



Tema 2



La información geográfica: acceso a fuentes, archivos y estructuras de datos raster

Asignatura obligatoria G-180 Los Sistemas de Información Geográfica I (Raster). Grado en Geografía y Ordenación del Territorio. Curso 3º. Universidad de Cantabria.

Profesora: Olga DE COS GUERRA.

Profesora titular de la Universidad de Cantabria.

Área: Geografía Humana.

Licencia: Creative Commons BY-NC-SA 4.0 Internacional 



Fíjate en lo que hay detrás de cada capa. Este tema se centra en el componente datos. Los modelos y las estructuras de datos son necesarios para conocer la dualidad de principios de diseño y de almacenamiento raster y vectorial. A través de cinco bloques se verán los contenidos desde las características elementales de la información geográfica hasta los archivos de almacenamiento.

Índice de contenidos

	Página
Bloque 1. La importancia de los datos y la información geográfica	3
1.1. Componentes de la información geográfica: espacial y temática	
1.2. Divisiones horizontal y vertical de la información geográfica	
Bloque 2. De la realidad geográfica a las estructuras de datos	6
2.1. El proceso de abstracción	
2.2. Conceptos elementales: modelos y estructuras	
Bloque 3. Modelos espaciales (de representación): raster y vectorial	10
3.1. Fundamentos del modelo raster	
3.2. Fundamentos del modelo vectorial	
Bloque 4. Modelos de almacenamiento o estructuras de datos raster y vectorial	12
4.1. Las estructuras de datos raster	
4.2. Las estructuras de datos vectoriales	
Bloque 5. Principales fuentes de datos espaciales y formatos de archivos	18
5.1. Archivos raster	
5.2. Archivos vectoriales	
5.3. Tablas	
Bibliografía	20

Bloque 1. LA IMPORTANCIA DE LOS DATOS Y LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

"De todos los subsistemas de SIG, el correspondiente a los datos es el pilar fundamental que pone en marcha los restantes. Los datos son el combustible que alimenta a los restantes subsistemas, y sin los cuales un SIG carece por completo de sentido y utilidad."

V. Olaya (2020: 51)

Los datos constituyen el alimento principal de los SIG. Los SIG son capaces de tratar, organizar y sistematizar los datos hasta convertirlos en información. Para conseguir ese objetivo final los proyectos SIG se sustentan en datos diversos de entrada, caracterizados por su perfil geográfico en cuanto que pueden atribuirse a un lugar concreto. Dada la importancia de los datos, el presente tema comienza con una reflexión sobre dos aspectos esenciales de los datos geográficos, especialmente cuando se van a integrar en un entorno: sus **componentes y divisiones**. Son dos cuestiones determinantes para la correcta organización de datos geográficos.

Datos e información son conceptos muy relacionados, pero con matices de concepto que marcan diferencias notables, a pesar de que éstos aparecen con frecuencia utilizados como si fuesen sinónimos.

 Según V. Olaya (2020: 51-52) por dato se entiende "*el simple conjunto de valores o elementos que utilizamos para representar algo*" mientras que la información se refiere "*al resultado de un dato y su interpretación, y el trabajo con datos es en muchos casos un proceso enfocado a obtener de estos toda la información posible*".

Dato ≠ Información

Sobre esta base, ¿qué es un geodato?

Es un dato que cuenta con una posición precisa en el espacio; se encuentra, por tanto, referido a una o varias posiciones.

1.1. Componentes de la información geográfica: espacial y temática

Los datos geográficos constan de dos componentes: la espacial y la temática.

Componente espacial	Componente temática
	
Numérica	Alfanumérica y numérica
Pregunta ¿dónde?	Pregunta ¿qué?
Con ambas componentes un SIG es capaz de gestionar dónde ocurren los hechos y cuál es la naturaleza o características de esos hechos ubicados en el territorio	

Como su propio nombre indica, la **componente espacial** hace referencia a la localización de cada elemento en el territorio y es, por tanto, la componente geográfica en un determinado sistema de referencia. Es la componente capaz de responder a la cuestión que plantea ¿dónde? ocurre un determinado hecho. Dadas sus características, la naturaleza de la componente espacial normalmente es numérica, ya que los sistemas de localización basados en coordenadas permiten representar la distribución de un hecho en el espacio a partir de una secuencia de números que indican coordenada X, coordenada Y o latitud/longitud.

Por su parte, la **componente temática** –relacionada con la anterior– establece la naturaleza del hecho representado y permite responder a la pregunta ¿qué? La componente temática puede tener una naturaleza variada en función de la característica temática registrada; por ello, puede responder a variables numéricas (que a su vez pueden organizarse en nominales, ordinales, etc.) o a variables alfanuméricas con tratamiento de texto, en cuyo caso se anulan las opciones de cálculo.

1.2. Divisiones horizontal y vertical de la información geográfica

El acercamiento a la integración y manejo de información geográfica mediante SIG no se basa únicamente en componentes, sino también en diferentes divisiones que permiten organizar y tratar la información adecuadamente. Las divisiones de la información geográfica son de dos tipos: horizontales y verticales.

Divisiones horizontales	Divisiones verticales
	
Regiones, hojas	Capas
Afecta a la componente espacial	
Los SIG son capaces de trabajar con las divisiones de la información geográfica, tanto en lo que respecta a su visualización, como a los geoprocisos de unión, combinación, etc.	

