

Curso “Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos” (PIB-M)

Semana 6 “Introducción práctica a SAGA GIS”

Capítulo 1: Introducción a los Sistemas de Información Geográfica

Andrés Chazarra Bernabé (AEMET)

Octubre de 2022

Contenido

1	Introducción a los Sistemas de Información Geográfica	3
1.1	Definición de sistema de información geográfica	3
1.2	Organización de la información en capas.....	3
1.3	Modelo ráster de datos	4
1.4	Modelo vectorial de datos	6
1.5	Modelo ráster vs modelo vectorial	9
1.6	Clasificación de los SIG	12
1.6.1	Según el tipo de datos utilizado: SIG ráster, vectoriales e híbridos.....	12
1.6.2	Según el interés económico: SIG libres y comerciales	12

1 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica

1.1 Definición de sistema de información geográfica

Existen numerosas definiciones de Sistema de Información Geográfica (abreviado **SIG** o, en inglés, **GIS**, de *Geographic Information System*), dependiendo de qué aspecto de los SIG se considere más importante.

Para el propósito de este curso, una definición adecuada podría ser la siguiente: “**un SIG es una herramienta que permite visualizar, almacenar, comparar y analizar de forma eficiente información geográficamente referenciada de diferente naturaleza**”.

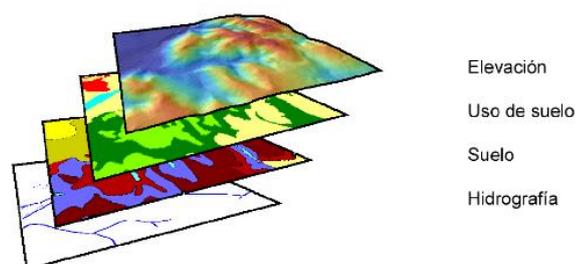
Cuando nos referimos a información **geográficamente referenciada, o georreferenciada**, nos referimos a que los datos incluyen su posición sobre la superficie terrestre, es decir, sus coordenadas.

Un SIG permite integrar y analizar información **de diferente naturaleza** como, por ejemplo, información geográfica (altitud, pendiente y exposición del terreno, ríos, cuencas hidrográficas, etc.), administrativa (límites de países, comunidades, provincias y municipios, etc.) o ambiental (datos de estaciones climatológicas, salidas de modelos numéricos meteorológicos, caudales de ríos, cubierta vegetal, etc.)

Esta posibilidad que ofrecen los SIG de integrar, combinar y trabajar de forma eficiente con datos georreferenciados procedentes de diferentes ámbitos es la que proporciona a los SIG una **gran versatilidad y potencia** para su uso en **múltiples campos de estudio**, como son la cartografía geográfica y temática, los estudios de evaluación de impactos ambientales, la investigación científica o la mercadotecnia, entre otros.

1.2 Organización de la información en capas

La información geográfica con la que trabajaremos en un SIG va a estar organizada en **capas**, siendo cada capa una **modelización** de una característica concreta de la realidad en la zona de estudio considerada.



Ejemplo de información organizada en capas (V. Olaya, 2014)

Las capas a veces son denominadas **capas temáticas** o, simplemente, **temas**.

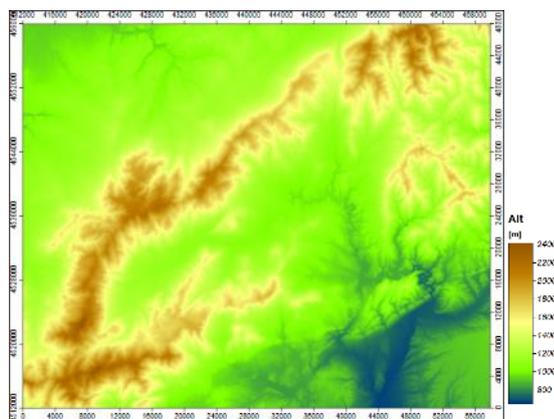
Aunque pueda resultar evidente, conviene aclarar que los SIG son simplemente programas informáticos y que, como tales, no incluyen normalmente las capas de información necesarias para trabajar con ellos, siendo labor del usuario obtenerlas de organismos oficiales o de otras fuentes.

