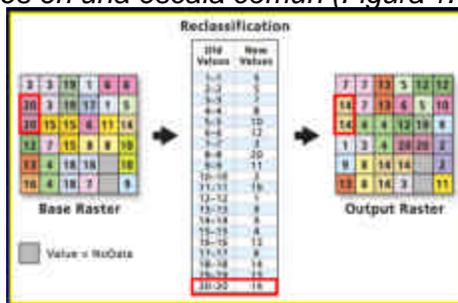


Figura 1.47

Para asignar ciertos valores como NoData (Figura 1.48).

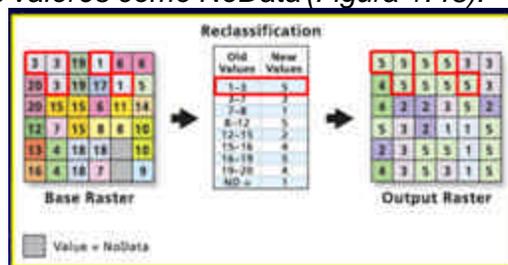


Figura 1.48

### 1.4.2.5 Álgebra de Mapas.

La principal capacidad de los SIG radica en la obtención de nuevas capas de información a partir de otras preexistentes. Para ello, en el ámbito del trabajo con capas raster, se dispone de un conjunto de herramientas de cálculo a partir de matrices de datos que reciben el nombre genérico de Álgebra de Mapa

El Álgebra de Mapas incluye un amplio conjunto de operadores y funciones que se ejecutan sobre una o varias capas raster de entrada para producir una nueva capa de salida (Figura 1.49).



Figura 1.49

Cada capa raster es una matriz de números y la operación se realiza para todos los números de esta matriz, por tanto para todas las celdas de la capa raster.

Se considera la misma celda en las distintas capas de entrada, es decir, las celdas que se encuentran en la misma posición (tienen la misma fila y columna) (Figura 1.50).

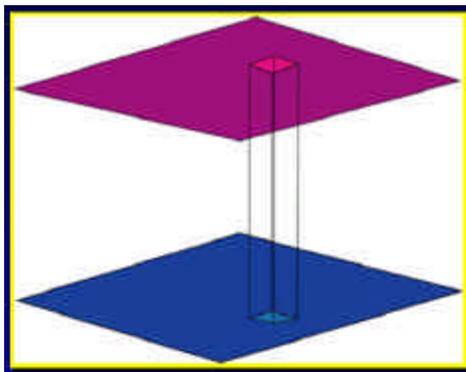


Figura 1.50

Esto genera un conjunto de valores temáticos sobre los cuales se puede realizar una serie de operaciones.

En el Álgebra de Mapas se define una ecuación que relaciona la nueva variable temática (a graficar en la capa de salida) en función de las variables temáticas de las capas de entrada.

Estas expresiones algebraicas se calculan para cada una de las celdas en función de los valores que tienen en las capas de entrada (Figura 1.51).



Figura 1.51

A menudo es necesaria la manipulación de múltiples capas de datos para conseguir el objetivo de la operación de superposición. Esto se hace mediante un proceso por pasos, en el que dos capas de entrada se combinan para formar una capa intermedia, la cual se combina entonces con una tercera capa para formar otra capa intermedia, y así hasta que se consiga la capa resultante deseada.

#### 1.4.2.5.1 Tipos de operadores.

##### 1.4.2.5.1.1 Operadores aritméticos.

Tienen su origen en cálculos numéricos (Figura 1.52):

Suma (+)

Resta (-)

Multiplicación (\*)

División (/)

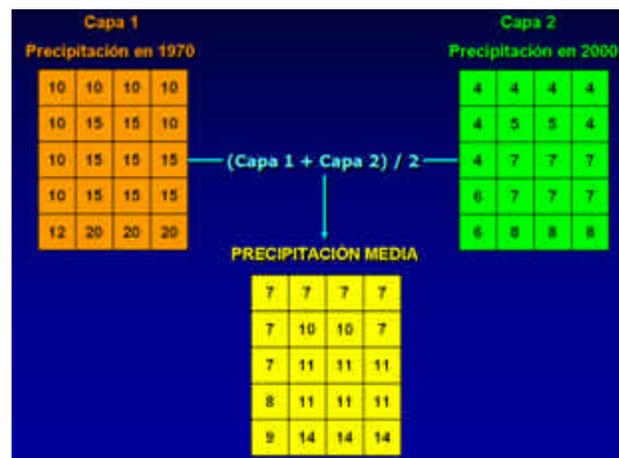


Figura 1.52 Cálculo de la precipitación media a partir de los datos de 1970 y 2000.

