A thick vertical black bar is positioned on the left side of the page. At the bottom of this bar, several thin, curved lines in black and grey extend upwards and outwards, creating an abstract, organic shape.

6-11-2017  
Versión 1.0

# Bases de Datos Cartográficas

Definiciones Teóricas a Considerar en  
el manejo de Bases de Datos  
Geográficas o Cartográficas

Profesora  
NELLY GARCIA MORA

# INDICE

	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Página</b>
1.	INTRODUCCION	-2-
2.	BASE DE DATOS (BD)	-2-
3.	MODELO DE LOS DATOS	-3-
	3.1. MODELOS LOGICOS	-4-
	3.2. MODELOS FISICOS	-6-
4.	ESQUEMA DE REPRESENTACION DE LOS DATOS EN SIG	-6-
	4.1. Modelo Conceptual: Entidades y Variables	-7-
	4.2. Modelos Lógicos: Formato Ráster y Vectorial	-7-
	4.3. Modelo Físico de la Base de Datos:	-8-
5.	CONCLUSION	-16-

# Bases de Datos Cartográficas

## 1 INTRODUCCIÓN

---

Con la evolución del computador, como dispositivo físico, también se originaron grandes avances en el manejo de grandes volúmenes de información y esto puede ser claramente observable en el área geográfica, como se evidencia en el cúmulo de datos y/o información proveniente de satélites, en las diferentes áreas geográficas, que han requerido de mecanismos para el manejo, almacenamiento y procesamiento de estos datos; las bases de datos cartográficas son el mecanismo que ayuda a gestionar datos en el área geográfica.

Este artículo busca servir de guía para la instalación, diseño e implementación de una base de datos cartográfica, así como conocer definiciones y manejo de conceptos acerca de este tema.

## 2 BASE DE DATOS (BD)

---

Podemos definir como Base de Datos, desde el punto de vista informático, una base de datos es un sistema formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulan ese conjunto de datos. Desde un punto de vista más formal, se puede definir una base de datos como un conjunto de información (un conjunto de datos) relacionada que se encuentra agrupada o estructurada. Los datos se almacenan de modo que resulten independientes de los programas que los utilizan, y se emplean métodos concretos y determinados para incluir nuevos datos y para modificar o extraer los datos almacenados.

Ahora bien esta definición de base de datos involucra nuevos factores cuando se habla de bases de datos geográficas y/o espaciales, según (ESRI, 1998) define las bases de datos geográficas como: “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”

Antes de comenzar a profundizar más en el desarrollo de nuestra base de datos geográfica es importante analizar y entender lo siguiente:

- ✓ **DATOS ESPACIALES:** o también conocidos como atributos espaciales, son las características geográficas de los objetos descritos (ubicación, dimensión y forma), es decir, los puntos que conforman el perímetro de una población, están almacenados en cierto tipo de archivos que interpretan las aplicaciones geográficas que se encuentran en el mercado.
- ✓ **DATOS NO ESPACIALES:** son las características cuantitativas asociadas al objeto que se desea describir, generalmente se almacenan en tablas y se administran por algún manejador de bases de datos, también son llamados datos descriptivos o temáticos.
- ✓ **CAPAS GEOGRAFICAS:** son las características geográficas del evento o área que se desea modelar, organizadas en temas para facilitar la información. Por ejemplo un mapa puede ser organizado en varios temas o capas tales como: división política, hidrología, caminos, contornos o puntos de control. Dichas capas pueden ser almacenadas en archivos separados, pues sus atributos son

diferentes, específicamente para bases de datos geográficas, su estructura de almacenamiento son las tablas.

- ✓ ENTIDAD: es una cosa (objeto, persona, evento, concepto), distinguible de lo que le rodea, acerca del cual se requiere información. Para Bases de Datos Geográficas, una entidad es la representación digital del componente descriptivo de un rasgo geográfico. Se le asocia un nombre con el fin de distinguirla de otras entidades ej. (carretera, presa, líneas de transmisión, área agrícola).
- ✓ REPRESENTACION GEOMETRICA: representación digital del componente espacial de un rasgo geográfico, las Bases de Datos Geográficos (BDG) soportan tres tipos diferentes y básicos de representación geométrica: punto, línea y área o polilínea. Cada entidad puede estar asociada con distintos tipos de representación geométrica. Por ejemplo una localidad puede estar representada ya sea como punto o como área, dependiendo de sus dimensiones o escalas.
- ✓ MODELOS DE DATOS: son un conjunto de herramientas conceptuales para describir datos, y sus relaciones su significad y sus restricciones de consistencia.

Existen un conjunto de conceptos relacionados al manejo de bases de datos, dentro de los cuales podemos destacar:

### 3 MODELO DE LOS DATOS:

---

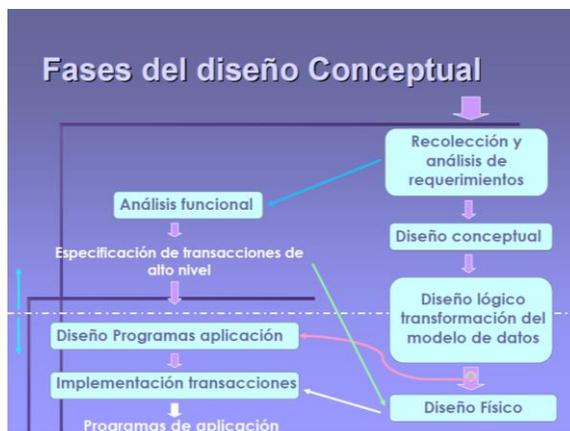
Es un conjunto de conceptos que pueden servir para describir la estructura de una Base de datos, tipo de datos, las relaciones y que deben cumplirse para esos datos. Por lo general los modelos de datos contienen además un conjunto de operaciones básicas para especificar lecturas y actualizaciones de la base de datos.