Como veremos más adelante, una capa puede estar formada por **uno o**, más frecuentemente, **varios archivos** que contendrán la información sobre las coordenadas de los elementos de la capa, los valores de la variable modelizada y su representación gráfica.

Existen dos enfoques fundamentales a la hora de modelizar una característica de la realidad para generar una capa: **ráster** y **vectorial**.

1.3 Modelo ráster de datos

En el modelo ráster se divide de forma sistemática **todo el espacio** de la zona de estudio en una malla de **celdas** regulares y se asigna a cada celda un **valor numérico** que representa la característica analizada. Las celdas constituyen, por tanto, la unidad fundamental de la capa.

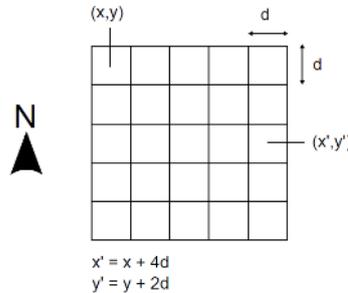


Modelo ráster de altitud del terreno del Valle del Lozoya (Madrid), con un tamaño de celda de 100m, y leyenda con la escala de colores utilizada en su representación.

Las capas ráster se representan gráficamente asignando una **escala de colores** a los valores de las celdas. A veces se representa, además, el valor numérico de cada celda.

Como vemos, las capas ráster cubren todo el espacio de la zona de estudio y tienen una estructura regular, constituida por celdas del mismo tamaño. Gracias a ello, para conocer la posición espacial de las celdas **no es necesario especificar de forma explícita las coordenadas de cada una de ellas**, para situar la malla en el espacio incluyen una cabecera o un archivo adicional en los que se especifica:

- a) Las *coordenadas de una celda* (normalmente la celda superior izquierda o la inferior izquierda).
- b) El *número de celdas en los ejes X e Y*.
- c) El *tamaño de celda* (a veces llamado *paso de malla* o *resolución*, ya que proporciona información sobre el nivel de detalle de la de la capa).



Esquema de una capa ráster con las coordenadas (x,y) de la celda superior izquierda, el tamaño de celda d y el número de celdas en los ejes X e Y (V. Olaya, 2014).

Esta información permite establecer de forma precisa las coordenadas de todas las celdas sin necesidad de almacenarlas en los archivos que conforman la capa.

A continuación de la cabecera, o en un archivo diferente, se incluyen los valores de cada una de las celdas siguiendo el orden específico establecido por el formato ráster en el que se esté trabajando.