### 1.4.2.5.1.2 Operadores boléanos.

Tienen su origen en cálculos lógicos (Figura 1.53).

AND (&  
OR()  
XOR()  
NOT()

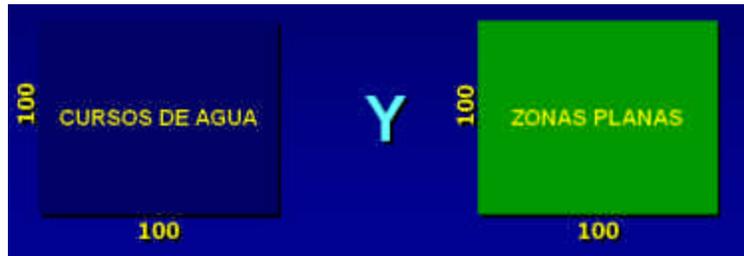


Figura 1.53 ¿Donde hay cursos de agua y hay zonas planas?

Las operaciones booleanas consisten en probar dos suposiciones mediante un operador lógico. La prueba de estas dos suposiciones puede resultar verdadera (1) o falsa (0). Por lo tanto, como resultado de cualquier operación booleana se obtendrá una nueva capa solo con valores 0 y 1.

Evaluación celda a celda de la operación lógica. Dado que cada cobertura tiene 10.000 celdas, se realizarán 10.000 comparaciones (operaciones lógicas).

Ambas deben ser verdaderas para que el resultado sea verdadero (Figura 1.54).

• AND → Y		
P	Q	P AND Q
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

Figura 1.54

Basta que una sea verdadera para que el resultado sea verdadero (Figura 1.55).

• OR → O inclusivo		
P	Q	P OR Q
V	V	V
V	F	V
F	V	V
F	F	F

Figura 1.55

Solo una debe ser verdadera para que el resultado sea verdadero (Figura 1.56).

• XOR → O exclusivo

P	Q	P XOR Q
V	V	F
V	F	V
F	V	V
F	F	F

Figura 1.56

Negación lógica de la proposición inicial (Figura 1.57).

• NOT → No lógico

P	Not P
V	F
F	V

Figura 1.57

Identificación de áreas donde hay cursos de agua y zonas planas (Figura 1.58).

Capa 1  
Cursos de agua

0	3	0	0
0	0	2	3
0	0	2	0
0	2	0	0
2	0	0	0

Capa 2  
Zonas planas

1	1	1	1
0	1	1	0
0	1	1	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Y

↓

ÁREAS CON CURSOS DE AGUA Y PLANAS

0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	1	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Figura 1.58

**1.4.2.5.1.3 Operadores relacionales.**

Tienen su origen en relaciones condicionales (Figura 1.59).

- = (==)
- >
- <
- <>
- >=
- <=

Estos operadores evalúan relaciones condicionales; si la condición es verdadera se le asignará valor 1 a la celda en la capa de salida, mientras que si es falsa se le asignará 0. Por lo tanto, como resultado de cualquier operación relacional se obtendrá una nueva capa solo con valores 0 y 1.

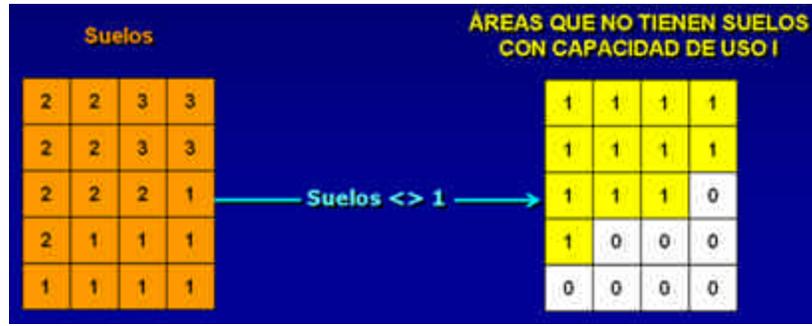


Figura 1.59 ¿Dónde no hay suelos con capacidad de uso 1 (valor 1)?