Partes de un modelo de Bases de datos:

- Estructura: se definen las reglas bajo las cuales está estructurada la data sin especificar el significado de ésta y la manera como deberá ser usada.
- Operaciones: son las permitidas sobre la data. Estas operaciones están normalmente relacionadas a la estructura de la data, es decir las operaciones son ejecutadas dentro del contexto provisto por las estructuras.
- Restricciones: permiten delimitar el dato, asegurando que los mismos se adapten a la estructura dentro del modelo de los datos.

**Diseño Conceptual de Bases de datos:** es un esquema conceptual a partir de los requerimientos recopilados. El esquema conceptual es una descripción concisa de los requerimientos de información de los usuarios y contiene descripciones detalladas de los tipos de datos, vínculos y restricciones.

Fases del diseño conceptual:



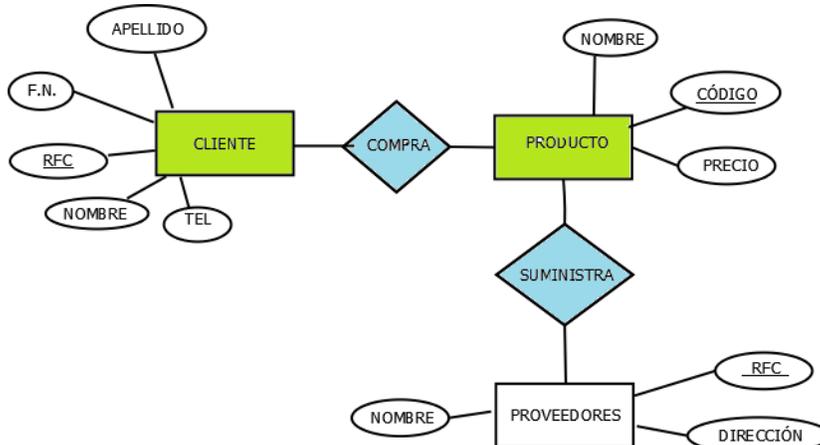
Tipos de Modelo de Datos:

### 3.1 MODELOS LOGICOS

#### 1. MODELOS LOGICOS BASADOS EN OBJETOS:

Se usan para describir datos en el nivel conceptual y de visión, se caracterizan porque proporcionan capacidad de estructura bastante flexible, los más conocidos son:

- **Modelo Entidad-Relación (E-R):** este modelo se basa en una percepción del mundo real que consiste en una colección de objetos básicos llamados *entidades* (representada por un rectángulo), y *relaciones* (representada por un rombo) entre estos objetos. Una *entidad* es un objeto distinguible de otros por medio de un conjunto de *atributos* (representados por óvalos). Una *relación* es una asociación entre varias entidades, y pueden ser Uno-Uno (1:1), Uno-Muchos (1: M) y Muchos-Muchos (M: M).



- **Modelo Orientado a Objetos:** Las bases de datos orientadas a objetos se crearon para tratar de satisfacer las necesidades de nuevas aplicaciones dentro de las cuales podemos citar los Sistemas de Información Geográfica. La Orientación a Objetos ofrece flexibilidad para manejar algunos de estos requisitos y no está limitada por los tipos de datos y los lenguajes de consulta de los sistemas de bases de datos tradicionales. El modelo trata de almacenar en la base de datos los objetos completos (estado y comportamiento). Una base de datos orientada a objetos es una base de datos que incorpora todos los conceptos importantes del paradigma de objetos: *Encapsulación* – Propiedad que permite ocultar la

información al resto de los objetos, impidiendo así accesos incorrectos o conflictos. *Herencia* – Propiedad a través de la cual los objetos heredan comportamiento dentro de una jerarquía de clases. *Polimorfismo* – Propiedad de una operación mediante la cual puede ser aplicada a distintos tipos de objetos.

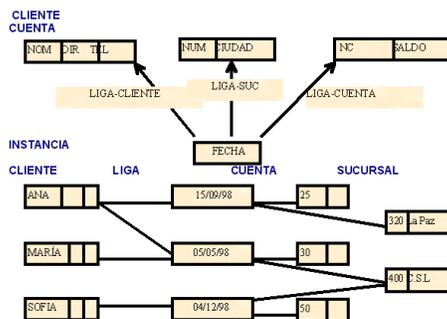
## 2. MODELOS LOGICOS BASADOS EN REGISTROS

Se utilizan para describir datos en los modelos conceptual y físico. A diferencia de los modelos lógicos basados en objetos, se usan para especificar la estructura lógica global de la BD y para proporcionar una descripción a nivel más alto de la implementación. Los tres modelos de datos más aceptados son los modelos relacional, de red y jerárquico.

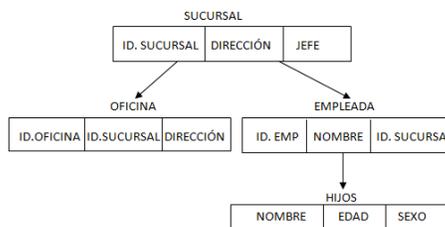
- Modelo Relacional:** representa los datos mediante tablas bidimensionales, que contienen datos tomados de los dominios correspondientes. Entendiendo como dominio ese atributo que enlaza las diferentes tablas.