En la imagen siguiente podemos ver el archivo ráster GRD (en ASCII) de Surfer del modelo digital de elevaciones del Valle del Lozoya representado anteriormente. Las cinco primeras líneas constituyen la cabecera en la que se sitúa la malla en el espacio y, a continuación, figuran los valores (en este caso de altitud) de cada celda.

```

MDELozoyaSurfer.grd: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
DSAA
589 480
412050.000000 459950.000000
4512050.000000 4559950.000000
646.000000 2413.000000
1331.000000 1375.000000 1410.000000 1424.000000 1410.000000 1395.000000 1389.000000 1383.000000 1370.000000 1347.000000
0.000000 1622.000000 1595.000000 1579.000000 1551.000000 1523.000000 1495.000000 1462.000000 1466.000000 1447.000000
00 1038.000000 1009.000000 1024.000000 1016.000000 1009.000000 1005.000000 1014.000000 1003.000000 984.000000 968.000000
000000 931.000000 919.000000 902.000000 893.000000 890.000000 891.000000 880.000000 873.000000 875.000000 877.000000
00000 851.000000 860.000000 856.000000 852.000000 860.000000 862.000000 865.000000 864.000000 861.000000 865.000000
0000 657.000000 658.000000 658.000000 660.000000 658.000000 662.000000 670.000000 676.000000 677.000000 675.000000
000 859.000000 870.000000 871.000000 872.000000 871.000000 873.000000 873.000000 873.000000 872.000000 874.000000
1339.000000 1381.000000 1419.000000 1447.000000 1449.000000 1442.000000 1433.000000 1420.000000 1399.000000 1375.000000
0.000000 1608.000000 1567.000000 1541.000000 1512.000000 1492.000000 1456.000000 1438.000000 1424.000000 1404.000000
000 1065.000000 1041.000000 1055.000000 1055.000000 1054.000000 1046.000000 1039.000000 1020.000000 995.000000 975.000000
0.000000 932.000000 924.000000 912.000000 903.000000 901.000000 902.000000 890.000000 885.000000 880.000000 873.000000
000000 861.000000 865.000000 864.000000 860.000000 867.000000 866.000000 869.000000 869.000000 866.000000 868.000000
000000 657.000000 658.000000 659.000000 660.000000 660.000000 661.000000 663.000000 674.000000 677.000000 676.000000
00000 862.000000 867.000000 868.000000 872.000000 871.000000 872.000000 871.000000 872.000000 873.000000 873.000000
1350.000000 1394.000000 1432.000000 1467.000000 1486.000000 1493.000000 1484.000000 1458.000000 1425.000000 1399.000000
0.000000 1581.000000 1545.000000 1515.000000 1474.000000 1456.000000 1433.000000 1398.000000 1383.000000 1363.000000
000 1086.000000 1072.000000 1077.000000 1085.000000 1082.000000 1073.000000 1053.000000 1028.000000 1004.000000 972.000000
29.000000 927.000000 925.000000 923.000000 915.000000 912.000000 904.000000 900.000000 904.000000 896.000000 881.000000
0.000000 857.000000 865.000000 869.000000 865.000000 866.000000 872.000000 875.000000 874.000000 870.000000 866.000000
0.000000 660.000000 659.000000 657.000000 660.000000 659.000000 660.000000 662.000000 675.000000 677.000000 676.000000
    
```

Archivo ráster en formato GRD de Surfer.

Este ejemplo consiste en un archivo codificado en ASCII, por lo que se puede abrir con el bloc de notas y leer su contenido, pero habitualmente los archivos ráster se encuentran en binario y no es posible ver directamente los valores con un editor de texto.

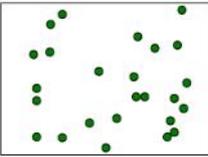
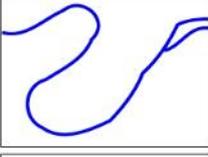
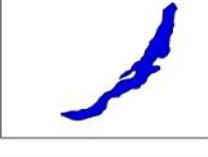
Las imágenes georreferenciadas son un caso especial de capas ráster. Pueden estar formadas por una o varias bandas (por ejemplo, las tres bandas RGB de una fotografía en color), siendo en realidad cada banda una capa ráster.

1.4 Modelo vectorial de datos

En este modelo, cada capa de información está formada por un **conjunto de elementos discretos homogéneos** de uno de estos tres tipos: **puntos, líneas o polígonos**. A cada elemento se le asigna una o varias propiedades alfanuméricas, denominadas **atributos**.

A diferencia del modelo ráster, el vectorial **no divide el espacio completamente**, sino que define una serie de elementos geométricos cuya disposición espacial, generalmente distribuida de forma irregular, guarda relación con los objetos geográficos presentes en la zona de estudio.

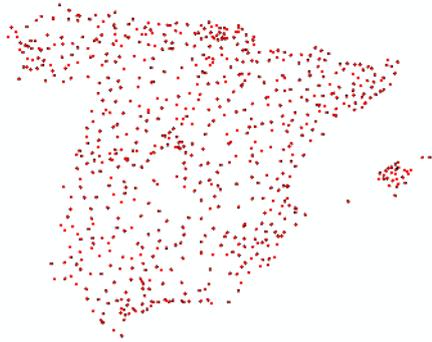
La modelización de cada objeto consta de una **primitiva geométrica**, la cual recoge la información espacial de cada elemento (su posición y su forma), y de unos **atributos**, los cuales recogen la información temática (propiedades y características del elemento).