**1.4.2.6 Extracción por Atributos.**

Esta herramienta permite extraer o seleccionar el conjunto de celdas de una capa de entrada que cumplan con cierto atributo. Todas las celdas que cumplan con lo requerido conservarán en la capa de salida su valor original, mientras que las que no lo cumplan serán asignadas como NoData.

A partir de una cobertura de pendientes se puede generar una nueva capa que contenga sólo pendientes mayores a 10%, sin perder los valores de pendiente de cada celda (Figura 1.60).

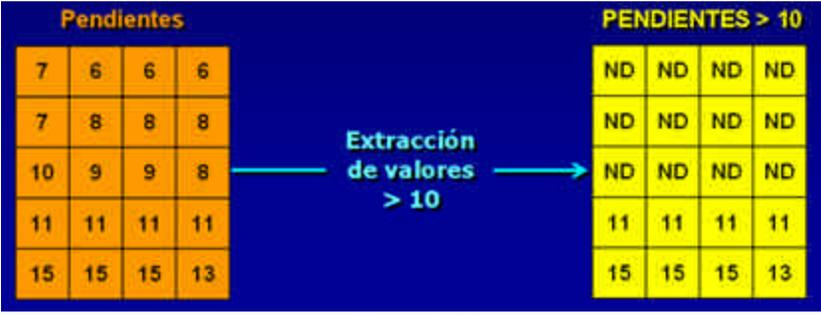


Figura 1.60

### 1.4.2.7 Medición de Distancias (Straight Line Distance).

A partir de la función *Straight Line Distance* es posible determinar que tan alejada se encuentra cada celda respecto del elemento más próximo de una capa específica. El formato de la capa que contiene los elementos de origen puede ser cualquiera de los soportados por ArcGIS, tanto raster como vectorial.

Opcionalmente es posible especificar una distancia máxima; las celdas que se encuentren fuera de esta distancia no serán consideradas en el cálculo y serán asignadas como NoData.

Para identificar todas aquellos sitios de una región que se encuentran a menos de 1.000 m de un curso de agua principal, para lo cual se debe disponer de un shapefile con los ríos y esteros de la región (Figura 1.61).

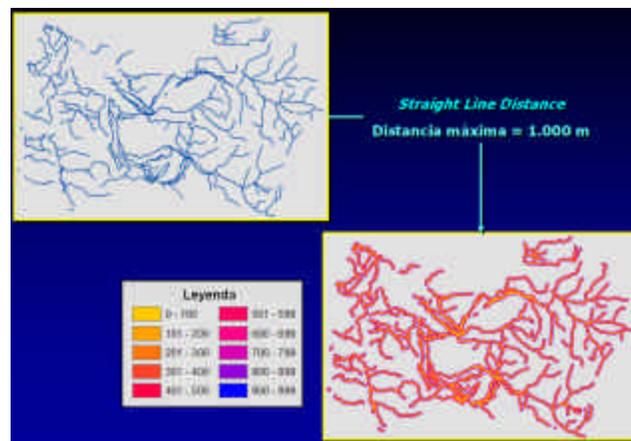


Figura 1.61

### 1.4.3 Modelado Cartográfico.

Técnicas de tratamiento de las características espaciales y temáticas de los datos geográficos para crear nuevos objetos, cada uno con sus propias características geométricas, topológicas y temáticas que resultan de las que tenían los objetos que les dieron origen.

Estas técnicas se aplican sobre dos o más coberturas o capas de información para generar una nueva que se agrega a las ya existentes en la base de datos.

A través del modelado cartográfico se pueden aprovechar todas las potencialidades de manejo y procesamiento de información que permiten los SIG como programa. Su utilidad adquiere sentido en la medida que facilitan la solución de problemas espaciales.

Para saber qué poblados de una región están siendo afectados por una serie de industrias con efectos nocivos para la salud de las personas; a qué comunas pertenecen estos poblados, y la cantidad de población que se encuentra afectada; si el área de influencia de los efectos de estas industrias corresponde a 8 km (Figura 1.62). La información base disponible es:

- a) "Shapefile" con los límites comunales, el cual tiene como atributos: el nombre de la comuna, el de la provincia a la cual pertenece y región.
- b) "Shapefile" con los poblados de la región, el cual tiene como atributos: el tipo de poblado al que corresponde y el número de personas que lo habita.
- c) "Shapefile" con las industrias nocivas en estudio.