Las **divisiones horizontales** se basan en la compartimentación espacial de la información geográfica a modo de “regiones” que van distribuyendo la información en hojas consecutivas que organizan el territorio objeto de estudio. Se trata por tanto de una división que se relaciona directamente con la componente espacial. Esta división es muy habitual en la cartografía oficial procedente de organismos productores, que suelen usar hojas. Esa compartimentación en bloques no supone ningún obstáculo en el trabajo SIG para presentar cartografía de una zona integrada por varios bloques ya que los SIG son capaces de *“integrar de forma transparente datos correspondientes a zonas distintas y formar un mosaico único [por] la separación que existe entre datos y visualización. Los datos son la base de la visualización, pero en un SIG estos elementos conforman partes del sistema bien diferenciadas”* (Olaya, 2020: 55).

Las **divisiones verticales** tienen una relación directa con la componente temática y se materializan en la organización de la información en capas –también denominadas temas o capas temáticas-. De este modo, cada capa contiene una información homogénea que responde al mismo tipo de objeto y a la misma variable, por ejemplo, carreteras, núcleos de población, altitudes, etc.

La organización en capas derivada de las divisiones verticales es una de las características más habituales en los proyectos SIG. Al igual que en la división horizontal la organización en capas no afecta a la composición cartográfica final, que puede combinar información de diferentes capas sin que esto constituya ningún obstáculo: “la visualización, el análisis, y todas las acciones que se realizan sobre la información geográfica en un SIG, se llevan a cabo sobre un conjunto de capas, entendiéndose cada una de ellas como la unidad fundamental de información sobre una zona dada y un tipo de información concreta” (Olaya, 2020: 58).

Figura 1. Ejemplo de gestión SIG de la división vertical con el panel de capas a la izquierda



Bloque 2. De la realidad geográfica a las estructuras de datos

2.1. El proceso de abstracción

El trabajo con mapas y, por tanto, con cartografía digital implica un proceso de modelización de la realidad territorial que nos rodea. Un mapa nunca llega a reproducir todos los detalles de la realidad; es necesario un proceso guiado desde el mundo real a su tratamiento digital.

Para ello, se desarrolla una secuencia de diferentes pasos, desde la realidad observada a la estructura de datos digital y su manejo informatizado en entorno SIG, pasando por una fase de abstracción y modelización, tal como muestra la Fig. 2.

Figura 2. Fases del proceso de modelización SIG desde la realidad



2.2. Conceptos elementales: modelos y estructuras

Los conceptos modelo y estructura, son complementarios pero su significado e interpretación es distinto.

Modelo ≠ Estructura

 Los **modelos** equivalen a una conceptualización del espacio y, por tanto, se trata de estructuras de datos de alto nivel, mientras que el concepto de **estructuras** hace referencia a las estructuras de datos, de bajo nivel.

La **secuencia de abstracción** sigue los siguientes niveles (de alto nivel, nivel medio y bajo nivel):

Alto nivel	Nivel medio	Bajo nivel
Modelo geográfico	Modelo de representación	Modelo de almacenamiento
Conceptual	Raster / Vectorial	Estructuras de datos
Modelo geográfico → Representación → Almacenamiento		

a) Modelos geográficos

Es el **modelo conceptual de mayor nivel** en la consecución de un dato geográfico. Se centra en la variable espacial, en su comportamiento y distribución, así como su variación en el ámbito considerado.

 De los modelos geográficos de referencia destacan dos tipos: campos y entidades discretas.

- El **modelo geográfico de campos** hace referencia al valor o valores que caracterizan un determinado fenómeno (elevación, temperatura, contaminación, etc.). Este modelo es especialmente útil para modelizar variables continuas.
- El **modelo geográfico de entidades discretas** interpreta el territorio como un ámbito en el que es posible identificar entidades discretas (elementos reconocibles con un principio y final, forma y ubicación), como los edificios, árboles, viales, etc.



b) Modelos de representación

En un nivel intermedio del proceso de abstracción, los modelos de representación –también denominados modelos de datos- plantean formas concretas de concebir la realidad geográfica observada de forma simplificada.

-  Existen dos modelos de representación: raster (modelo de malla) y vectorial (objetos puntuales, lineales y poligonales).

Estos modelos de representación -raster y vectorial- corresponden a dos conceptos o “filosofías” de referencia diferentes para modelizar el territorio:

- En el **modelo raster** los elementos geográficos se diferencian a partir de la compartimentación del espacio en porciones de igual tamaño y forma (celdas o píxeles) a partir de una retícula o malla regular (normalmente cuadrada) que se extiende sobre la superficie de estudio, donde posteriormente se registran las propiedades de cada celda.
- En el **modelo vectorial** las entidades del mundo real son representadas mediante tres tipos de objetos: puntos, líneas o polígonos.



Entidad ≠ Objeto

 En el modelo vectorial hemos aludido a entidades y objetos. Para usar estos términos adecuadamente debes saber que la entidad es el elemento reconocible en el territorio (un edificio, un banco, un parque, una señal de tráfico, una calle, etc.) y el objeto es el elemento geométrico que representa una entidad en entorno SIG (esto es, un punto, una línea o un polígono).

c) Modelos de almacenamiento

 Los modelos de almacenamiento se definen como “estructuras de datos” y se identifican como el último nivel de abstracción (nivel bajo). La organización y definición de las diferentes estructuras de datos está condicionada por el modelo (de representación) en el que se encuadra.

Dicho de otro modo, si trabajamos con capas modeladas en raster, encontraremos unas estructuras de datos posibles, mientras que éstas cambian de forma considerable si las capas se han modelado en vectorial.