Primitiva	Entidad espacial	Representación	Atributos																					
Puntos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Altura</th> <th>Díámetro Normal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>17.5</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>22</td> <td>45.6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15</td> <td>27.2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>19.7</td> <td>36.1</td> </tr> <tr> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> </tbody> </table>	ID	Altura	Díámetro Normal	1	17.5	35	2	22	45.6	3	15	27.2	4	19.7	36.1
ID	Altura	Díámetro Normal																						
1	17.5	35																						
2	22	45.6																						
3	15	27.2																						
4	19.7	36.1																						
.	.	.																						
.	.	.																						
Líneas			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho máx(m)</th> <th>Calado máx(m)</th> <th>Longitud(km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>4.3</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>3.9</td> <td>5.2</td> </tr> </tbody> </table>	Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)	15	4.3	35	6.3	3.9	5.2												
Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)																						
15	4.3	35																						
6.3	3.9	5.2																						
Polígonos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Superficie(km²)</th> <th>Profundidad máx(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31494</td> <td>1637</td> </tr> </tbody> </table>	Superficie(km ²)	Profundidad máx(m)	31494	1637																	
Superficie(km ²)	Profundidad máx(m)																							
31494	1637																							

Ejemplos de los tres tipos de primitivas geométricas en el modelo vectorial, con sus atributos asociados (V. Olaya, 2014).

Una capa vectorial puede contener solamente **un único tipo de primitiva**. Por tanto, tendremos capas vectoriales de puntos, de líneas y de polígonos, pero nunca una capa que contenga una combinación de ellos.

Ejemplo de capa vectorial de puntos: localización de las estaciones automáticas de AEMET en la península Ibérica y Baleares, con la tabla de atributos asociada.



ID	IND	NOMBRE	PROVINCIA	ALTITUD	COORD_X	COORD_Y	VARIABLES
1	1.0000	ALBARRACIN	TERUEL	100	12275	42363	00000
2	1.0014	ALBAFERRA	TERUEL	70	10387	42680	00000
3	1.0022	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
4	1.0027	ALBAFERRA	TERUEL	80	10370	42670	00000
5	1.0032	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
6	1.0036	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
7	1.0040	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
8	1.0044	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
9	1.0048	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
10	1.0052	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
11	1.0056	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
12	1.0060	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
13	1.0064	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
14	1.0068	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
15	1.0072	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
16	1.0076	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
17	1.0080	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
18	1.0084	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
19	1.0088	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
20	1.0092	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
21	1.0096	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
22	1.0100	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
23	1.0104	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
24	1.0108	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
25	1.0112	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
26	1.0116	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
27	1.0120	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
28	1.0124	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
29	1.0128	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000
30	1.0132	ALBA	TERUEL	200	10200	42620	00000

Ejemplo de capa vectorial de líneas: ríos de la Base Topográfica Nacional BTN100 del IGN, con la tabla de atributos asociada.



ID	IND	ED_CATEGORIA	ED_NOMBRE	FECHA_NA	CAPSA_NA	COORD_X	COORD_Y	TIPO_NA	ETIQUETA
1	1.0001	00000	ALBARRACIN	100	12275	42363	00000	00	Albarracín
2	1.0002	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
3	1.0003	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
4	1.0004	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
5	1.0005	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
6	1.0006	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
7	1.0007	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
8	1.0008	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
9	1.0009	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
10	1.0010	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
11	1.0011	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
12	1.0012	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
13	1.0013	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
14	1.0014	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
15	1.0015	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
16	1.0016	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
17	1.0017	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
18	1.0018	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
19	1.0019	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
20	1.0020	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
21	1.0021	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
22	1.0022	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
23	1.0023	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
24	1.0024	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
25	1.0025	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
26	1.0026	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
27	1.0027	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
28	1.0028	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
29	1.0029	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba
30	1.0030	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00	Alba

Ejemplo de capa vectorial de polígonos: límites de las CCAA de la Base Topográfica Nacional BTN100 del IGN, con la tabla de atributos asociada.