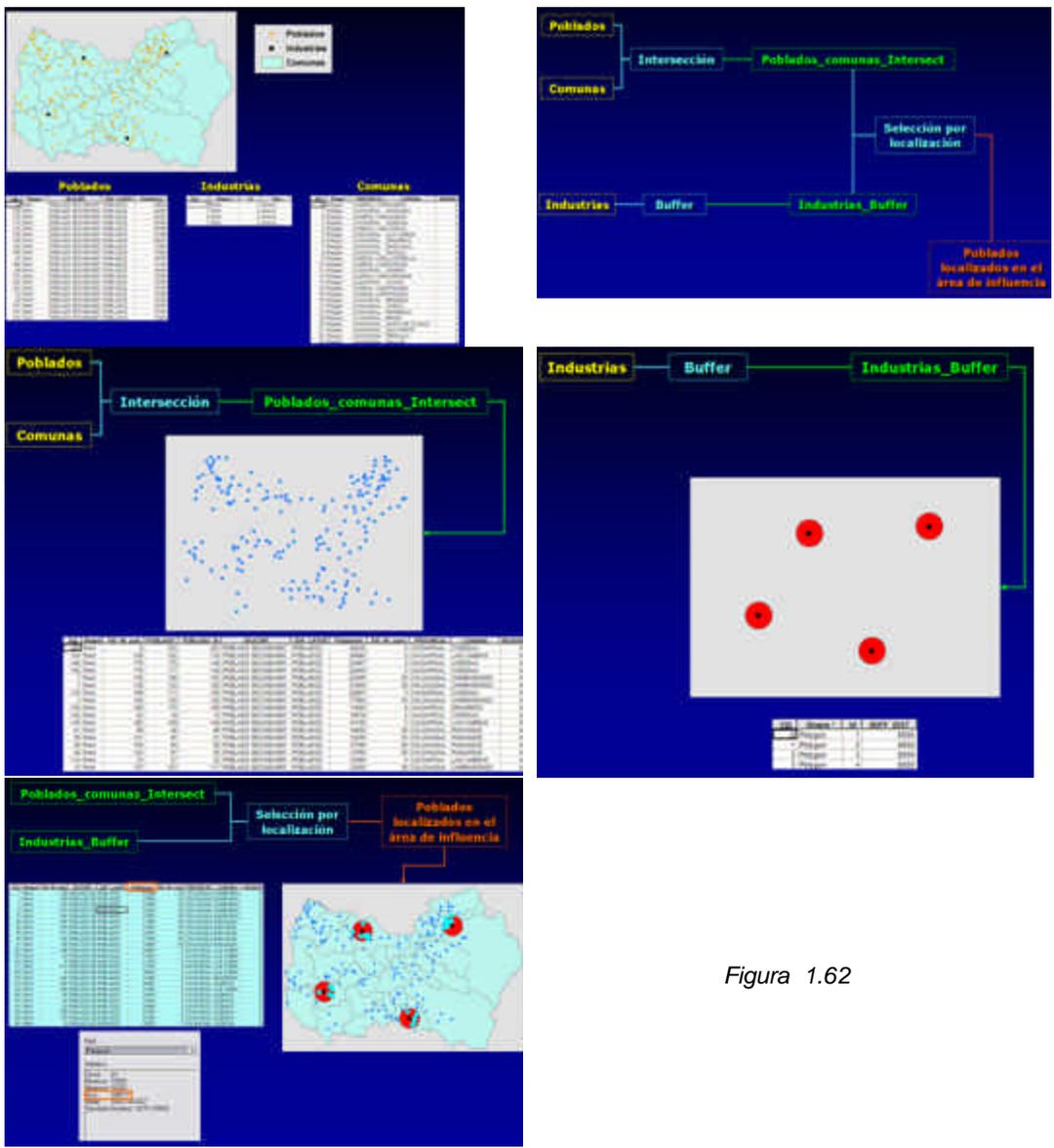


Figura 1.62

Si se desea saber acerca de lugares donde se podrían desarrollar proyectos inmobiliarios de índole turística, siendo el primer requisito a evaluar la ausencia de bosques o plantaciones forestales en dichos lugares (Figura 1.63). La información base disponible es:

- a) GRID de las comunas de la Región.
- b) GRID de las coberturas del suelo de la Región.