CLIENTE				CUENTA	
NOMBRE	CEDULA	CUENTA	CIUDAD	CUENTA	SALDO
CANO	7.245.310	C-101	CALI	C-101	50.000
PEREZ	1.352.851	C-121	PASTO	C-121	120.000
TORO	9.874.115	C-203	BOGOTA	C-203	70.000
LOPEZ	9.765.398	C-302	BUGA	C-302	98.000
SERNA	2.458.698	C-109	TADO	C-209	42.000
VEGA	4.111.119	C-230	LIMA	C-109	108.500
CANO	7.245.310	C-209	CALI	C-230	59.000
PEREZ	1.352.851	C-209	PASTO		

- Modelo en Red:** concebido como un modo flexible de representar objetos y su relación, El modelo de red organiza datos que usan dos construcciones fundamentales, registros y conjuntos. Los registros contienen campos (que puede ser organizado jerárquicamente). Los conjuntos (para no ser confundido con conjuntos matemáticos) definen de uno a varias relaciones entre registros: un propietario, muchos miembros. El modelo de red es una variación sobre el modelo jerárquico. El modelo de red es capaz de representar la redundancia en datos de una manera más eficiente que en el modelo jerárquico. Las relaciones entre los datos se representan por enlaces entre los registros, que pueden verse como punteros.

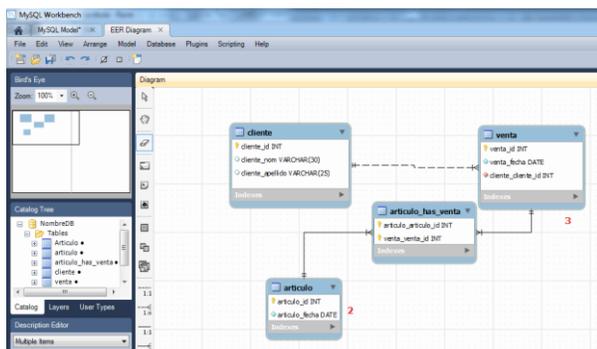


- Modelo Jerárquico:** es similar al modelo en Red, los datos y las relaciones, se representan mediante registros y enlaces, su principal característica es que los registros se muestran organizadas como colecciones de árboles.



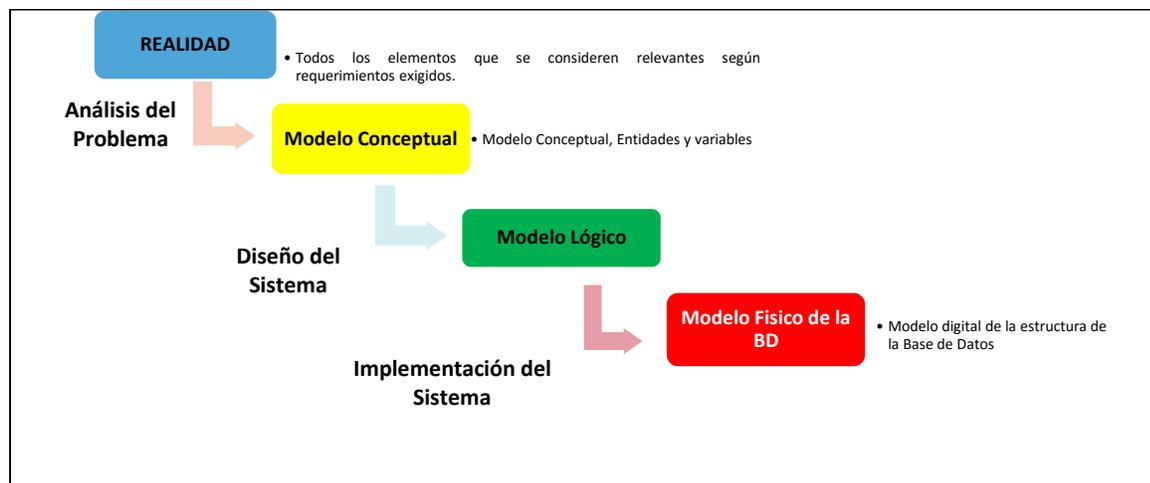
### 3.2 MODELO FISICO DE DATOS:

Los modelos físicos de bases de datos hacen referencia a la transformación del modelo lógico al conjunto de tablas que serán administradas por un Sistema Manejador de Bases de Datos (SMBD), podrá decirse que es una implementación, describiendo estructura de almacenamiento y métodos usados para un acceso efectivo a los datos.



## 4 ESQUEMA DE REPRESENTACION DE LOS DATOS EN SIG

La representación de los datos geográficos en un esquema SIG, puede ser visto gráficamente como el conjunto de varios modelos conectados en cascada, donde se puede retroceder si el resultado esperado no es el deseado, permitiendo de esta forma ir ajustando los modelos tanto conceptual como lógico, hasta llegar al modelo digital que realmente cumple con los requerimientos deseados.



## 4.1 MODELO CONCEPTUAL: ENTIDADES Y VARIABLES

En un SIG la información geoespacial correspondiente a un aspecto en particular se conoce como tema (o entidad). *Un tema es similar a una relación como se define en el modelo relacional (Modelo E-R)*. Por ejemplo, ríos, ciudades y países son temas. Cuando un tema se muestra en papel o sobre la pantalla, lo que el usuario ve es un mapa. Los mayores objetos a considerar en el nivel conceptual son los objetos geográficos. Un tema es una colección de objetos geográficos. *Un objeto geográfico corresponde con una entidad del mundo real y tiene dos componentes:*

- Una descripción. El objeto es descrito por un conjunto de atributos descriptivos. Por ejemplo, el nombre y el número de habitantes de una ciudad constituyen su descripción. También son conocidos como atributos alfanuméricos.
- Un componente espacial, el cual puede estar compuesto por la geometría (localización en el espacio, forma, etc.) y la topología (relaciones espaciales entre objetos existentes, como la adyacencia). Por ejemplo, una ciudad puede tener como valor geométrico un polígono en 2D.