Antes de abordar las estructuras de datos, debemos aclarar que son importantes ya que –tal como señala V. Olaya (2020: 85)– las estructuras buscan minimizar el espacio ocupado por los datos (es decir, reducir al máximo, o rentabilizar lo mejor posible, el tamaño de los archivos) y también buscan maximizar la eficiencia analítica, especialmente en las operaciones de análisis espacial de máxima complejidad (algo que es especialmente importante en entorno raster).

Figura 3. Visualización de estructura de datos raster (izquierda) de una capa raster (derecha)

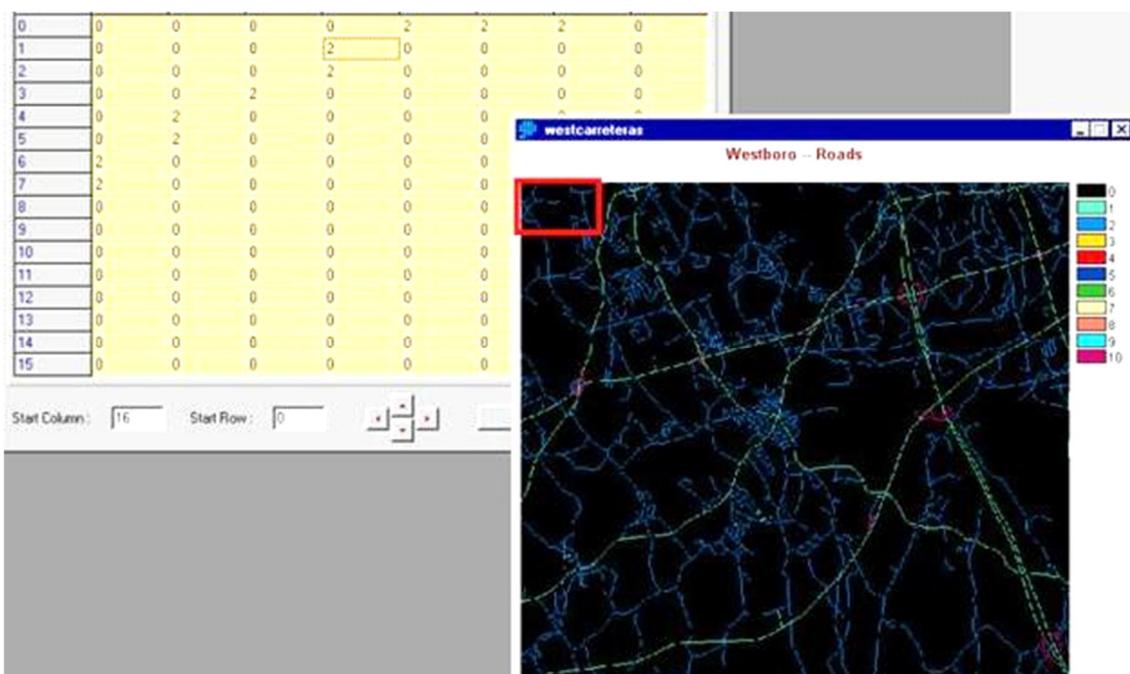
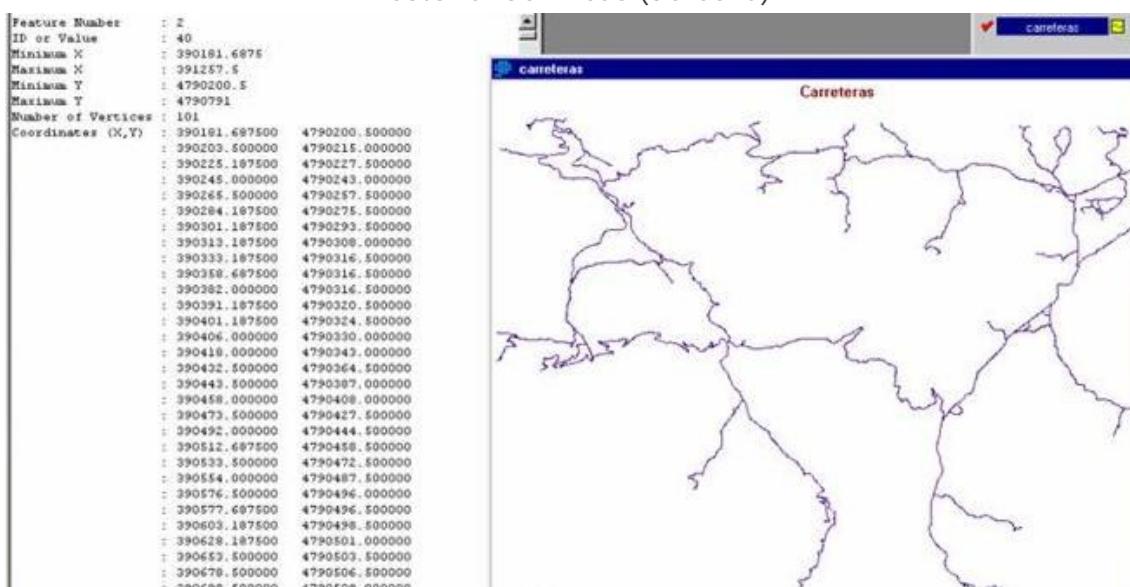


Figura 4. Visualización de estructura de datos vectorial (izquierda) de una capa vectorial de líneas (derecha)



Bloque 3. Modelos espaciales (de representación): raster y vectorial

Los SIG trabajan con modelos y visiones simplificadas de la realidad geográfica ¿Cómo podemos simplificar o modelizar la realidad?: a partir de un raster o de un vectorial.