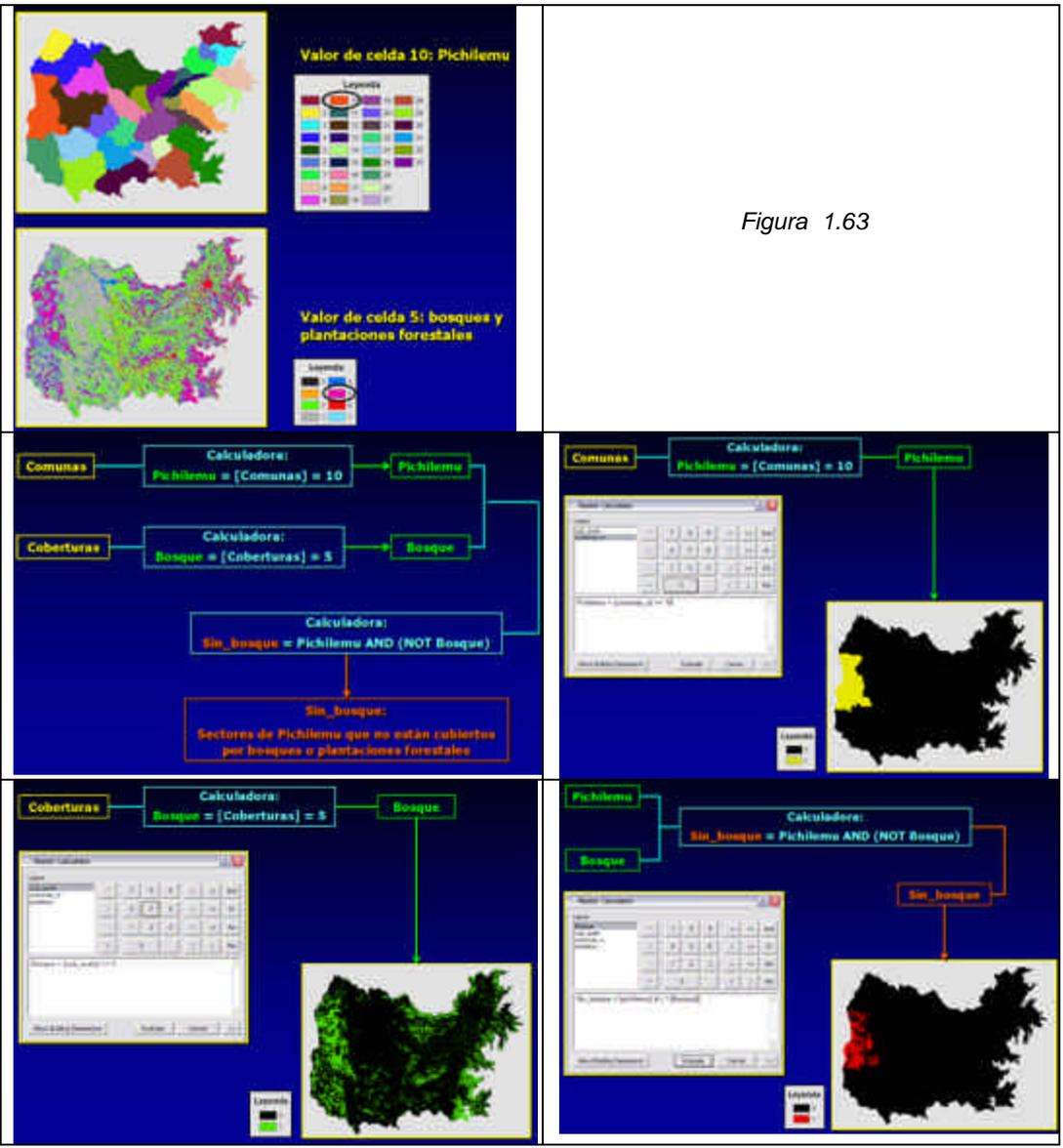


Figura 1.63