Dada la inherente complejidad de las entidades geográficas en el mundo real y las relaciones de composición existentes entre muchas de estas entidades, introducimos la noción de objeto geográfico atómico y objeto geográfico complejo. Los objetos geográficos complejos se componen de otros objetos geográficos, que pueden a su vez ser atómicos o complejos. Por ejemplo, en el tema que corresponde a las ciudades, el objeto geográfico (complejo) “Ciudad Caracas” se compone de otros objetos geográficos (que podemos considerar atómicos) “Municipios de la Ciudad Caracas”. Un tema es, por tanto, un conjunto homogéneo de objetos geográficos (es decir, de objetos que tienen la misma estructura o tipo).

El atributo espacial es un objeto geográfico, no se corresponde con ningún tipo de dato estándar, como entero o cadena. La representación de la geometría y de la topología requiere un modelado potente al nivel de tema u objeto, que nos lleva a los modelos de datos espaciales. Normalmente, los siguientes tipos de datos básicos son utilizados en los modelos de datos espaciales:

- point (punto): objeto de dimensión 0
- line (línea): objeto de dimensión 1
- polygon (región): objeto bidimensional

El escoger un tipo u otro para representar determinado objeto dependerá en gran manera de la escala y del tipo de abstracción que se pretenda hacer, de forma similar a lo que ocurre en la generalización cartográfica, así una ciudad puede ser puntual o poligonal. Es además importante considerar que ciertos experimentados coinciden en que las ciudades tienen sentido considerarlas poligonales en estudios de planificación urbana y para aplicaciones hidrológicas tiene más sentido representar los cauces como objetos lineales y codificar su anchura y profundidad como propiedades especiales.

## 4.2 MODELOS LÓGICOS: FORMATO RASTER Y VECTORIAL:

Por favor leer el archivo Temario3, la sección 3.2: MODELOS LÓGICOS. FORMATO RASTER Y VECTORIAL.

### 4.3 MODELO FÍSICO DE LA BASE DE DATOS:

Es esta parte del SIG hace referencia a la optimización y Gestión de estructuras de datos utilizadas para almacenar la información y ampliar el repertorio de herramientas para cumplir en la medida de lo posible las necesidades de los científicos y técnicos en SIG.

Un Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a los mismos. Esta definición es prácticamente idéntica a la que se dio anteriormente de Sistema de Información (iniciando el tema), de hecho normalmente en el núcleo de un SIG se sitúa un SGBD. El caso de lo SIG es un poco diferente ya que en principio las bases de datos espaciales no son adecuadas para su manejo con SGBD tradicionales.

Sin embargo, a lo largo del desarrollo de las tecnologías ligadas a los SIG desde los setenta hasta la actualidad, una de las tendencias más claras es el papel, cada vez más importante, que tiene el uso de SGBD para la gestión de datos temáticos como apoyo al SIG. En principio se utilizaron para almacenar los atributos temáticos asociados a un conjunto de entidades espaciales almacenadas en formato vectorial, hoy en día se están empezando a utilizar además para el almacenamiento de la información geométrica (conjunto de coordenadas) de las entidades espaciales. Aunque se han hecho algunos intentos para almacenar información en formato ráster en un SGBD, esta opción no resulta eficiente.

#### CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE UN SGBD

Un SGBD permite el almacenamiento, manipulación y consulta de datos pertenecientes a una base de datos organizada en uno o varios ficheros. En el modelo más extendido (base de datos relacional) la base de datos consiste, de cara al usuario, en un conjunto de tablas entre las que se establecen relaciones. A pesar de sus semejanzas (ambos manejan conjuntos de tablas) existen una serie de diferencias fundamentales entre un SGBD y un programa de hoja de cálculo, la principal es que un SGBD permite:

- El método de almacenamiento y el programa que gestiona los datos (**servidor**) son independientes del programa desde el que se lanzan las consultas (**cliente**).
- El **almacenamiento** de los datos se hace **de forma eficiente aunque oculta** para el usuario y normalmente tiene, al contrario de lo que ocurre con las hojas de cálculo, poco que ver con la estructura con la que los datos se presentan al usuario.
- El acceso concurrente de **múltiples usuarios** autorizados a los datos, realizando operaciones de actualización y consulta de los mismos garantizando la ausencia de problemas de seguridad (debidos a accesos no autorizados) o integridad (pérdida de datos por el intento de varios usuarios de acceder al mismo fichero al mismo tiempo).