ID	IND	ID_CATEGORIA	ID_NOMBRE	FECHA_NA	COORD_X	COORD_Y	TIPO_NA	ETIQUETA
1	1.0001	00000	ALBARRACIN	100	12275	42363	00000	00
2	1.0002	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
3	1.0003	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
4	1.0004	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
5	1.0005	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
6	1.0006	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
7	1.0007	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
8	1.0008	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
9	1.0009	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
10	1.0010	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
11	1.0011	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
12	1.0012	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
13	1.0013	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
14	1.0014	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
15	1.0015	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00
16	1.0016	00000	ALBA	200	10200	42620	00000	00

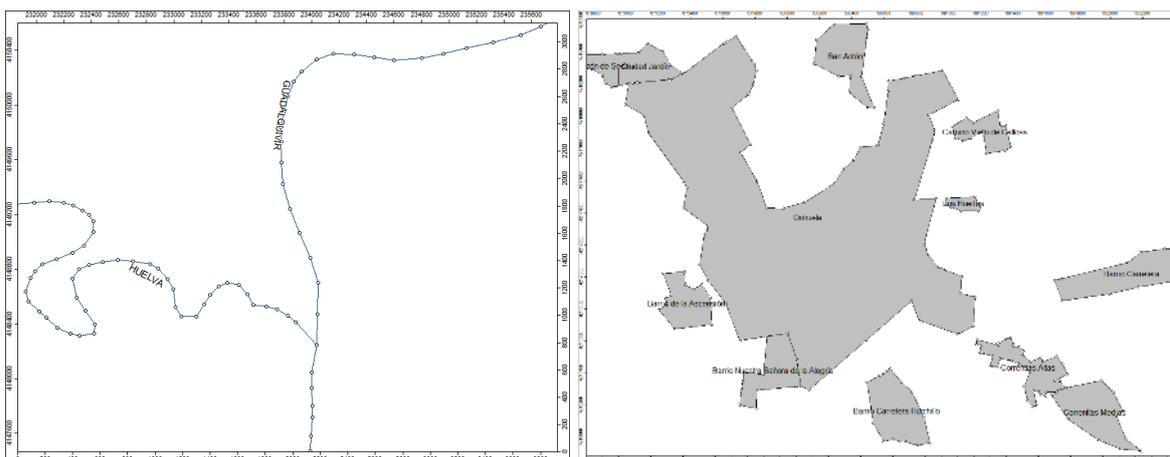
Una característica de la realidad a menudo puede modelizarse mediante más de un tipo de primitiva geométrica. Por ejemplo, los núcleos de población pueden representarse adecuadamente mediante capas de puntos o de polígonos, y los ríos mediante capas de líneas o de polígonos. El tipo de primitiva más adecuado en cada caso **dependerá principalmente del uso** al que se va a destinar la capa: así, para un estudio del riesgo

de inundación por desbordamiento de un río en una zona determinada seguramente sea conveniente utilizar capas de polígonos que permitan delimitar la anchura del cauce del río, mientras que para un mapa a nivel nacional en el que queramos incluir la localización de los ríos principales será más adecuado modelizarlos mediante líneas.