Aunque ambos modelos se presentaron en el Tema 1, se recuerdan las características básicas, que es necesario tener presentes para comprender lo específico de este tema centrado en las estructuras.

3.1. Fundamentos del modelo raster

El modelo raster se basa en unidades artificiales (elementos discretos) que se corresponden con celdas o píxeles que poseen igual tamaño y forma y han sido obtenidas mediante la superposición de una malla regular sobre la zona de estudio; así, la recogida de la información se hace para cada una de esas celdas.

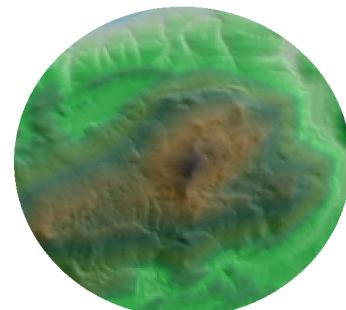
Tal como se señaló en el Tema 1, se van creando diferentes capas temáticas -de información específica- con una distribución regular de celdas de modo que se pueden ajustar varias capas sin ningún problema. Esto es lo que se denomina **ajuste perfecto**.

 El ajuste perfecto es esencial para que los programas SIG puedan operar con varias capas raster en modelos de superposición, toma de decisiones espaciales, etc.

El modelo raster es muy apropiado para representar variables continuas, sin límites concretos, con una gradación de valores continuada en el territorio. Las celdas constituyen un elemento sobreimpuesto a la realidad geográfica; por ello, es comprensible que en los SIG raster predomine la componente temática –el valor almacenado– sobre los límites.

De este modo, el modelo raster así cubre todo el espacio, sin dejar huecos (lo que no ocurre necesariamente en el modelo vectorial), y en este sentido tiene que hacer una abstracción cuando trabaja con elementos geométricos.

La representación de los elementos en el mundo real se realiza de la siguiente forma: un elemento puntual se representa mediante una celda, uno lineal mediante una secuencia de celdas y uno poligonal mediante una agrupación de celdas



contiguas. Con ello, se permite el análisis de cientos de elementos de una manera muy sencilla; pero ello lleva asociado ciertos problemas, como la conocida falta de exactitud geográfica; por ello, es lógico tener cuidado si pasamos de una resolución a otra.

En definitiva, la capa raster se construye como un conjunto de celdas y de valores asociados que representan cada uno de los niveles de información. Cada celda tiene un solo valor y no puede tener vacíos (tendría, en su caso, valores nulos).

 Si se quiere almacenar información diversa sobre una misma zona en raster se deben incluir tantas capas como variables se analicen.

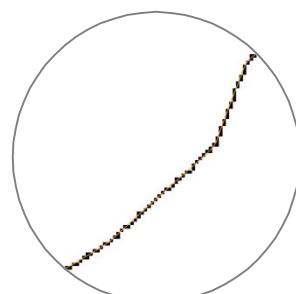
3.2. Fundamentos del modelo vectorial

En un modelo vectorial la individualización se hace a partir de propiedades geométricas (puntos, líneas y polígonos). Por lo tanto, en la aproximación vectorial habitualmente se considera que existen unidades individualizadas en el espacio geográfico ya que poseen determinadas propiedades dando entidades del mundo real que pueden ser naturales o bien, artificiales.

- Los **puntos** → son objetos espaciales de 0 dimensiones, tienen una localización precisa en el espacio, pero no tienen ni longitud ni anchura.
- Las **líneas** → son objetos espaciales de una dimensión, ya que tienen longitud, pero no anchura. Las líneas están definidas mediante una sucesión de puntos; por tanto, se presentan por tantos pares de coordenadas como puntos las definan.
- Los **polígonos** → son objetos espaciales de dos dimensiones ya que tienen longitud y anchura. Se representan mediante una sucesión de líneas que cierran formando el polígono.

 La escala de trabajo resulta fundamental para la elección del tipo de objeto para representar una entidad.

En la imagen adjunta podemos observar una línea (en color amarillo) que ha sido rasterizada (en color negro se observa la secuencia de píxeles que coinciden con la ubicación de la línea del vectorial).



Bloque 4. Modelos de almacenamiento o estructuras de datos raster y vectorial

Las estructuras de datos hacen referencia al **tipo de almacenamiento y de datos de cada capa**. Las estructuras de datos son diferentes según el modelo de representación (unas específicas para las capas raster y otras para las capas vectoriales); por ello, se analizan de forma separada en el presente apartado.

4.1. Las estructuras de datos raster

Uno de los problemas del modelo raster es el almacenamiento de los valores de las celdas en archivos debido al elevado número de valores que es necesario registrar (uno por pixel y -recordemos- no hay celdas vacías). En estas estructuras la diferencia fundamental es si se comprimen o no los datos para ahorrar espacio en disco. Así, hay estructuras que no comprimen y generan archivos que ocupan más espacio en disco del necesario.

Las estructuras de datos raster se clasifican en **simples y jerárquicas**. Las estructuras raster simples almacenan todos los datos con una resolución constante (la referencia siempre es el pixel y por tanto la resolución de la malla), mientras que en las jerárquicas la resolución es variable.