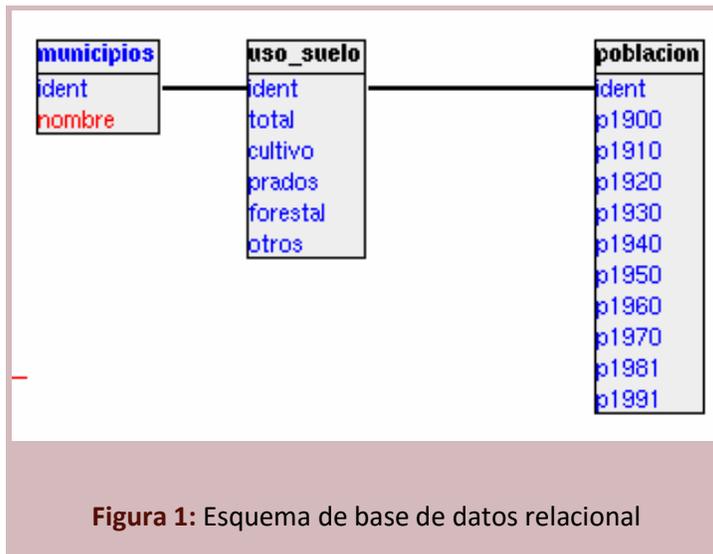
El diseño de una base de datos implica codificar en formato digital ciertos aspectos del mundo real. Esta codificación implica los mismos 3 pasos que ya se mencionamos anteriormente, es decir:

- Modelo conceptual
- Modelo lógico
- Modelo digital o implementación física de la base de datos

Hoy en día existen dos grandes modelos, las bases de datos relacionales y el modelo orientado a objetos (modelo OO), y un modelo híbrido denominado modelo Objeto-Relacional (modelo OR). En cualquier manual de bases de datos puede encontrarse información acerca de modelos más antiguos.

**BASE DE DATOS RELACIONALES:**

Es el modelo más utilizado hoy en día. Una base de datos relacional es básicamente un conjunto de tablas, similares a las tablas de una hoja de cálculo, formadas por filas (registros) y columnas (campos). Los registros representan cada uno de los objetos descritos en la tabla y los campos los atributos (variables de cualquier tipo) de los objetos. En el modelo relacional de base de datos, las tablas comparten algún campo entre ellas. Estos campos compartidos van a servir para establecer relaciones entre las tablas que permitan consultas complejas (figura 1). En esta figura aparecen tres tablas con información municipal, en la primera aparecen los nombres de los municipios, en la segunda el porcentaje en cada municipio de los diferentes usos del suelo y en la tercera la población en cada municipio lo largo del siglo XX. Como campo común aparece *ident*, se trata de un identificador numérico, único para cada municipio.



La idea básica de las bases de datos relacionales es la existencia de entidades (filas en una tabla) caracterizadas por atributos (columnas en la tabla). Cada tabla almacena entidades del mismo tipo y entre entidades de distinto tipo se establecen relaciones. Las tablas comparten algún campo entre ellas, estos campos compartidos van a servir para establecer relaciones entre las tablas. Los atributos pueden ser de unos pocos tipos simples:

- Números enteros
- Números reales
- Cadena de caracteres de longitud variable

Estos tipos simples se denominan tipos atómicos y permiten una mayor eficacia en el manejo de la base de datos pero a costa de reducir la flexibilidad a la hora de manejar los elementos complejos del mundo real y dificultar la gestión de datos espaciales, en general suponen un problema para cualquier tipo de datos geométricos.

Las relaciones que se establecen entre los diferentes elementos de dos tablas en una base de datos relacional pueden ser de tres tipos distintos:

- **Relaciones uno a uno**, se establecen entre una entidad de una tabla y otra entidad de otra tabla. Un ejemplo aparece en la figura 1.
- **Relaciones uno a varios**, se establecen entre varias entidades de una tabla y una entidad de otra tabla. Un ejemplo sería una tabla de pluviómetros en la que se indicara el municipio en el que se encuentra. La relación sería entre un municipio y varios pluviómetros
- **Relaciones varios a varios**, se establecen entre varias entidades de cada una de las tablas. Un ejemplo sería una tabla con retenes de bomberos y otra con espacios naturales a los que cada uno debe acudir en caso de incendio.

### SQL. EL LENGUAJE DE CONSULTAS PARA LAS BASES DE DATOS RELACIONALES

El lenguaje de consultas SQL (Lenguaje Estructurado de Consultas) se ha convertido, debido a su eficiencia, en un estándar para las bases de datos relacionales. A pesar de su estandarización se han desarrollado, sobre una base común, diversas versiones ampliadas como las de Oracle o la de Microsoft SQL server.

Es un lenguaje declarativo en el que las órdenes especifican cual debe ser el resultado y no la manera de conseguirlo (como ocurre en los lenguajes procedimentales). Al ser declarativo es muy sistemático, sencillo y con una curva de aprendizaje muy agradable. Sin embargo los lenguajes declarativos carecen de la potencia de los procedimentales. El gran éxito de las bases de datos relacionales se debe en parte a la posibilidad de usar este lenguaje. Incluye diversos tipos de capacidades:

- Comandos para la **definición y creación** de una base de datos (CREATE TABLE).
- Comandos para **inserción, borrado o modificación** de datos (INSERT, DELETE, UPDATE).
- Comandos para la **consulta** de datos seleccionados de acuerdo a criterios complejos que involucran diversas tablas relacionadas por un campo común (SELECT).
- Capacidades aritméticas: En SQL es posible incluir operaciones aritméticas así como comparaciones, por ejemplo  $A > B + 3$ .
- Funciones matemáticas ( $\text{sqrt}(x)$ ,  $\text{cos}(x)$ ) o de manejo de textos.
- **Asignación y comandos de impresión**: es posible imprimir una tabla construida por una consulta o almacenarla como una nueva tabla.
- **Funciones agregadas**: Operaciones tales como promedio (avg), desviación típica (stddev), suma (sum), máximo (max), etc. se pueden aplicar a las columnas de una tabla para obtener una cantidad única y, a su vez, incluirla en consultas más complejas.