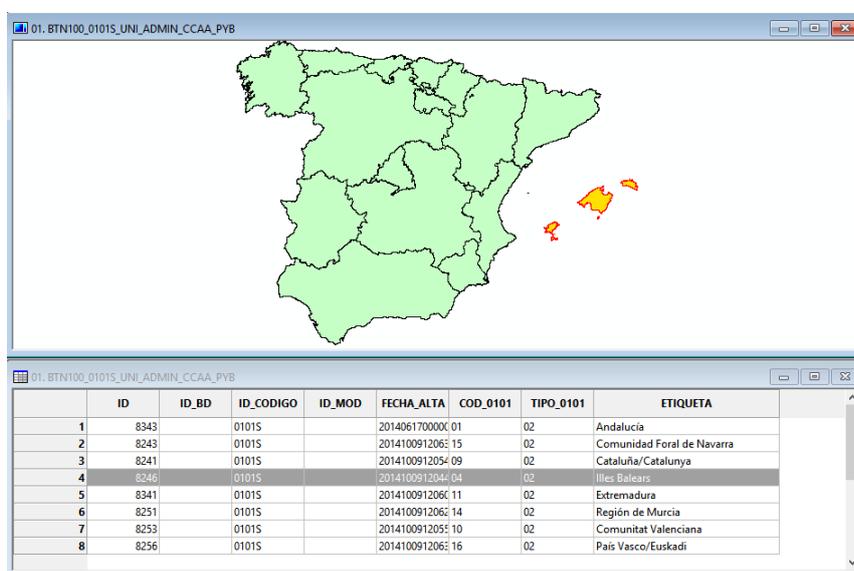
Representación de los núcleos de población de Cataluña y alrededores mediante una capa de puntos (izq.) y una de polígonos (dcha.)

En última instancia, todas las formas geométricas de una capa vectorial **pueden reducirse a puntos**: las líneas son en realidad una serie de puntos interconectados en un determinado orden, y los polígonos pueden considerarse como líneas cerradas y, por tanto, también constituidas por una serie de ordenada de puntos.



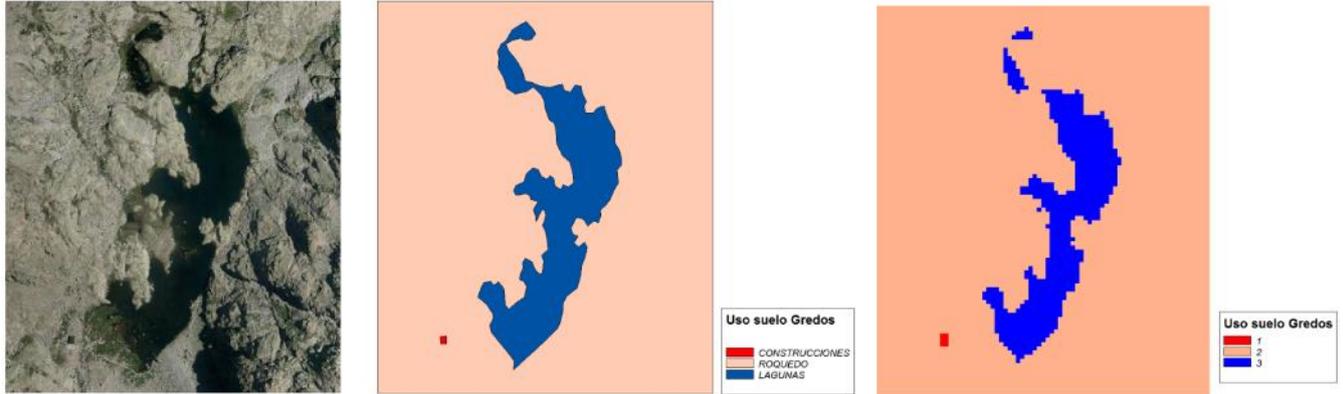
Ejemplos de capas de líneas (ríos) y polígonos (núcleos de población) en las que se muestran los puntos que las conforman.

También conviene tener en cuenta que un único elemento de una capa vectorial puede contener **más de una primitiva geométrica**, si bien todas serán del mismo tipo. Por ejemplo, en una capa vectorial de polígonos representando las CCAA de España, el elemento correspondiente a las Islas Baleares estará formado por varios polígonos, uno por cada isla. Este conjunto de polígonos constituyen una única entidad, ya que todos pertenecen a la misma CCAA, y tendrán por tanto los mismos atributos.



1.5 Modelo ráster vs modelo vectorial

En principio, cualquier característica de la realidad puede modelizarse como una capa vectorial o como una capa ráster.

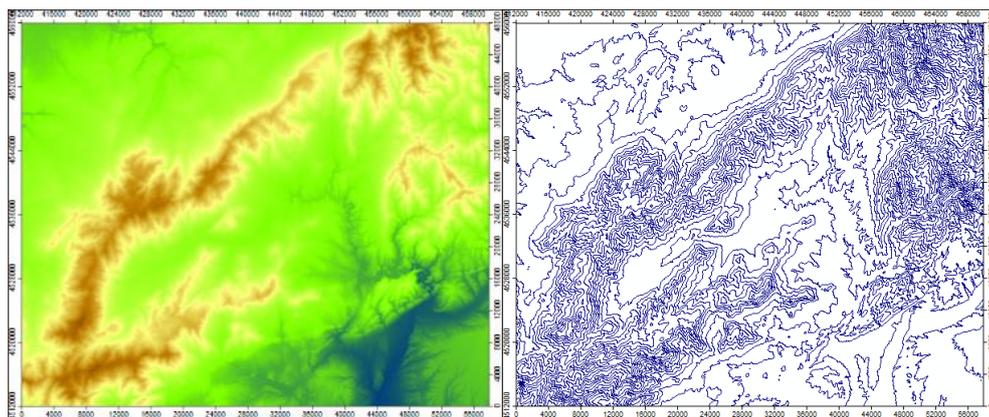


Ejemplo de representación de una clasificación de usos del suelo en formato vectorial (polígonos) y ráster.

No obstante, resulta evidente que:

- El modelo **ráster** es más adecuado para representar **variables numéricas** que varían de forma **continua** en el espacio (a veces denominadas **superficies**) como la altitud del terreno, la temperatura del aire, la precipitación, etc.
- El modelo **vectorial** es más adecuado para representar características asimilables a figuras geométricas u **objetos**, como ríos, municipios, carreteras, etc.

Una variable continua en el espacio, como la altitud o la temperatura del aire, puede modelizarse también mediante una capa vectorial de líneas que represente las isólinas correspondientes, como en el siguiente ejemplo:

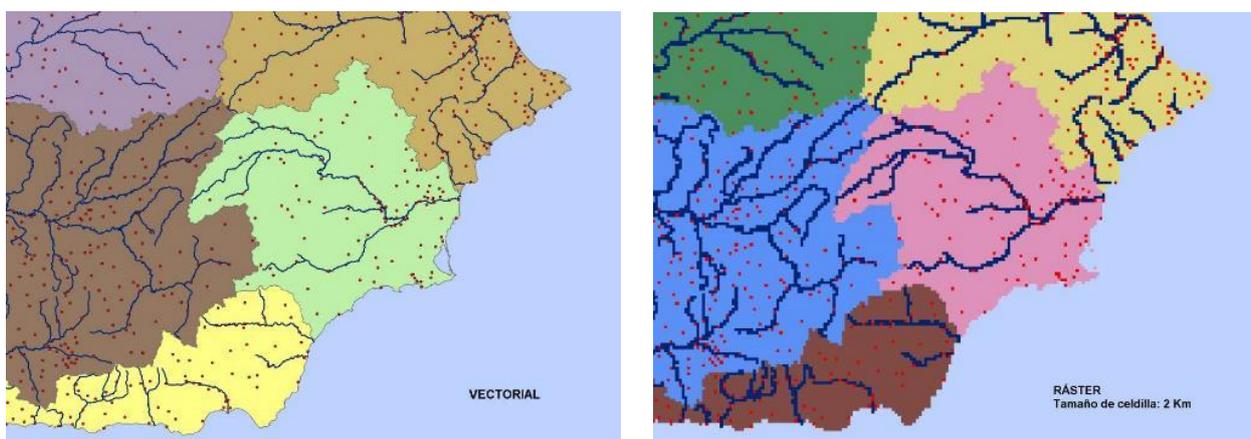


Altitud del terreno en modelo ráster y en modelo vectorial (líneas), en el que se han representado las isólinas de altitud a intervalos de 100m.

El principal inconveniente de representar variables numéricas continuas mediante modelos vectoriales radica en que se asignan valores de la variable únicamente a puntos que se

encuentran **distribuidos irregularmente** en el espacio. Esta irregularidad espacial de las capas vectoriales hace que la implementación de algoritmos de **análisis espacial**, especialmente cuando implican la utilización combinada de varias capas, sea **mucho más compleja** que en el caso de las capas ráster, cuya regularidad facilita enormemente el cálculo de variables derivadas. Cuando las capas están en formato ráster y existe además coincidencia en la geometría de sus mallas resulta inmediata la aplicación de técnicas de análisis.

A su vez, puede utilizarse un modelo ráster para representar características asimilables a figuras geométricas u objetos, como en el siguiente ejemplo:



Representación de las cuencas hidrográficas principales, ríos y localización de estaciones meteorológicas en el sureste de la península mediante modelos vectorial y ráster.

Sin embargo, la representación de objetos mediante modelos ráster resulta en general **poco eficiente**, ya que suele ser necesario trabajar con tamaños de celda muy pequeños para conseguir representar objetos con una precisión similar a la de las capas vectoriales. Los modelos ráster dividen toda la superficie en celdas de igual tamaño, independientemente de la complejidad de la variable en cada zona, mientras que las capas vectoriales tienen más detalle en las zonas en las que la característica representada es más compleja y menos en las que es más simple, optimizando por tanto el volumen de almacenamiento de la información. Como consecuencia, los archivos ráster **ocupan mucha más memoria** que archivos vectoriales de resolución equivalentes.

Del análisis anterior se desprende que lo ideal es **trabajar simultáneamente con ambos tipos de modelos**, ráster y vectorial, en un mismo SIG, de forma que podamos representar cada variable en el modelo más adecuado.

1.6 Clasificación de los SIG

1.6.1 Según el tipo de datos utilizado: SIG ráster, vectoriales e híbridos

Como hemos visto, las diferencias entre los modelos ráster y vectorial son notables, presentando cada uno de ellos sus ventajas e inconvenientes.

Durante los primeros años de desarrollo de los SIG hubo una tendencia a separar ambos enfoques, de tal modo que los SIG primitivos manejaban los datos bien en modelo ráster o bien en modelo vectorial exclusivamente, y se hablaba entonces de **SIG ráster** y **SIG vectoriales**.

Sin embargo, resultan evidentes las ventajas de poder trabajar con ambos tipos de modelo en un mismo SIG por lo que, con el paso del tiempo, la separación ráster-vectorial se ha ido diluyendo. Actualmente, prácticamente todos los SIG pueden trabajar con ambas modelizaciones (se les denomina a veces **SIG híbridos**) y poseen herramientas para transformar capas ráster en vectoriales y viceversa.

No obstante, algunos de los SIG híbridos actuales son el resultado de la evolución en el tiempo de SIG que originariamente fueron de tipo ráster o vectorial y, aunque integren herramientas para trabajar con ambos tipos de modelos, suelen ser mucho más potentes trabajando con el modelo para el que fueron ideados originariamente. Así mismo, la mayoría de los SIG de reciente creación suelen tener predilección por uno de los dos enfoques, siendo más potentes para aplicaciones ráster o vectoriales.

Como ejemplo, GRASS o SAGA GIS son especialmente potentes en aplicaciones ráster, mientras que QGIS, gvSIG o ArcGis, destacan más en las aplicaciones vectoriales.

1.6.2 Según el interés económico: SIG libres y comerciales

Los SIG libres son gratuitos y permiten en general acceder y modificar su código (existen diversas licencias de software libres que especifican con detalle lo que está permitido), mientras que los SIG comerciales están respaldados por una casa comercial que exige un pago por su uso y que no permite normalmente acceder a su código ni modificarlo.

Hace años la calidad de los SIG libres era claramente inferior a la de los comerciales, sin embargo en la actualidad el panorama ha cambiado radicalmente, existiendo SIG libres de calidad igual o superior a la mayoría (si no a todos) los SIG comerciales.