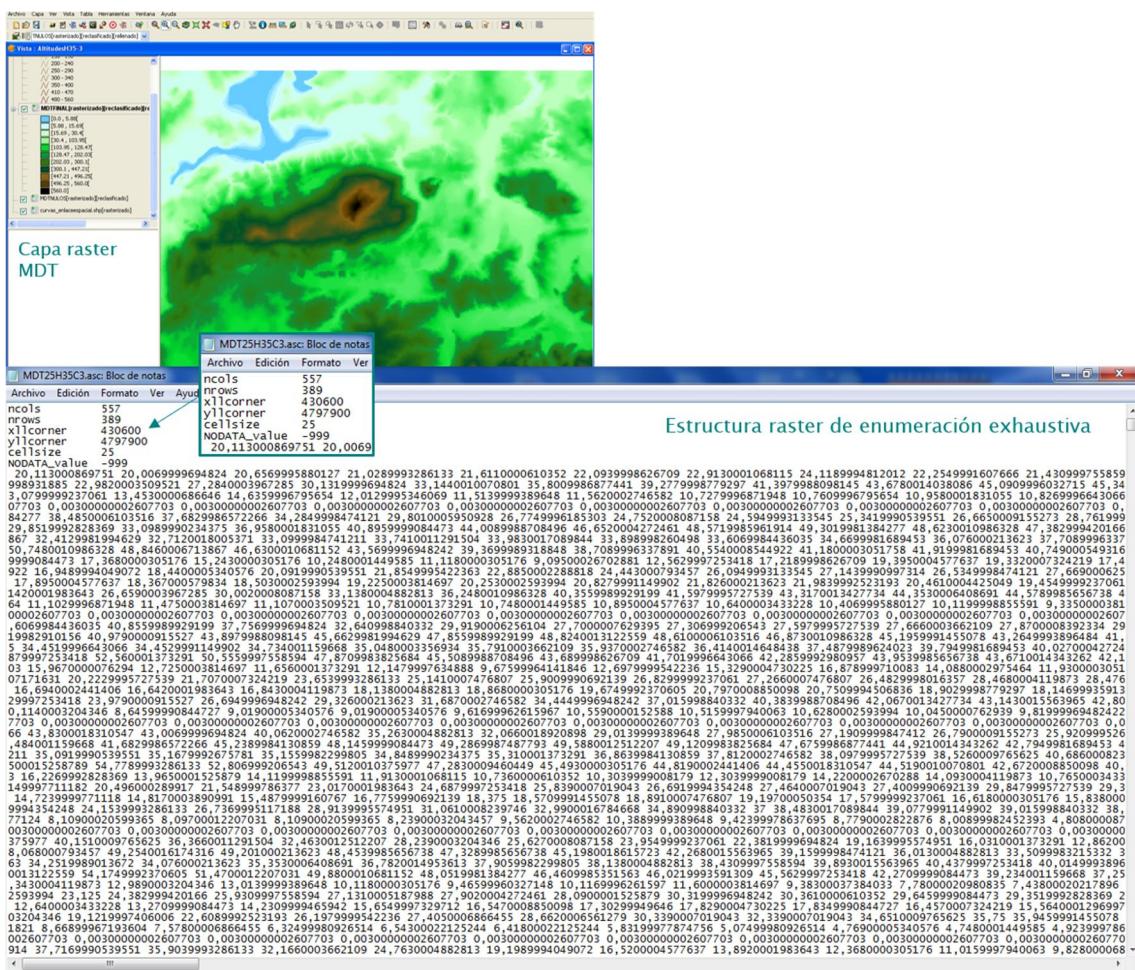
Estructuras raster simples		Estructuras raster jerárquicas	
Enumeración exhaustiva	Codificación por grupos de longitud variable	Quadtree	
	Estándar	Punto de valor	

a) Estructuras raster simples

Abordamos dos tipos de estructuras raster simples; es decir, con almacenamiento de datos a resolución constante:

- **Enumeración exhaustiva:** almacena uno por uno el valor de cada celda de acuerdo con la secuencia que se establezca (generalmente fila a fila a partir de la celda superior izquierda). Es una estructura muy sencilla, pero consume mucho espacio en disco ya que no comprime (Fig. 5).

Figura 5. Ejemplo de estructura de enumeración exhaustiva

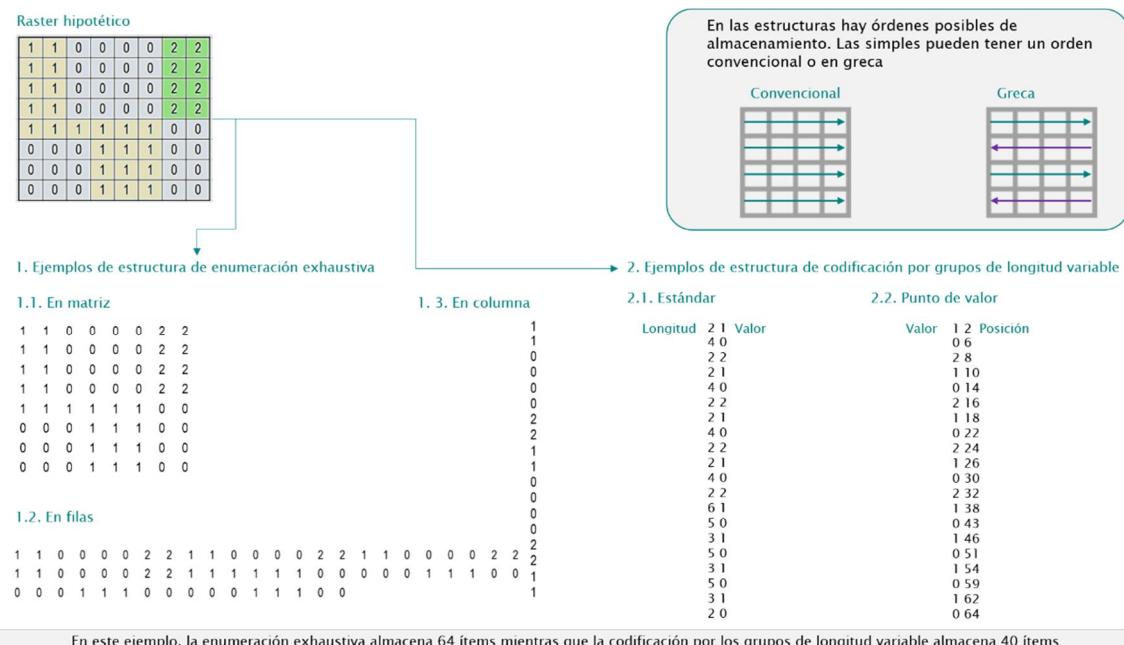


- **Codificación por grupos de longitud variable:** identifica grupos de valores, por lo que no recoge valor a valor. De esta forma, la codificación por grupos consigue comprimir considerablemente los archivos si se trata de variables con elevada autocorrelación espacial. En esta estructura hay dos modalidades posibles:
 - Modalidad estándar: anota primero la longitud de un grupo de celdas contiguas que comparte el mismo valor, y a continuación el valor de esas celdas.
 - Modalidad de punto de valor: anota primero el valor almacenado en un grupo de celdas y después la posición, llegando a identificar hasta la posición en la que el grupo finaliza. Las posiciones son acumulativas.

 Por **autocorrelación espacial** entendemos la tendencia existente a que los valores temáticos tienden a ser más parecidos entre objetos próximos en el espacio que entre objetos situados más lejos. Este planteamiento está en la base de la denominada Primera ley de la

Geografía (Tobler, 1959). El principio de autocorrelación espacial parece que no sólo se cumple en las variables de tipo físico o natural, sino también en las de tipo humano.

Figura 6. Esquemas de estructuras raster simples y órdenes de almacenamiento



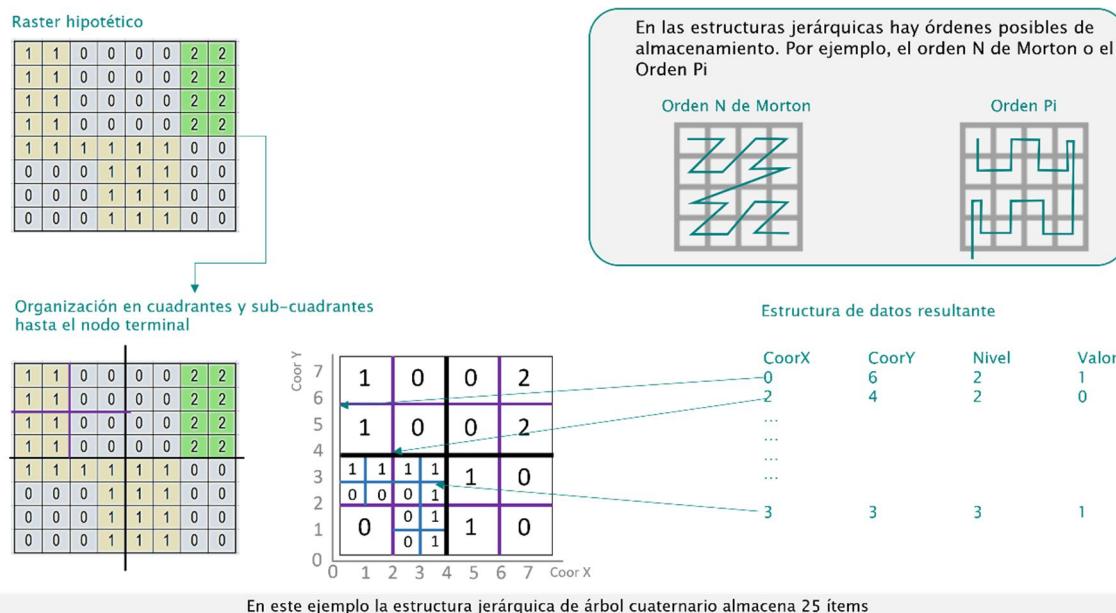
Esta estructura tiene ventajas adicionales derivadas como la mayor velocidad de acceso a los datos temáticos.

 En esta estructura la resolución es variable, hasta que se llega a cuadrantes homogéneos (denominado **nodo terminal**).

El modelo de datos *quadtree* diseñado a partir de la búsqueda de nodos terminales de resolución variable se completa con la generación de un modelo de datos organizado a partir de cuatro columnas de información: coordenada X de un punto de cada nodo, coordenada Y de ese mismo punto de cada nodo terminal, nivel o número de divisiones necesarias hasta generar el nodo terminal (cuadrante homogéneo) y, finalmente, el valor, es decir la información contenida en las celdas de igual valor que han dado lugar al nodo terminal para el que se registra la información en la estructura de datos.

Para las estructuras jerárquicas los órdenes de almacenamiento más destacados son el N de Morton y el orden Pi, cuya dirección se muestra en la figura adjunta.

Figura 7. Esquema de estructura raster jerárquica quadtree



4.2. Las estructuras de datos vectoriales

En el modelo vectorial las estructuras de datos se diferencian en función de si se trata de estructuras sólo **cartográficas** o si son estructuras **topológicas**. La diferencia radica en que las cartográficas registran únicamente la geometría (coordenadas), mientras que en las topológicas registran también las relaciones topológicas entre los elementos de la

capa vectorial (conectividad de los arcos en las intersecciones, existencia de conjuntos ordenados de arcos formando los límites de los polígonos, relaciones de contigüidad entre polígonos, etc.).

Partiendo de esta base, las estructuras de datos vectoriales se organizan en **estructuras sin topología**, aquellas que sólo registran la geometría, y **con topología**, en las que además de la geometría, se registran también las relaciones entre los objetos espaciales o relaciones topológicas.

De todos modos, con las herramientas oportunas es posible convertir una estructura de datos cartográfica en topológica mediante el cálculo y almacenamiento de esas relaciones (construcción de topología).

Estructuras sin topología	Estructuras con topología
Lista de coordenadas	Diccionario de vértices

a) Estructuras vectoriales sin topología

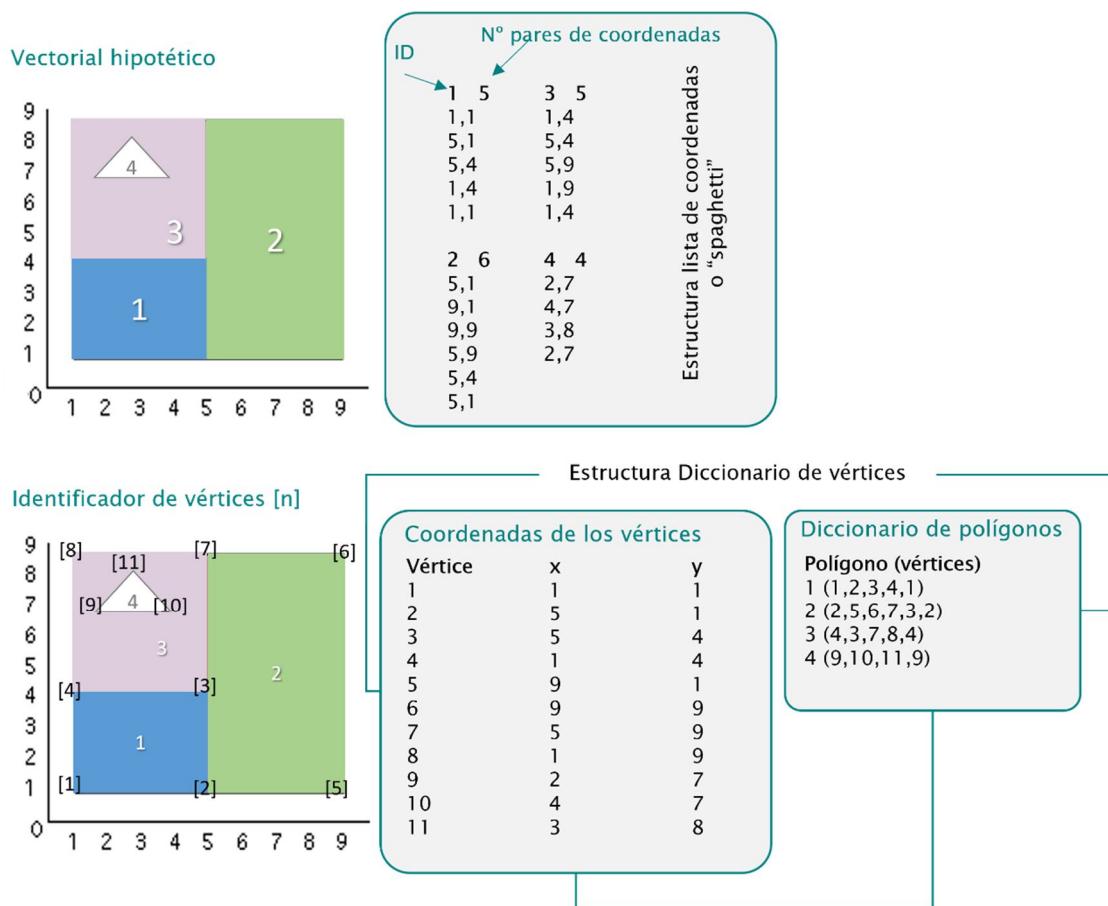
 **Lista de coordenadas.** Para cada objeto vectorial registra su identificador seguido por una lista de las coordenadas de sus vértices, o puntos que definen su posición en el espacio (Fig. 8). Si el elemento es lineal, su estructura está definida por su correspondiente código seguido como mínimo por dos pares de coordenadas. Si un elemento es poligonal tendrá una estructura definida por -al menos- cuatro pares de coordenadas (pues el primero se repite también al final para abrir y cerrar el polígono).

La ventaja fundamental de esta estructura es su simplitud; además está muy extendida. No obstante, presenta algunas limitaciones, pues si algún elemento se superpone duplica la información (no establece relaciones entre objetos ni identifica coordenadas repetidas para incluirlas una sola vez). Ante esto, otras estructuras buscan minimizar el tamaño de los archivos y evitar redundancias.

 **Diccionario de vértices.** Esta estructura tiene dos ficheros de datos:
(1) una relación de vértices en la que constan sus coordenadas x,y;
(2) un fichero que especifica los vértices que definen cada objeto.

Esta estructura resuelve los problemas de repetición de las coordenadas de los puntos que aparecían en la estructura de lista de coordenadas: las coordenadas de cada vértice se expresan sólo una vez (en el fichero de relación de vértices). Sin embargo, sigue sin registrar la topología.

Figura 8. Esquema de estructuras vectoriales sin topología



b) Estructuras vectoriales con topología: Arco-Nodo

A pesar de ser la estructura vectorial más avanzada de las presentadas, se aportan sólo algunas características generales, ya que este curso se centra fundamentalmente en el modelo de datos raster.

La **estructura vectorial arco-nodo** es una estructura topológica muy extendida. Los conceptos elementales de la estructura son:

- Arco es una sucesión de líneas o segmentos que comienza en un nodo y termina en otro.
- Nodo se marca donde se produce la intersección entre líneas o donde termina una línea.

La estructura topológica arco-nodo se organiza en 3 tablas de topología:

- Topología de polígonos: tabla que incluye el identificador de objeto y los arcos que los definen.
- Topología de los nodos: indica el identificador de nodo y los arcos que comparten un mismo nodo.
- Topología de arcos: señala el código de cada arco, su nodo origen y destino, así como los objetos a izquierda y derecha del arco.

Finalmente se incorpora una tabla de coordenadas de arcos en la que se registran las coordenadas de los puntos que definen los arcos empezando por nodo origen, después vértices intermedios y terminando con el nodo final.

De este modo, gracias a la topología muchas de las operaciones de análisis espacial pueden ser realizadas si recurrir a la geometría, lo que supone un importante ahorro de tiempo. Como limitación se puede plantear que las coordenadas de los nodos se representan más de una sola vez.

Bloque 5. Principales fuentes de datos espaciales y formatos de archivos

Los SIG son altamente demandantes de datos en soporte digital. Estos datos pueden obtenerse a partir de fuentes muy variadas –teledetección, GPS, digitalización, etc.– lo que contribuye a que los tipos de archivos generados sean asimismo diversos. Incluso, datos procedentes de una misma fuente pueden presentar tipos de archivos distintos.

"La existencia de muchos formatos de archivo dificulta el trabajo con los datos en un SIG, principalmente porque ningún SIG implementa la capacidad de poder leer todos los formatos existentes. La interoperabilidad y la comunicación entre distintos SIG, o incluso entre un SIG y otras aplicaciones (bases de datos, aplicaciones para manejo de imágenes, aplicaciones CAD) no es completa, y el aprovechamiento de todos los datos disponibles dentro de un proyecto requiere normalmente

tiempo para la gestión adecuada de datos en formatos variados" (Olaya, 2020: 137)

5.1. Archivos raster

En los archivos raster se pueden incluir también los que corresponden a las imágenes, entre los cuales los SIG manejan frecuentemente formatos como:

- TIFF (Tagged Image File Format) – Formato frecuente para documentos escaneados y válido tanto para imágenes como en formato SIG (variante Geotiff).
- JPG (Joint Photographic Experts Group) – Formato comprimido válido para archivos de imagen pero no como formato SIG.
- ECW (Enhanced CompressionWavelet) – Formato abierto adecuado para imágenes grandes (en disco) al incorporar descompresión selectiva por zonas.
- MrSID (Multiresolution Seamless Image Database) – Formato cerrado de características similares a ECW.

Otros tipos de archivos ampliamente extendidos son los archivos ASCII (American Standard Code for Information Interchange) de extensión ".asc". La mayor parte de estos archivos son leídos por los distintos programas SIG, tanto libres como comerciales.

5.2. Archivos vectoriales

Entre los archivos vectoriales destaca especialmente el archivo Shapefile (shp) de ESRI que funciona como uno de los estándares de diferentes programas SIG, tanto comerciales como libres. Está integrado por diferentes ficheros que almacenan geometría (shp), atributos (dbf), índices (shx), etc. También son habituales las geodatabases de Esri o los geopackage de QGIS. Hay que precisar que gvSIG no lee geodatabases ni geopackage.

5.3. Tablas

Las estructuras para archivos tabulares más frecuentes en entorno SIG son: txt, csv, dbf y xlsx. Hay que precisar que gvSIG sólo lee tablas en formato csv y dbf.

6. Bibliografía

BOSQUE SENDRA, J. (1992): Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Rialp.

CEBRIÁN, J.A. (1992): Información geográfica y Sistemas de Información Geográfica Santander, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.

GONZÁLEZ AGUAYO, R.: Diccionario de términos SIG. En formato pdf.

GUTIÉRREZ PUEBLA, J. y GOULD, M. (1994): SIG: Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Síntesis.

LAURINI, R. y THOMSON, D. (1992): Fundamentals of Spatial Information Systems. Academic, Press.

LONGLEY, P., GOODCHILD M.F., MAGUIRRE, D.J., RHIND, D.W. (2011): Geographic Information Systems and Science (3rd Edition). Chichester: John Wiley & Sons, cop. 2011.

MORENO JIMÉNEZ, A. (1999): Población y espacio en la Comunidad de Madrid. Análisis y aplicaciones a nivel microgeográfico. Consejería de Hacienda. Madrid

OLAYA, V. (2020): Sistemas de Información Geográfica. En: <http://volaya.github.io/libro-sig/>

SHERMAN, Gary E. (2008): Desktop GIS: Mapping the planet with open source tools. The Pragmatic Bookshelf.

TOBLER, W.R. (1959): "Automation and Cartography". Geographical Review, págs. 526-534.