En una base de datos relacional, los resultados de la consulta van a ser datos individuales, tuplas o tablas generados a partir de consultas en las que se establecen una serie de condiciones basadas en valores numéricos. Por ejemplo una típica consulta sobre una tabla en una base de datos relacional, utilizando SQL podría ser:

```
SELECT id, nombre, pob1991
FROM municipios
WHERE pob1991>20000;
```

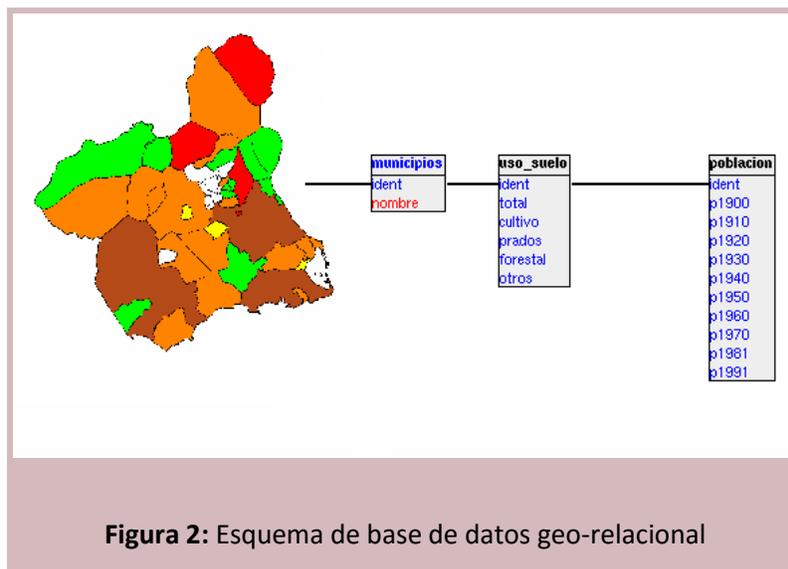
El resultado será una tabla en la que tendremos tres columnas (id, nombre, población) procedentes de la tabla municipios, las filas corresponderán sólo a aquellos casos en los que la población en 1991 (columna pob1991) sea mayor que 20000. En el caso de que sólo uno de los municipios cumpliera la condición obtendríamos una sola fila (una tupla) y en caso de que la consulta fuera:

```
SELECT pob1991
FROM municipios
WHERE pob1991>20000;
```

Obtendríamos un sólo número, la población del municipio más poblado.

### SIG Y BASES DE DATOS RELACIONALES: EL MODELO GEO-RELACIONAL

Lo más habitual es utilizar el SGBD para almacenar la información temática y el SIG para la información geométrica y topológica. Una de las funcionalidades de este modelo será el enlazado de ambos tipos de información que se almacenan de formas completamente diferentes. Se trata del modelo de datos geo-relacional (Figura 2).



**Figura 2:** Esquema de base de datos geo-relacional

El mayor interés del modelo geo-relacional estará en poder lanzar una consulta SQL y obtener una o varias entidades espaciales (en lugar de número, tabla o fila) como respuesta. Para ello debe enlazarse la base de datos espacial (mapa vectorial) con la base de datos temática (tablas) mediante una columna en una de las tablas de la base de datos que contenga los mismos identificadores que las entidades en la base de datos espacial.

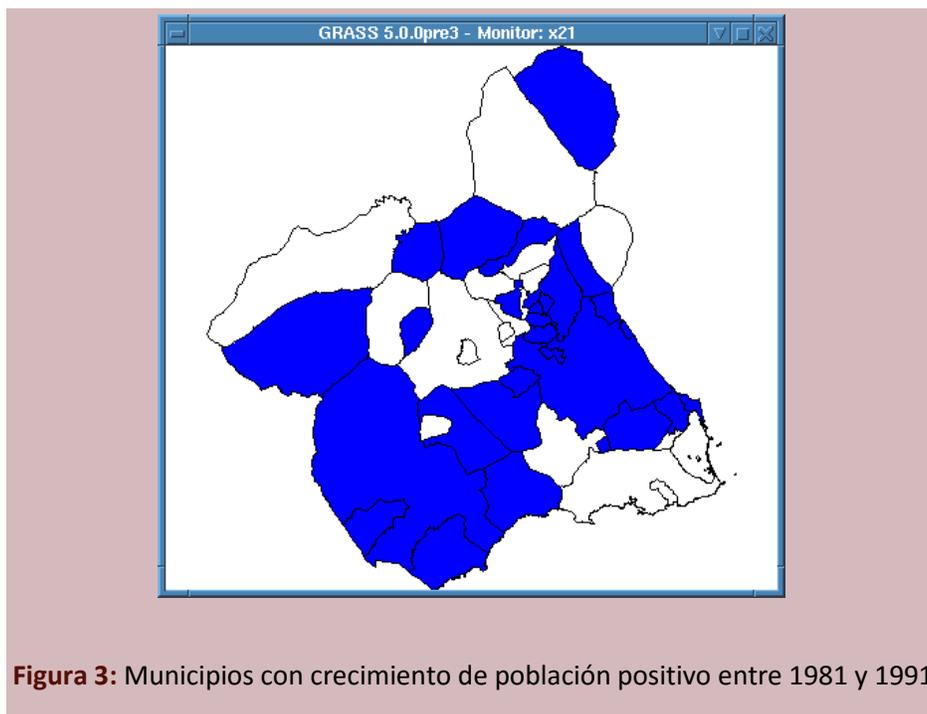
Podemos pensar en un mapa vectorial como en una tabla en la que cada registro (fila) es un objeto (polígono, línea o punto) que contiene un campo identificador y un campo que contiene la localización (conjunto de coordenadas X e Y de tamaño, lógicamente, variable). El hecho de que esta información se presente en forma de tabla o en forma de mapa es simplemente una cuestión de conveniencia.

Si pedimos, como resultados de una consulta a la base de datos temática, estos identificadores comunes, en realidad lo que estamos obteniendo son objetos espaciales (polígonos en el caso de los municipios). Los resultados de las consultas podrían presentarse de esta manera en forma de mapa en lugar de en forma de tabla de modo que a los diferentes polígonos se le asignarían diferentes

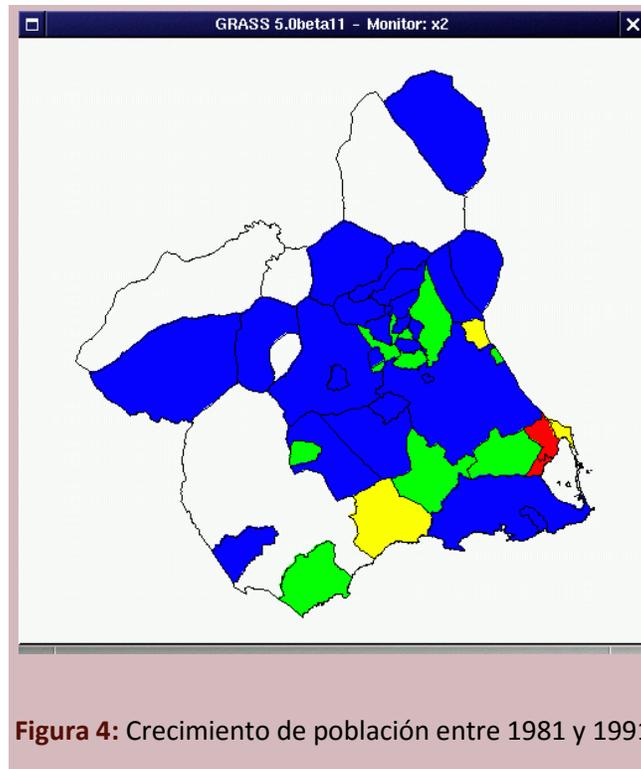
colores en función de que se cumpliera o no una condición, o de los valores que adoptase una variable o índice. Por ejemplo la consulta

```
SELECT ident, nombre  
FROM municipios  
WHERE 1000*(pob1991-pob1981)/pob1981>0 AND pob1981>0;
```

Para obtener aquellos municipios con una tasa de crecimiento de población positiva entre 1981 y 1991 en tantos por mil, podría representarse en un SIG tal como aparece en la figura 3.



Una consulta similar a la anterior pero estableciendo una reclasificación por colores daría el resultado que puede verse en la figura 4 en la que el color rojo indica valores mayores de 50, el amarillo entre 30 y 50, el verde entre 20 y 30, el azul entre 10 y 20 y el blanco menor de 10.



En estos casos se necesita un módulo específico que transforme los resultados de las consultas en una serie de reglas para pintar los polígonos asignando al mismo tiempo una paleta de colores definida por el usuario.

En definitiva la única diferencia entre el trabajo de un gestor tradicional de bases de datos y el enlace de un SIG a base de datos es el modo de presentación (tabla o mapa). Casi todo el trabajo lo hace el gestor de bases de datos y el Sistema de Información Geográfica, se limita a presentar los resultados.

Hasta ahora lo que hemos hecho es obtener objetos espaciales como resultado de una consulta, pero cuando se trabaja con un SIG enlazado a una base de datos, se pretende que las consultas incluyan también condiciones espaciales. Incluso deberíamos ser capaces de llevar a cabo consultas interactivas en las que las condiciones se formulan en función de donde haya pinchado el usuario en un mapa mostrado en pantalla.

Sin embargo en el modelo geo-relacional toda la información geométrica y topológica está en el SIG no en el SGBD por tanto las consultas deberán preprocesarse y postprocesarse.

**Preprocesamiento** significa que el módulo encargado de construir de forma automática consultas SQL como las que hemos visto antes, y lanzarlas al programa servidor de bases de datos, deberá hacerlo teniendo en cuenta una serie de criterios espaciales definidos por el usuario. Por ejemplo, si el usuario pincha en la pantalla dentro de un polígono esperando obtener nombre y población del municipio, el módulo deberá determinar de qué polígono se trata e incluir su identificador, por ejemplo 17, como condición que debe cumplirse:

```
SELECT nombre, pob1991
FROM municipios
```

```
WHERE id==17;
```

**Postprocesamiento** implica que los resultados de la consulta SQL deberán filtrarse para determinar cuáles cumplen determinadas condiciones relacionada con el espacio. Para ello, una de las columnas pedidas en la consulta ha de ser el identificador a partir del cual se obtiene, ya en el SIG, la geometría del polígono a la que se puede aplicar la operación de análisis espacial (distancia, cruce, inclusión, adyacencia, etc.) necesaria para determinar si se cumple o no la condición. Aquellos casos en los que si se cumple constituye la salida del módulo, el resto se desechan.

### **BASE DE DATOS ORIENTADA A OBJETOS (OO):**

El modelo OO da lugar a las bases de datos orientados a objetos. Es un concepto totalmente distinto al de las bases de datos relacionales que responde al paradigma de la orientación a objetos desarrollado en programación de ordenadores en los últimos años.

Al no estar limitado por el formato de tablas, cuyas columnas responden a tipos atómicos, permite una mayor flexibilidad a la hora de incorporar tipos más complejos como los tipos geométricos (puntos, líneas, polígonos, etc.) por tanto es un modelo, a priori, más adecuado para el trabajo con un Sistema de Información Geográfica.

Se parte del concepto de clase que agrupa a todos los objetos que comparten una serie de atributos, estos atributos pueden incluir la geometría del objeto, las relaciones topológicas y propiedades temáticas. Junto con los atributos, las clases incluyen un conjunto de métodos (acciones que pueden llevarse a cabo sobre los objetos). No se permite el acceso directo a los atributos sino sólo mediante sus métodos, esta propiedad se denomina encapsulamiento e incrementa la seguridad de los datos ante errores. Otra característica interesante es la herencia por la cual unos objetos pueden derivar de otros heredando sus atributos y métodos e incorporando otros.

Por ejemplo podría definirse la clase polígono incluyendo como atributos el área y el perímetro y como métodos el cálculo del área y el cálculo del perímetro. Posteriormente podría crearse la clase municipio que hereda los atributos y métodos de su clase padre (polígono) incorporando una serie de nuevos atributos (población, renta per cápita, etc.) y métodos como por ejemplo el cálculo de la densidad de población que se ejecuta dividiendo el atributo población entre el atributo área. Por otro lado podemos crear la clase cuenca fluvial que hereda atributos y métodos de la clase polígono y define atributos propios como puede ser río al que desemboca y métodos como cálculo de caudal pico.

Por su complejidad, las bases de datos orientadas a objetos no utilizan SQL e incluyen un lenguaje específico para hacer las consultas.

Las bases de datos orientadas a objetos no han tenido, sin embargo, un gran desarrollo, al menos hasta el momento. Entre las causas de este hecho cabe destacar el éxito de SQL y su tremenda eficiencia y el carácter altamente intuitivo de las tablas del modelo relacional. Por ello, se ha desarrollado un modelo híbrido que trata de capturar lo esencial de la orientación a objetos sin perder la eficiencia del modelo relacional. Se trata de las bases de datos objeto-relacionales.

### **BASE DE DATOS OBJETO-RELACIONALES**

La idea es mantener el esquema de tablas entre las que se establecen relaciones pero permitiendo como atributos, además de los tipos atómicos, tipos más complejos denominados tipos abstractos

de datos (ADT) que admiten objetos geométricos. Para ello el SGBD debe modificarse para admitir nuevas capacidades:

- Deben poder definirse nuevos tipos de datos que permitan almacenar la geometría (puntos, líneas, polígonos, etc.).
- Las funciones y operadores ya existentes se adaptan a estos datos espaciales.
- El lenguaje SQL se extiende para manipular datos espaciales, incluyendo funciones como distancia, cruce de líneas, punto en polígono, etc., que se vieron el tema dedicado al formato vectorial.
- En el nivel físico, es decir en el modelo digital, se requieren cambios profundos.

Hasta el año 2000 aproximadamente el modelo geo-relacional era casi la única opción para trabajar con SIG enlazados a bases de datos, últimamente se tiende a adoptar la segunda, en parte como resultado de la entrada de las empresas de desarrollo de bases de datos en el mercado de los SIG. Entre las ventajas que aporta este modelo destaca que se gana en velocidad al evitar gran parte del procesamiento en SIG y se permite que diversos programas cliente puedan acceder de forma concurrente al programa servidor.

El inconveniente es que las extensiones de SQL para incluir operadores espaciales se hacen demasiado complejas. Por otro lado sigue siendo necesaria la existencia de herramientas de SIG que lean la información almacenada en la base de datos y la muestren en pantalla. Puedes consultar las especificaciones para SQL del OpenGIS Consortium para obtener más información al respecto.

### **CONCEPTO DE GEODATABASE**

El concepto de Geodatabase es uno de los que han experimentado en los últimos años una mayor expansión en el mundo de los SIG. Se trata simplemente de una base de datos que almacena toda la información relativa a un conjunto de entidades espaciales (geometría, topología, identificadores, datos temáticos, etc.). Las ventajas de este modelo de trabajo son varias:

- Posibilidad de usar SQL, una versión ampliada de SQL en realidad, para hacer consultas y análisis sobre mapas vectoriales.
- Mayor integración, en una sola herramienta, de todas las funciones para trabajar con información vectorial.

El inconveniente es que se necesita un programa externo, el SIG de toda la vida, para acceder a los datos y visualizarlos.

Entre los programas que permiten trabajar con geo-databases cabe destacar 2, en primer lugar Oracle spatial y en segundo lugar PostgreSQL + PostGIS. Oracle está considerado como el mejor programa de gestión de base de datos, siendo uno de sus inconvenientes su elevado precio. PostgreSQL es una alternativa libre (y gratuita) que realmente merece entallar su impecable gestión en gestión de datos. PostGIS es una extensión, también libre, de PostgreSQL que le permite trabajar con geodatabases.

## 5 CONCLUSION

---

Espero este resumen sea de utilidad y permita fijar conceptos básicos para el manejo de bases de datos geográficas, Nuestro siguiente paso será la creación una base de datos geográfica que permita el almacenamiento y publicación de mapas geográficos mediante Servidores de Mapas Web (WMS), donde se pueda integrar el uso del lenguaje de programación PHP y HTML incluyendo Clientes Ligeros Web y bases de datos geográficas, todas estas herramientas constituidas para visualizar información geográfica, que pueda ser accesible desde cualquier lugar del mundo mediante una página web.

Estoy trabajando en el conjunto de referencias bibliográficas que soportan la información recopiladas en esta primera versión del tema Base de Datos Cartográfica, para la cátedra de programación Digital de la Escuela de Geografía de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes.