

Componente espacial. Representación de elementos espaciales. Estructuras de datos espaciales.

Introducción

Tal como ya hemos en los módulos anteriores, los datos (sean estos geográficos o no) son una parte fundamental de los Sistemas de Información Geográfica. **Ningún software GIS (y ningún profesional GIS) puede realizar tarea alguna sino cuenta con datos e información necesaria para realizar las tareas cotidianas:** representación cartográfica, consultas espaciales, consultas temáticas, análisis espaciales, etc.

En el módulo 2 vimos la visión de los Sistemas de Referencia desde los Sistemas de Información Geográfica; como ya comentamos los sistemas de referencia permiten interpretar la información espacial como información geográfica. En este módulo vamos a profundizar en lo referente a la componente espacial (en nuestro caso, geográfica), partiendo de la base que debemos conocer el área geográfica que estudiamos en un SIG (es decir, tener los datos sobre ella), para así poder realizar adelante las tareas básicas.

Muchas veces, **convertir la información espacial y temática de una zona geográfica es una tarea bastante complicada;** ya desde el comienzo de los SIG, una de las tareas fundamentales es determinar la forma en que se representa la información (existente o a generar) para que – utilizando las herramientas SIG – estemos en condiciones de almacenar y analizar la información geográfica.

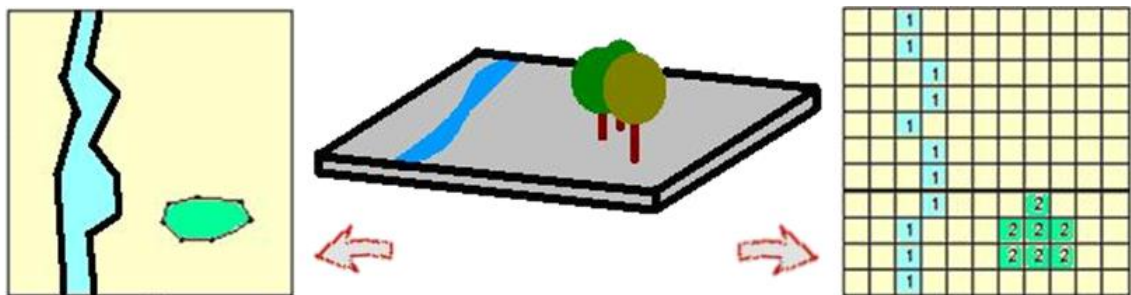
Veremos también algunos de los principales enfoques teóricos que nos permitirán modelar la realidad (desde una visión absoluta), a través de un conjunto de variables, de forma de poder tener un modelo de representación y almacenamiento que corresponda a los objetos geográficos que participan en las tareas SIG.



El desafío: representar de la mejor manera posible la información que podemos extraer de una zona geográfica, de tal modo que sea posible ser almacenada y analizada en un SIG.

Resumiendo: en este módulo estudiaremos lo que implica **la construcción de un modelo (el dato geográfico)**, que representa la realidad y puede servir para conocer esta en profundidad a través de análisis que no se llevan a cabo sobre dicha realidad, sino sobre el modelo en sí.

El problema principal reside en el hecho de que **el detalle real que encontramos en la naturaleza es prácticamente infinito**, mientras que **la representación y almacenamiento de esa realidad es finito**.



Definiciones de “Mapas”. Clasificación.

Tradicionalmente, el cartógrafo es un especialista en la comunicación gráfica, que utiliza la elaboración de mapas como herramienta principal. La cartografía existe como un área del dibujo aplicado, porque **las palabras han demostrado no ser adecuadas para la descripción de relaciones especiales complejas**.

La función fundamental de la elaboración de mapas es **proporcionar información exacta, clara y sin ambigüedades sobre la existencia de diversos fenómenos terrestres**, sean estos sobre la superficie, en el subsuelo o sobre el suelo.

Un mapa bien confeccionado es un instrumento cuidadosamente diseñado para **registrar, analizar y representar los factores interrelacionados del área en la verdadera relación entre ellas**.

Podemos entender a los mapas como una representación gráfica, es decir, **un documento en el que se representan mediante signos, símbolos gráficos y colores, toda una serie de datos que previamente se han recabado, analizado, depurado y sintetizado**. Este documento puede ser impreso (mapa papel) o no (mapa en software SIG).

La estructura natural de los mapas permite **almacenar grandes cantidades de datos de manera de facilitar y permitir el análisis de la estructura espacial** de la información en él contenida.

Veamos algunas definiciones clásicas de los mapas:

- **“Representación gráfica de relaciones y formas espaciales.”**
- **“Representación de una parte de la superficie terrestre en un plano.”**
- **“Representación en tamaño menor y en una superficie plana de la totalidad o parte de la superficie de la Tierra.”**
- **“Representación bidimensional de parte o la totalidad de la superficie terrestre, en un sistema de proyección y con una escala específica.”**

Los aspectos de un mapa son similares a los ya mencionados sobre la información geográfica, es decir, la **componente espacial** en sus dos elementos: geometría-topología; y la **componente temática** (atributos temáticos que se le pueden asociar a una variable).

Es muy importante que el contenido del mapa sea ensamblado de una manera lógica y obvia para que el usuario pueda comprender fácilmente la información que se está mostrando.

Veremos algunas clasificaciones tradicionales de los mapas.



Clasificación según la Escala

Según los objetivos perseguidos, el presupuesto disponible, el tiempo que insume la confección, de la complejidad de la zona y de los antecedentes cartográficos previos, se pueden confeccionar mapas a distintas escalas. Esta clasificación es:

- **Escalas pequeñas** (1:5.000.000 a 1:250.000): Tienen fines de reconocimiento, información preliminar, para estudios generales o didácticos; uno de los objetivos es la definición de áreas de interés para estudios más profundos. Son mapas de síntesis. Muy baja densidad de observaciones. Representan países, estados, regiones o provincias.
- **Escalas medias** (1:100.000 a 1:50.000): En general son mapas semi-detallados. Con baja o media densidad de observaciones. Aportan ya importantes datos sobre los suelos y sus relaciones con los factores formadores. Pueden servir de base para elaborar otros mapas interpretativos (de propiedades y temáticos).
- **Escalas grandes** (1:25.000 a 1:10.000): Mapas detallados. Estudios a nivel de parcelas. Necesitan de una muy alta densidad de observaciones, con constantes controles de campo (itinerarios muy próximos). Son mapas elaborados con fines prácticos, para evaluaciones de capacidades de uso y para ordenaciones del territorio.



Identifique mapas nacionales para cada de las opciones de la clasificación anterior.

Clasificación por sus objetivos

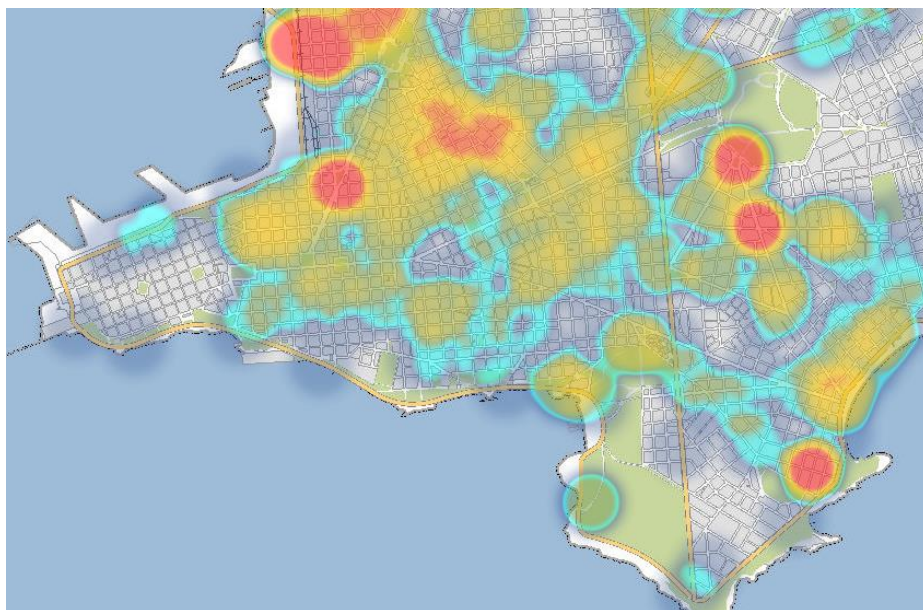
Otra clasificación es a partir de la información que se representa en el mapa. Dentro de esta categoría encontramos:

- **Mapas de Base:** Los mapas base recopilan los datos clave para **ofrecer una base reutilizable para diversos mapas**. Los mapas base proporcionan una base o un “lienzo” para un trabajo en particular. Pueden ser de finalidad general, (como los mapas base topográficos, de imágenes o callejeros), o bien centrarse en un tema en concreto, (como los mapas base hidrológicos o geológicos). Es posible dibujar cualquier dato sobre un mapa base. **El mapa base proporciona un contexto geográfico y detalles de referencia a partir de información geográfica amplia, extensa, variada y simultánea.**



- **Mapas temático;** Por el contrario, estos mapas **muestran información espacial para indicar la ubicación y la distribución de fenómenos específicos**. Estos mapas pueden mostrar solo una capa temática de datos o bien agrupar varias capas para resaltar patrones y las relaciones entre ellos. Los mapas temáticos generalmente van acompañados de cuadros, tablas, imágenes, atributos, información fotográfica sobre las entidades.



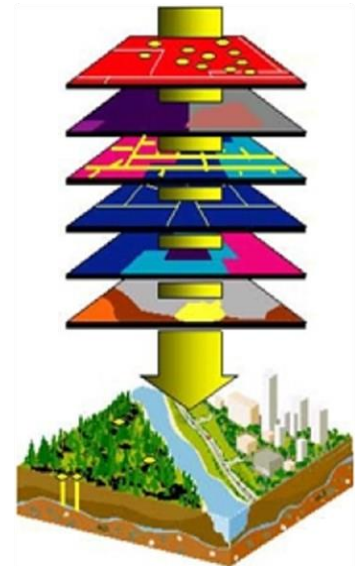


Los mapas temáticos se componen de dos elementos principales: **el mapa de base (fondo), y la información específica que se presenta.**

El mapa de base se prepara utilizando directa o indirectamente la información tomada de mapas generales o de referencia. La información de base adicional y los datos temáticos se derivan del trabajo de campo, análisis de imágenes, estudios científicos, estadísticas publicadas o de mapas existentes. Esta se dibuja sobre el mapa de base utilizando las técnicas cartográficas apropiadas. Normalmente la creación de un mapa temático implica un **proceso de recopilación, que incluye la recogida y manipulación de datos de diversas fuentes, para elaborar un nuevo producto.**

Definición de “capas temáticas”

Entendemos como capa temática (o layer) al **“conjunto de elementos geográficos lógicamente relacionados y sus atributos temáticos”**. (Aronoff, 1989).



Las capas temáticas corresponden a una colección de **un conjunto de datos geográficos en cualquier entorno de mapa digital**.

En otras palabras, una capa es un **estrato de la realidad geográfica en un área en particular**; equivale a un elemento de leyenda en un mapa de papel.

SIGNOS	CONVENCIONALES
CAMINOS Transitable todo el año Pavimento liso con separador dos o más vías una vía Revestimiento mejorado sin pavimentar Transitable en tiempo seco Sin pavimentar Senda vehicular a campo traviesa Señales de rutas principal, secundaria	Casa aislada, edificio que excede de 25 x 25 metros, depósito Escuela, iglesia, hospital, policía Cementerio, plaza de deportes PUNTOS DE CONTROL Vértice geodésico, punto de apoyo, punto fijo Puntos acotados (identificados, no identificados)
FERROCARRILES Vía normal, vía doble Estación, parada, placa giratoria Paso a nivel, paso sobre nivel	ELEMENTOS HIPSOGRÁFICOS Curva maestra, simple, suplementaria, aproximada Desmonte, relleno o terraplén, depresión o barranca Arena, afloraciones rocosas
LÍMITES Internacional, departamental	VEGETACIÓN Monte natural, artificial, frutal Viñedo, chacra o quinta, palmar Chical, pajonal, pinar
OBRAS PÚBLICAS, INDUSTRIALES Y ESPECIALES Tanque, depósito de agua, mina o cantera Escollera, escollera con más de 15 m. de ancho Muelle, muelle con más de 20 m. de ancho Faro, molino Aeropuerto, aeródromo, pista de campo	ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS Lago o laguna permanente Curso de agua con más de 50 m. de ancho Curso permanente, intermitente Canal, tajamar Bajado, arrozal, zona inundable Fondeadero para embarcaciones grandes, pequeñas
COMUNICACIONES Y ELEMENTOS MISCELÁNEOS Puente de mampostería, madera, ferroviario Paso, picada, alcantarilla Línea transmisora de energía Alambrado, cerco de piedra	CENTROS POBLADOS Capital departamental Ciudad de más de 10.000 hab. Población de 2.500 a 10.000 hab.; de 500 a 2.500 hab. Población de 40 a 100 constr.; centro poblado de 6 a 40 constr.

Cada uno de los signos convencionales de la leyenda anterior puede ser asociado a una capa temática.

Todos los fenómenos, procesos y elementos del mundo real, pueden ser representados en las capas o estratos por los siguientes objetos espaciales que lo definen:

- **Puntos:** elementos del mundo real que se asocian a una sola localización (pozo, torre, núcleo urbano, etc.)

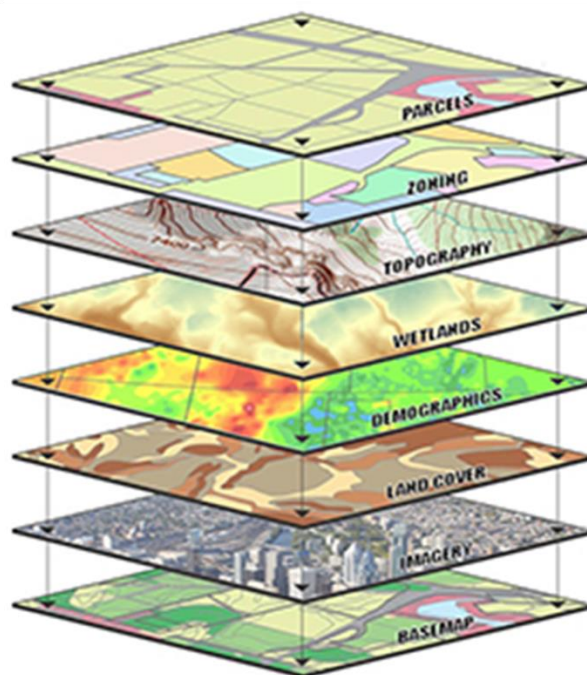
- **Líneas** (arcos): elementos que requieren de una secuencia de coordenadas espaciales. Ej. camino, línea de alta tensión, etc.
- **Áreas** (polígonos): elementos que son representados por una secuencia de coordenadas que se encierran en un punto. Ej. : zonas urbanas, provincia, etc.
- **Celdas** (píxeles): elementos que representan un valor temático asociado. La estructuración de la información del mundo real en capas mediante los objetos espaciales, brinda la posibilidad de obtener información acerca de su:

Otras definiciones, que deberemos tener en cuenta, son:

- Una capa temática corresponde a **un conjunto de datos geográficos en cualquier entorno de mapa digital.**
- **Estrato de la realidad geográfica en un área en particular;** como ya dijimos, equivale a un elemento de leyenda en un mapa de papel.
- **Capa temática de información y estructura de almacenamiento de datos en un SIG.**
- **Separación lógica de la información espacial de un mapa, de acuerdo a un tema determinado.** Cada capa de información puede usarse para almacenar un tema.
- **Conjunto lógico de elementos temáticos descritos y almacenados en una biblioteca.** Las capas de información organizan la biblioteca según temas y se extienden sobre toda el área geográfica definida por el índice espacial de la librería.



- Vectorial
 - Grilla Internacional
 -
 - Grilla UTM
 -
 - Partidos de Buenos Aires
 -
 - Departamentos de Uruguay
 -
- Países
 - +
- Raster
 - Imagen10000
 - +
 - Imagen25000
 - +
 - Imagen50000
 - +
 - Imagen2000000
 - +
 - Imagen5000000
 - +
 - Imagen10000000
 - +
 - ImagenUruguay
 - +



Tipos de Modelo

Como ya comentamos, uno de los objetivos de este módulo es comprender que **el detalle real que encontramos en la naturaleza es prácticamente infinito, mientras que la representación y almacenamiento de esa realidad es finito.**

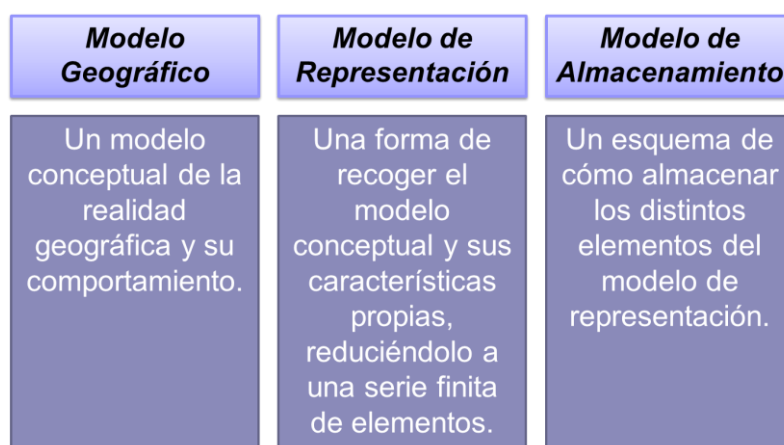
Por lo tanto, se vuelve necesario extraer una serie de elementos y valores característicos de cada uno de ellos, los cuales en última instancia se recogerán como valores dentro del SIG, y podrán interpretarse como parte del modelo que construiremos.

Veremos las tres etapas que nos conduce de la realidad hasta ese conjunto de simples valores numéricos. Estas tres etapas constan de establecer tres modelos:

- El **Modelo geográfico**: definir un modelo conceptual de la realidad geográfica y su comportamiento.
- El **Modelo de representación**: determinar una forma de recoger el anterior modelo conceptual y sus características propias, reduciéndolo a una serie finita de elementos.

- El **Modelo de almacenamiento**: seleccionar un esquema de cómo almacenar los distintos elementos del modelo de representación.

Estos tres modelos lo recogemos en el siguiente diagrama:



Veremos a continuación cada uno de los modelos en forma aislada.

Modelos geográficos

Este primer paso hacia la creación del dato geográfico **implica el establecimiento de un modelo conceptual relativo a cómo se ha de interpretar la realidad geográfica.**

Se trata de conceptualizar el espacio estudiado, la variable tratada y la variación de esta a lo largo del espacio.

Este modelo geográfico es un **esquema mental que constituye una forma particular de entender el hecho geográfico** en sí, pero que todavía no incorpora elementos relativos a su representación o almacenamiento.

Para esta etapa del modelado debemos nutrirnos de la experiencia de un especialista en la variable sobre la cual vamos a centrar nuestro estudio.

A modo de ejemplo, para modelar un problema geológico trabajar conjuntamente con un especialista en este tema, en particular, un Licenciado en Geología. Es éste el que tiene la capacidad de generar conocimiento para comprender los procesos naturales a fin de prever y satisfacer la demanda creciente de recursos minerales y agua, evitar/ mitigar catástrofes y participar activa e interdisciplinariamente en la gestión y conservación del medio ambiente. Nuestro papel será el de revelar

aquellos elementos de la geología que son necesarios para los alcances de un proyecto de esta naturaleza.

Otro ejemplo, a la hora de implementar un GIS con fines Catastrales, se deberá recurrir a un especialista en estos temas, es decir, un Ingeniero Agrimensor.



El objeto del modelado geográfico es obtener una concepción particular del espacio geográfico y sus atributos.

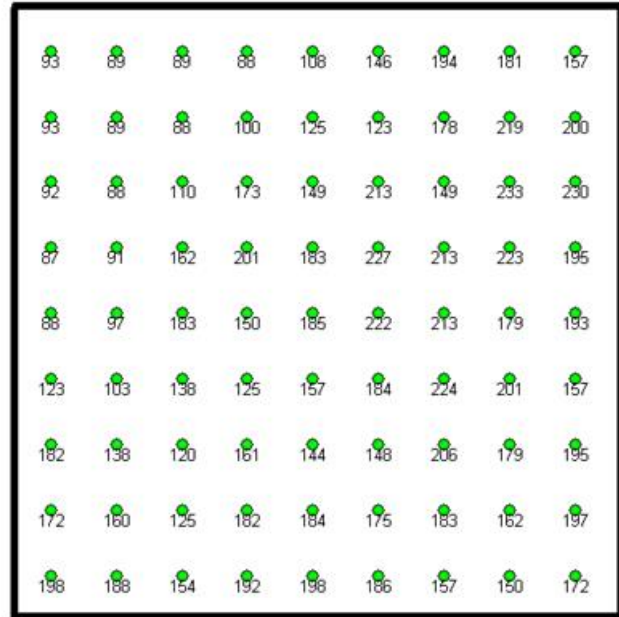
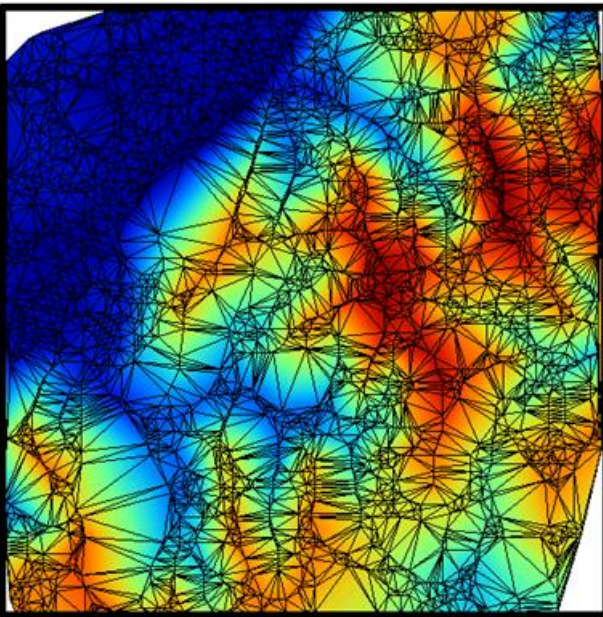
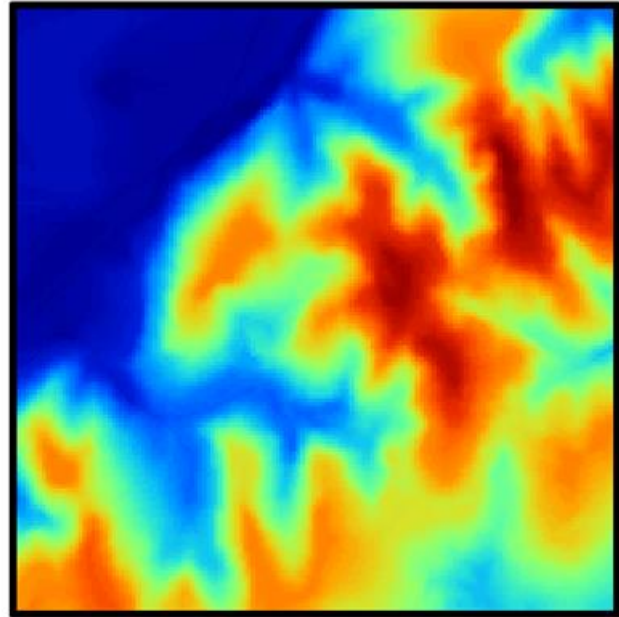
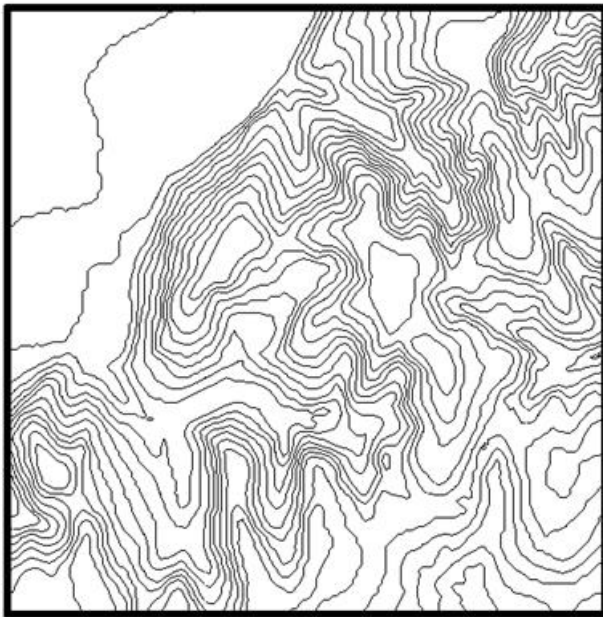
Modelos de representación

Los modelos geográficos nos ofrecen una concepción particular del espacio geográfico y sus atributos. A partir de ellos generamos los Modelos de representación (o Modelo de datos, otra forma de llamarlo); donde **se reducen las propiedades de dichos modelos a un conjunto finito de elementos, de tal modo que el registro de dichos elementos sirva para almacenar la realidad que los modelos geográficos describen.**

Antes de entrar a describir los distintos modelos de representación, veamos algunos ejemplos que nos presentarán casos particulares de estos modelos, aclarando sus diferencias antes de proceder a una definición más detallada.

Veamos un ejemplo: a continuación presentamos algunas formas de representar la **elevación de una zona** (como ya sabemos, es una **variable continua** y puede concebirse mediante un **campo escalar**).





Detallamos cada uno de ellas:

- **Curvas de nivel.** La representación clásica empleada tradicionalmente en los mapas de papel. Se recoge la elevación en una serie de curvas, que marcan los puntos en los que dicha elevación es múltiplo de una cierta cantidad (la equidistancia).
- **Una malla de celdas regulares,** en cada una de las cuales se dispone un valor, que corresponde a las características de la zona ocupada por dicha celda. En este caso, cada celda tiene un valor

de altura propio, que al convertirse en un color mediante el uso de una escala de colores, da lugar a la imagen mostrada.

- **Puntos regulares.** Una serie de puntos regularmente espaciados. Existe información de la elevación solo en dichos puntos. La información se muestra como etiqueta asociada a cada punto.
- **Red de Triángulos Irregulares.** Una Red de Triángulos Irregulares (TIN en sus siglas inglesas, de *Triangulated Irregular Network*), es una estructura en la cual se toman los puntos más característicos del relieve y en base a ellos se construye una teselación en triángulos con unas condiciones particulares. Cada uno de los triángulos posee unas propiedades comunes en cuanto a su relieve. Veremos más adelante en detalle este tipo de estructuras. Por el momento, basta recordar que los elementos básicos de esta forma de representación son triángulos.

Veamos otro ejemplo: una red vial se adapta mejor a un modelo de entidades discretas.



Para el caso de las vías encontramos dos representaciones distintas:

- Una **mallá de celdas**. Las celdas de vía tienen un valor (representado aquí en azul) distinto de las que se encuentran fuera de la vía (con valor representado aquí en blanco)
- Un **conjunto de líneas** representando los trazados de las vías.

En las próximas secciones veremos los principales modelos de representación: **modelo ráster** (mallá de celdas) y **modelo vectorial**.

Último eslabón en la cadena de etapas distintas que llevan desde la realidad existente al conjunto de simples valores numéricos que almacenamos y manejamos en un SIG y que modelizan dicha realidad.

Los modelos de representación definen una forma de recoger la realidad mediante unidades básicas (sean estas celdas en una malla, o bien primitivas geométricas definidas de una u otra manera), mientras que los modelos de almacenamiento **plantean básicamente un esquema de cómo convertir dichas unidades en valores numéricos de la forma más eficiente.**

Es decir, cómo *escribir* dichos valores en un soporte digital o guardarlos en la memoria del ordenador de la mejor manera posible.

Los modelos de almacenamiento deben atender principalmente a dos necesidades básicas, que son las que definirán su idoneidad para cada tarea y tipo de dato:

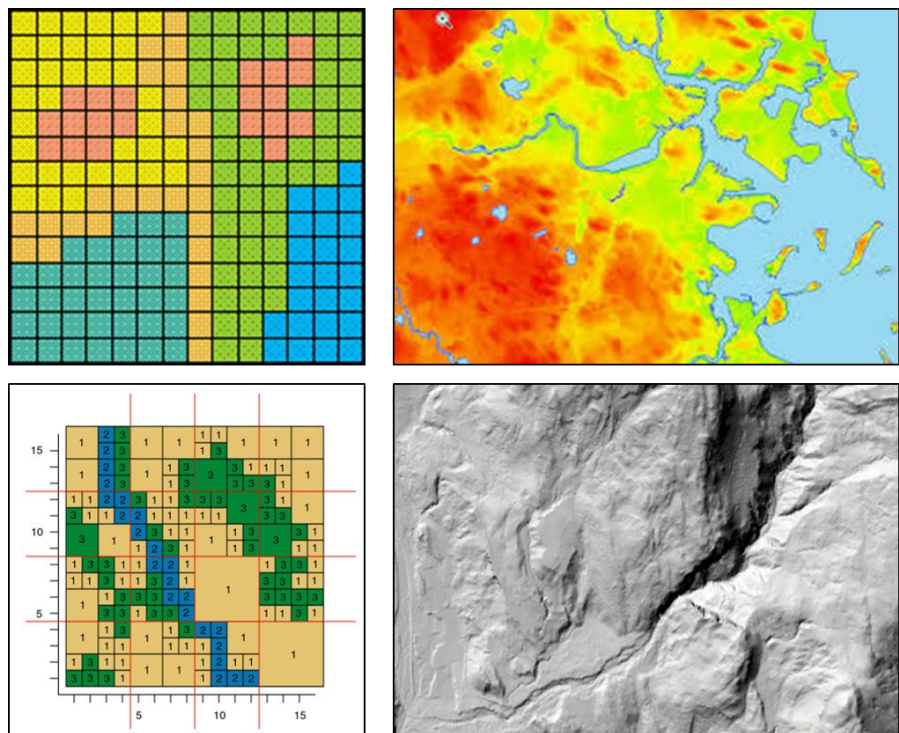
- **Minimizar el espacio ocupado por los datos.**
- **Maximizar la eficiencia de cálculo.**

La primera necesidad es especialmente importante, a modo de ejemplo los datos ráster son con frecuencia muy voluminosos.

Un modelo de representación que minimice el tamaño de los datos, unido a un manejo óptimo de memoria, son requisitos de suma importancia para todo SIG que maneje datos ráster, máxime considerando los grandes volúmenes de datos que hoy en día se manejan, tales como los correspondientes a imágenes de alta resolución.

La necesidad de maximizar la eficiencia de cálculo afecta principalmente a las representaciones vectoriales ya que en ellas las operaciones son complejas. La forma en que se estructuran los valores de cada entidad ha de minimizar el número de accesos necesarios a estos, para de este modo obtener un mejor rendimiento en todas las operaciones de análisis.

¿Qué son los datos ráster?



Unas secciones atrás presentamos los modelos de representación. Una de las primeras maneras de representar la información geográfica es a partir del modelo de datos ráster.

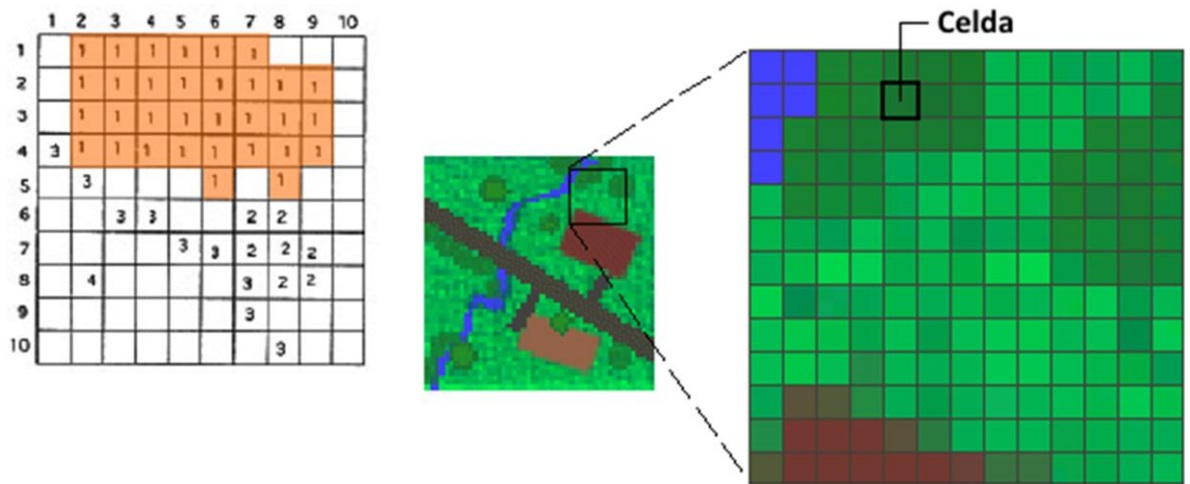
En su forma más simple, un ráster **consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información**, como la temperatura.

Según el autor Víctor Olaya: **En el modelo ráster, la zona de estudio se divide de forma sistemática en una serie de unidades mínimas (denominadas habitualmente celdas), y para cada una de estas se recoge la información pertinente que la describe.**

Los datos rasters son: *fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales, o incluso mapas escaneados.*

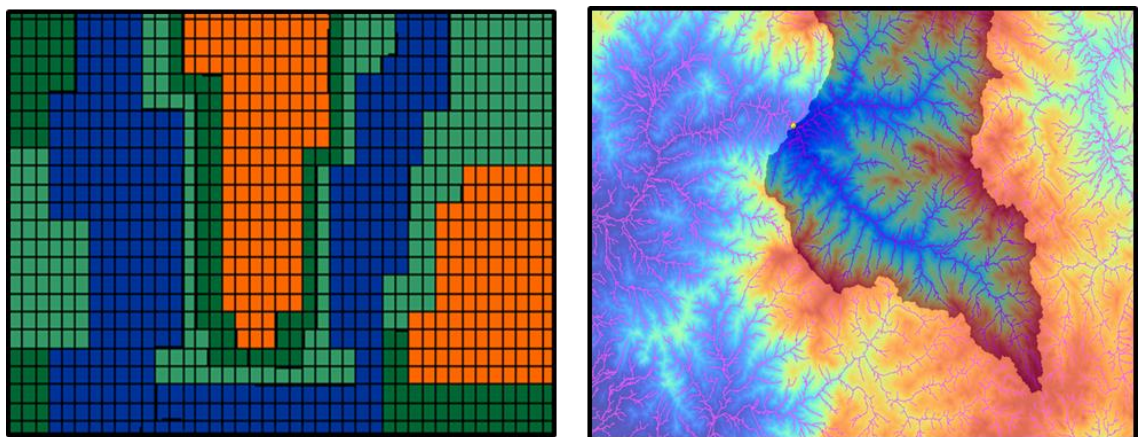
El modelo ráster **centra en las propiedades del espacio en sí**: celdas de igual valor tienen la misma propiedad.

La ubicación de los objetos viene dada por la ubicación de los píxeles en la matriz de la imagen, identificados por una línea y una columna.



Aunque la matriz de píxeles (celdas) puede contener datos sobre varias variables, lo habitual es que se almacene una única variable. Es decir: que se tenga un único valor para cada una de las celdas.

Las propiedades temáticas están vinculadas al valor que asume el píxel.

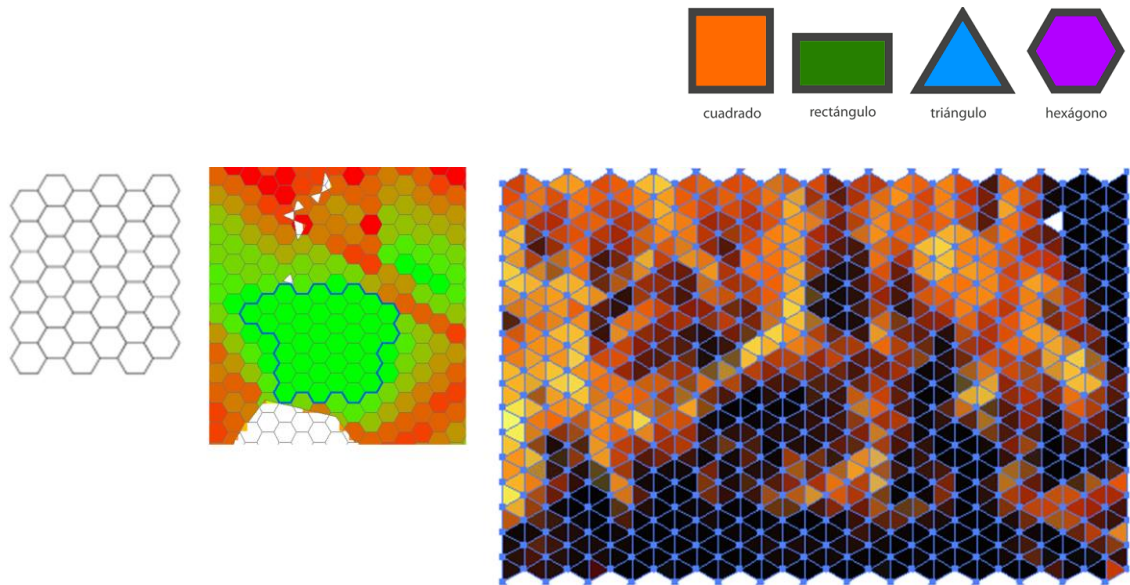


Los datos almacenados en formato ráster representan fenómenos del mundo real:

- Los **datos temáticos** (también conocidos como discretos) representan entidades como datos de la tierra o de uso de la tierra.
- Los **datos continuos** representan fenómenos como la temperatura, la elevación o datos espectrales, entre ellos imágenes satelitales y fotografías aéreas.
- Las imágenes incluyen mapas escaneados o dibujos y fotografías de edificios.

Como unidad mínima (celda o píxel) de los ráster pueden tomarse elementos de diversas formas. **La más habitual es mediante unidades de**

forma cuadrada, aunque también pueden ser formas rectangulares, o incluso triangulares o hexagonales.

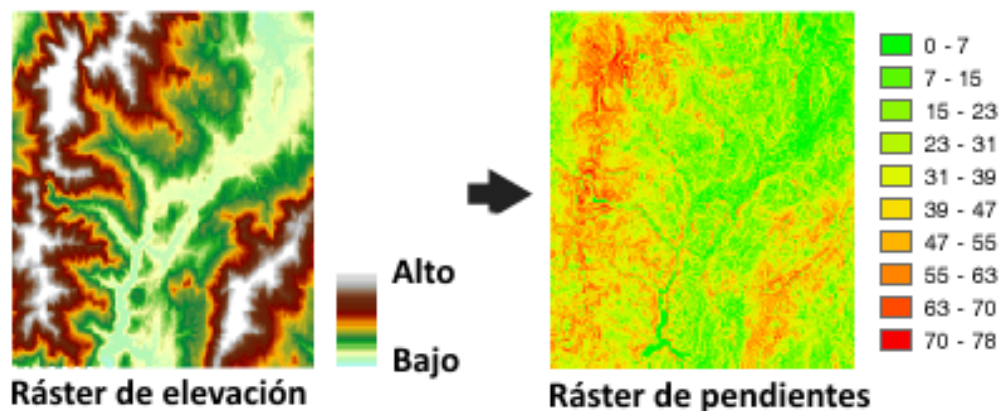


Las implementaciones de otros modelos son de uso muy reducido y en aplicaciones muy específicas. En general no están orientadas al uso general ni disponibles de forma accesible al usuario común.



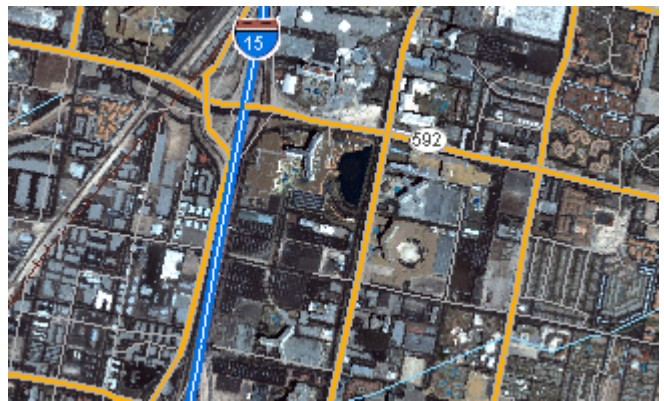
En este curso los modelos rásters van a ser con píxeles rectangulares.

Los rásters temáticos y continuos se pueden visualizar en el mapa en forma de capas de datos junto con otros datos geográficos, pero a menudo se utilizan como datos de origen para el análisis espacial.



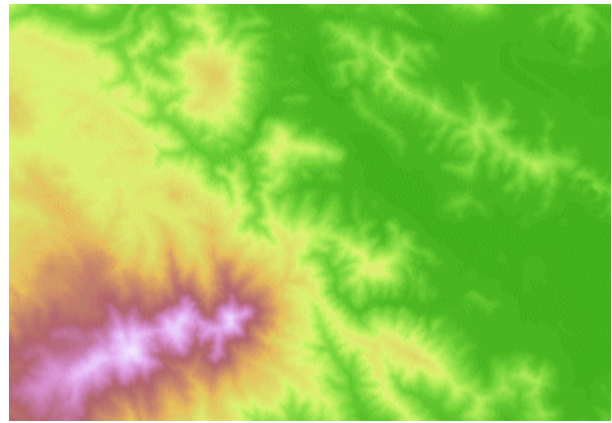
Si bien la estructura de datos ráster es simple, es excepcionalmente útil para una amplia variedad de aplicaciones. En un SIG, los usos de los datos ráster se pueden dividir en cuatro categorías principales:

- **Rásters en forma de mapas base:** Un uso común de los datos ráster en un SIG es en forma de visualización de fondo para otras capas de entidades. Por ejemplo, las ortofotografías que se visualizan debajo de otras capas ofrecen al usuario de mapas la garantía de que las capas de mapa se alinean espacialmente y representan tanto objetos reales como información adicional. Las tres fuentes principales de mapas base ráster son las ortofotografías de fotografías aéreas, imágenes de satélite y mapas escaneados.

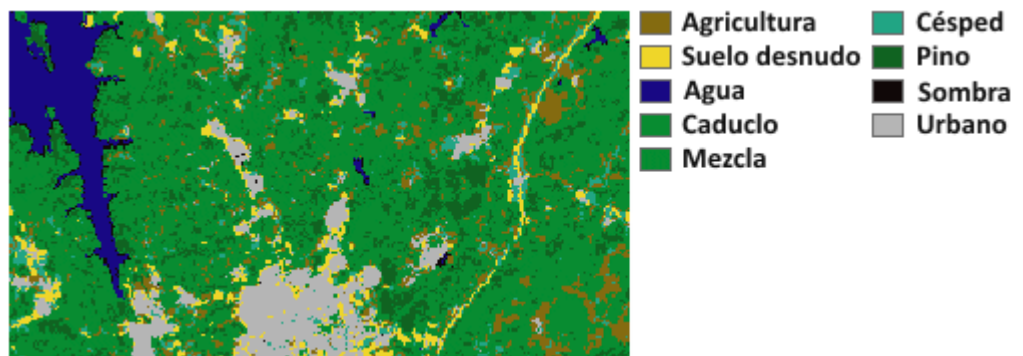


Rásters en forma de mapas de superficie: Los rásters son apropiados para representar datos que cambian continuamente en un entorno (superficie). Ofrecen un método efectivo para almacenar la continuidad en forma de superficie. También proporcionan una representación de superficies con espacios regulares. Los valores de elevación que se miden desde la superficie de la Tierra son la aplicación más común de los mapas de superficie, pero otros valores, como las precipitaciones, la temperatura, la concentración y la densidad de población, también pueden definir superficies que se pueden analizar espacialmente. En el siguiente ráster se visualiza la elevación: se utiliza el color verde para mostrar una elevación menor y celdas de color rojo, rosa y blanco para mostrar elevaciones mayores.





- Rásters en forma de mapas temáticos:** Los rásters que representan datos temáticos se pueden derivar al analizar otros datos. Una aplicación de análisis común consiste en clasificar una imagen de satélite por categorías de cobertura de suelo. Básicamente, esta actividad agrupa los valores de datos multiespectrales en clases (como tipo de vegetación) y asigna un valor categórico. También es posible obtener mapas temáticos a partir de operaciones de geo-procesamiento que combinen datos de varias fuentes como, por ejemplo, datos vectoriales, ráster y de terreno. Por ejemplo, puede procesar datos por medio de un modelo de geo-procesamiento para crear un set de datos ráster apropiado para una actividad específica. A continuación encontrará un ejemplo de set de datos ráster clasificado en el que se muestra el uso del suelo.



- Rásters en forma de atributos de una entidad:** Los rásters utilizados como atributos de una entidad pueden ser fotografías digitales, documentos escaneados o dibujos escaneados relacionados con un objeto o ubicación geográfica. Una capa de parcela podría tener documentos legales escaneados que

identifiquen la transacción más reciente de dicha parcela, o una capa que represente las entradas a una cueva que podría incluir imágenes de las entradas reales a las cuevas asociadas a las entidades de puntos. A continuación encontrará una imagen digital de un viejo árbol de gran tamaño, que podría utilizarse como atributo de una capa de paisaje que puede mantener una ciudad.



¿Por qué usar el formato ráster?

En ocasiones no contará con la opción de almacenar los datos en forma de ráster, ya que, por ejemplo, las imágenes solo se encuentran disponibles en forma de ráster. No obstante, existen otras muchas entidades (como de puntos) y mediciones (como de precipitaciones) que se podrían almacenar ya sea en forma de ráster o de tipo de datos de entidad (vector).

Las ventajas de almacenar los datos en forma de ráster son las siguientes:

- Estructura de datos simple: matriz de celdas con valores que representan una coordenada y que, en ocasiones, se encuentra vinculada a una tabla de atributos.
- Formato potente para análisis espacial y estadístico avanzado.
- Capacidad de representar superficies continuas y llevar a cabo análisis de superficie.
- Capacidad de almacenar puntos, líneas, polígonos y superficies de manera uniforme.
- Capacidad de llevar a cabo superposiciones rápidas con set de datos complejos.

Existen otras consideraciones para almacenar los datos en forma de ráster que podrían convencerle para que utilice una opción de almacenamiento basada en vectores. Por ejemplo:

- Podrían producirse imprecisiones espaciales debido a los límites impuestos por las dimensiones de celda del set de datos ráster.
- Los sets de datos ráster son potencialmente de gran tamaño. La resolución aumenta a medida que disminuye el tamaño de la celda. Sin embargo, el coste también aumenta en el espacio en disco y en las velocidades de procesamiento. Para un área determinada, el cambio de celdas a la mitad del tamaño actual requerirá cuatro veces más espacio de almacenamiento, dependiendo del tipo de datos y las técnicas de almacenamiento utilizadas.
- Además, se producirá una pérdida de precisión que ocasionará una reestructuración de datos a un límite de celda ráster con espacios regulares.

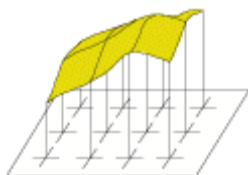
Características generales de datos ráster

En los set de datos ráster, cada celda (también conocida como píxel) posee un valor. Los valores de celda representan el fenómeno descrito por el set de datos ráster, como, por ejemplo, una categoría, magnitud, altura o valor espectral. La categoría podría ser una clase de uso del suelo como, por ejemplo, una pradera, bosque o carretera. Una magnitud podría representar la gravedad, contaminación acústica o porcentaje de precipitaciones. La altura (distancia) podría representar una elevación de superficie por encima del nivel medio del mar, que se utilizaría para obtener propiedades de pendiente, orientación y cuenca hidrográfica. Los valores espectrales se utilizan en las imágenes de satélite y en las fotografías aéreas para representar la reflectancia de la luz y el color.

Los valores de celda pueden ser positivos o negativos, enteros o de punto flotante. Los valores enteros es mejor utilizarlos para representar datos

categoricos (discretos) y los valores de punto flotante para representar superficies continuas.

+	+	+	+
315	319	321	323
+	+	+	+
317	323	328	326
+	+	+	+
313	318	325	323



Los valores aplican al centro de la celda: el valor de la celda representa un valor medido en el centro de la celda. A modo de ejemplo: los Modelos Digitales de Elevación.

50	45	40	35
35	40	35	25
20	25	30	20

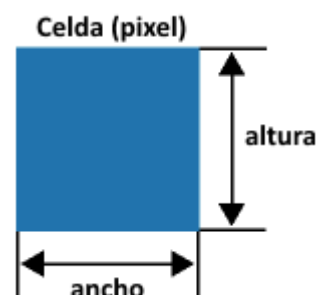


Los valores aplican a toda la celda: el valor representa un muestreo del fenómeno; se presume que el valor representa la totalidad del rectángulo de la celda.

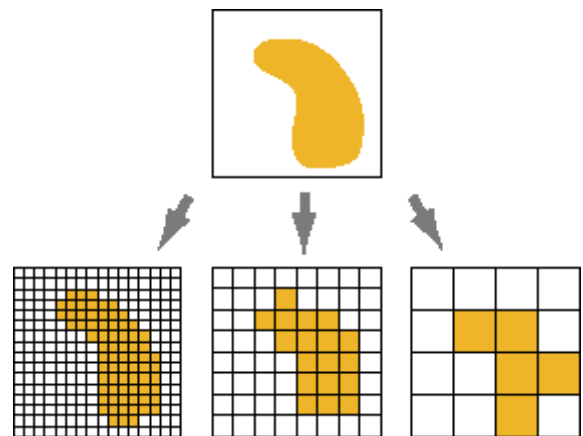
Los rásteres se almacenarán en forma de lista ordenada de valores de celda, como, por ejemplo, 80, 74, 62, 45, 45, 34, etc.

80	74	62	45	45	34	39	56
80	74	74	62	45	34	39	56
74	74	62	62	45	34	39	39
62	62	45	45	34	34	34	39
45	45	45	34	34	30	34	39

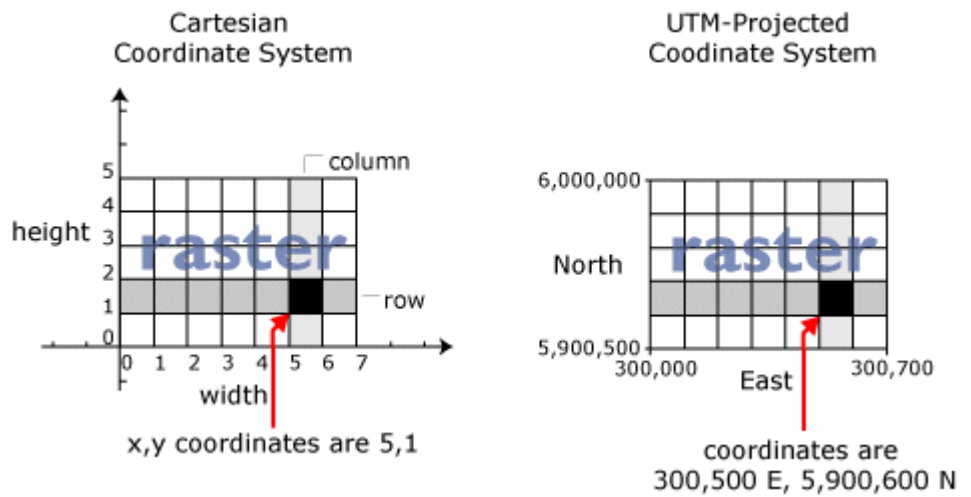
El área (o superficie) representada por cada celda contiene el mismo ancho y altura, y es una parte equivalente a toda la superficie representada por el ráster. Por ejemplo, un ráster que represente la elevación (es decir, modelo digital de elevación) puede cubrir un área de 100 kilómetros cuadrados. En el caso en el que hubiera 100 celdas en este ráster, cada celda representaría 1 kilómetro cuadrado con ancho y altura iguales (es decir, 1 km x 1 km).



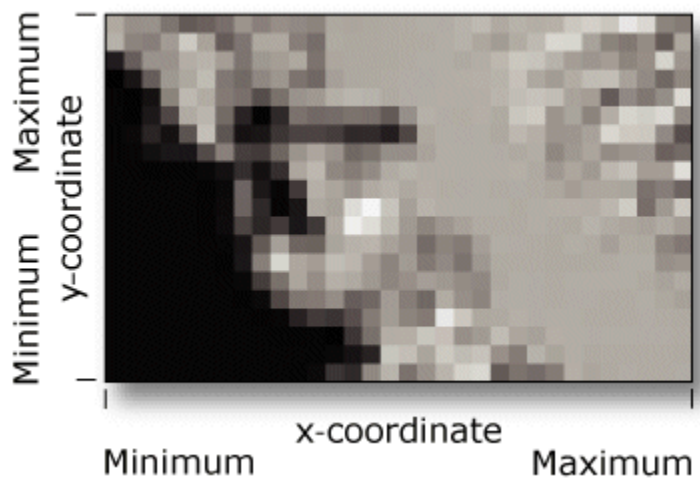
La dimensión de las celdas puede ser tan grande o pequeña como sea necesario para representar la superficie transmitida por el set de datos ráster y las entidades dentro de la superficie, como, por ejemplo, un kilómetro cuadrado, un pie cuadrado o incluso un centímetro cuadrado. El tamaño de celda determina el grosor o la delgadez con la que aparecerán los patrones o las entidades en el ráster. Cuando más pequeño sea el tamaño de celda, más suave o más detallado será el ráster. Sin embargo, cuanto mayor sea el número de celdas, más tiempo tardará en procesar, aumentándose a su vez la demanda de espacio de almacenamiento. Si el tamaño de una celda es demasiado grande, se podría perder información o los patrones sutiles podrían oscurecerse. Por ejemplo, si el tamaño de celda es superior al ancho de una carretera, la carretera podría no existir en el set de datos ráster. En el siguiente diagrama podrá apreciar la forma en la que esta entidad poligonal simple se representará mediante un set de datos ráster en varios tamaños de celda.



La ubicación de cada celda se define por la fila o columna en la que se ubica dentro de la matriz ráster. Esencialmente, la matriz queda representada por un Sistema de coordenadas cartesianas, en las que las filas de la matriz son paralelas al eje x y las columnas al eje y del plano cartesiano. Los valores de fila y columna parten de 0. En el siguiente ejemplo, si el ráster se encuentra en un sistema de coordenadas proyectadas de proyección universal transversal de Mercator (UTM) y posee un tamaño de celda de 100, la ubicación de celda en 5,1 sería 300.500 este, 5.900.600 norte.



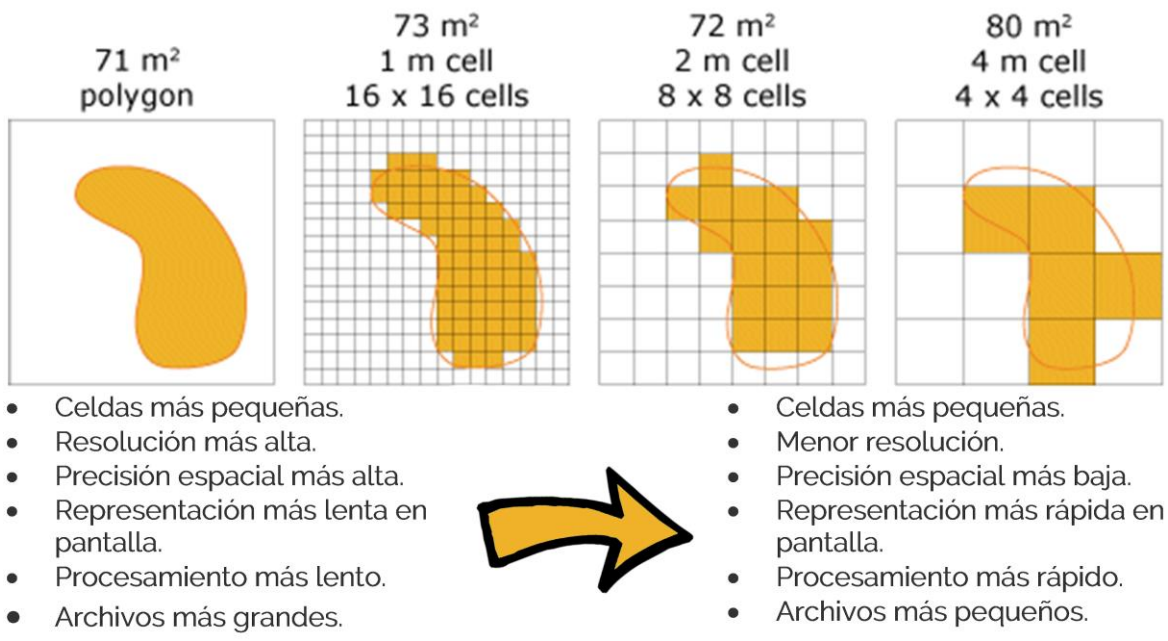
En ocasiones deberá especificar la extensión de un ráster. La extensión queda definida por las coordenadas superior, inferior, izquierda y derecha del área rectangular cubierta por un ráster, tal y como se muestra a continuación:



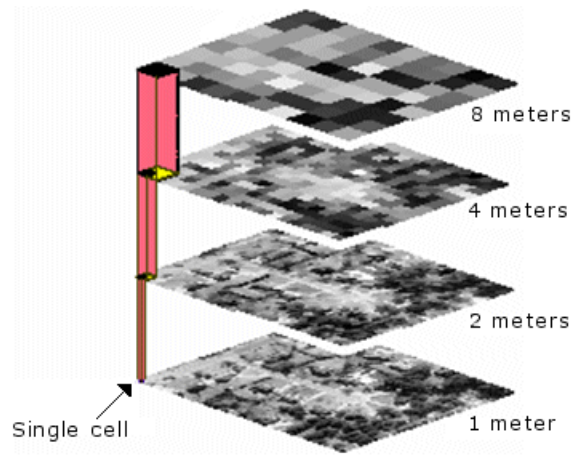
Tamaño de celda de datos ráster

El nivel de detalle (de entidades/fenómenos) que representa un ráster depende, en general, del tamaño de la celda (píxel), o la resolución espacial, del ráster. La celda debe ser lo suficientemente pequeña para capturar el detalle necesario y lo suficientemente grande para realizar el análisis y el almacenamiento del equipo de manera eficiente. Con un ráster de tamaño de celda más pequeño se pueden representar más entidades, entidades más pequeñas o más detalle en la extensión de entidades. Sin embargo, con frecuencia, más no suele ser mejor. Los tamaños de celda más

pequeños en rásters más grandes representan una superficie completa, por lo tanto, se necesita un espacio de almacenamiento mayor, que implica más tiempo de procesamiento.



No siempre es sencillo seleccionar el tamaño de celda correcto. Debe equilibrar la necesidad de la aplicación de una resolución espacial con los requisitos prácticos para la visualización rápida, el tiempo de procesamiento y el almacenamiento. Esencialmente, en un SIG, **los resultados serán igual de exactos que el conjunto de datos menos exacto**. Si utiliza un set de datos clasificado derivado de imágenes Landsat de resolución de 30 metros, entonces puede no ser necesario crear un modelo digital de elevación (DEM) u otros datos secundarios con una resolución mayor, como 10 metros. Cuanto más homogénea sea un área para las variables críticas, como topografía y uso del suelo, mayor será el tamaño de celda sin que afecte a la exactitud.



La determinación de un tamaño de celda adecuado es tan importante en las etapas de planificación de la aplicación SIG como la determinación de los sets de datos a obtener. **Un set de datos ráster siempre se puede remuestrear para tener un tamaño de celda más grande, sin embargo, no obtendrá más detalle si remuestrea el ráster para tener un tamaño de celda más pequeño.** Según los planes que tenga para los datos, puede ser útil guardar una copia de los datos en el tamaño de celda más pequeño y exacto, mientras los remuestrea para que coincidan con el más grande y menos exacto. Esto puede aumentar la velocidad del procesamiento de análisis.

Los siguientes factores se deben considerar al especificar el tamaño de celda:

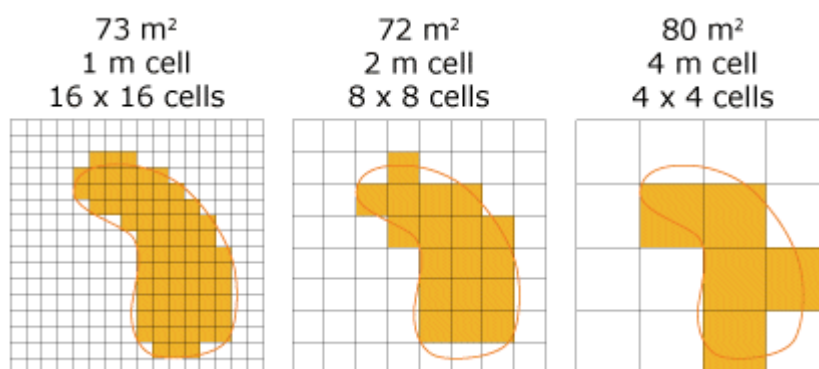
- La **resolución espacial** de los datos de entrada.
- La **aplicación** y el **análisis** que se va a realizar.
- El **tamaño de la base de datos** resultante en comparación con la capacidad de disco.
- El **tiempo de respuesta** deseado.



Tipos de resolución

Cuando se trabaja con datos ráster con imágenes, se deben tener en cuenta cuatro tipos de resolución: resolución **espacial**, resolución **espectral**, resolución **temporal** y resolución **radiométrica**.

En un SIG, se suele mostrar más preocupación por la resolución espacial de un set de datos ráster, en especial cuando se visualizan o se comparan datos de ráster con otros tipos de datos, como los de un vector. En este caso, la resolución se refiere al tamaño de celda (el área cubierta en el terreno y representada por una única celda). Una mayor resolución espacial implica que hay más celdas por área de unidad, por lo tanto, el gráfico de la izquierda representa una mayor resolución espacial que el gráfico de la derecha.



La resolución espectral describe la capacidad de un sensor de distinguir entre intervalos de longitud de onda en el espectro electromagnético. Cuanto mayor es la resolución espectral, más se restringe el rango de longitud de onda para una banda en particular. Por ejemplo, una fotografía (imagen) aérea, de escala de grises y de banda única registra los datos de longitud de onda que se extienden sobre gran parte de la parte visible del espectro electromagnético, por lo tanto, tiene una resolución espectral baja. Una imagen a color (con tres bandas) básicamente captura datos de longitud de onda desde tres partes más pequeñas de la parte visible del espectro electromagnético, las partes roja, verde y azul. Por lo tanto, cada banda en la imagen a color tiene una mayor resolución espectral que la banda única en la imagen de escala de grises. Los sensores multispectral e hiperespectral avanzados capturan datos de cientos de bandas espectrales

muy restringidas a lo largo de las partes del espectro electromagnético, lo que hace que los datos tengan una resolución espectral muy alta.

La resolución temporal se refiere a la frecuencia a la cual se capturan las imágenes en el mismo lugar de la superficie de la tierra, también se denomina período de revisita, que es el término que se usa generalmente para los sensores satelitales. Así, un sensor que captura datos una vez por semana tiene una mayor resolución temporal que uno que captura datos una vez por mes.

La resolución radiométrica describe la capacidad de un sensor de distinguir objetos visualizados en la misma parte del espectro electromagnético; esto es sinónimo de la cantidad de valores de datos posibles en cada banda. Por ejemplo, una banda Landsat comprende, típicamente, datos de 8 bits, y una banda IKONOS comprende, típicamente, datos de 11 bits, por lo tanto, los datos IKONOS tienen mayor resolución radiométrica.

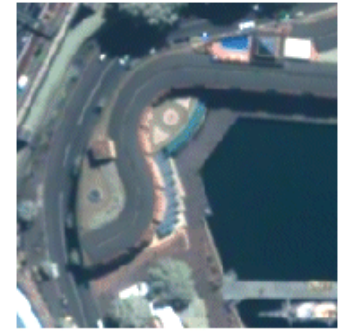
Resolución espacial y escala

La resolución espacial se refiere a la dimensión del tamaño de celda que representa el área cubierta en el terreno. Por lo tanto, si el área cubierta por una celda es de 5 x 5 metros, la resolución será de 5 metros. Cuanto mayor sea la resolución de un ráster, más pequeño será el tamaño de celda, y por lo tanto, mayor será el detalle. Esto es lo opuesto de lo que ocurre con la escala. Cuanta más pequeña sea la escala, menor será el detalle. Por ejemplo, una ortofotografía que se visualiza a una escala de 1:2.000 muestra más detalles (aparece cerca) que una que se visualiza a una escala de 1:24.000 (aparece lejos). Sin embargo, si esta misma ortofoto tiene un tamaño de celda de 5 metros, la resolución permanecerá igual sin importar la escala a la que se visualiza, ya que el tamaño de la celda física (el área cubierta en el terreno y representada por una única celda) no cambia.

Debajo, la escala de la imagen de la izquierda (1:50.000) es más pequeña que la escala de la imagen de la derecha (1:2.500); sin embargo, la resolución espacial (tamaño de celda) de los datos es la misma.



Scale 1:50,000
Cell size: 61 cm



Scale 1:2,500
Cell size: 61 cm

Debajo, la resolución espacial de los datos que se utilizaron en la imagen de la izquierda es inferior que la resolución espacial de los datos que se utilizaron en la imagen de la derecha. Esto significa que el tamaño de celda de los datos en la imagen de la izquierda es mayor que la de los datos en la imagen de la derecha; sin embargo, la escala a la que se muestra cada una es la misma.



Scale 1:20,000
Cell size: 15 m



Scale 1:20,000
Cell size: 15.24 cm

Bandas de ráster

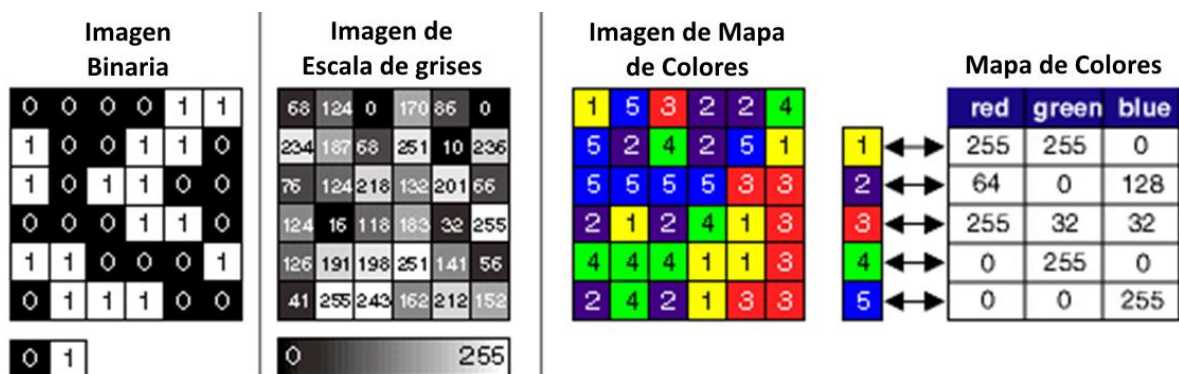
Algunos rásters tienen una banda única, o capa (una medida de una sola característica) de datos, mientras que otros tienen múltiples bandas. Básicamente, una banda se representa con una sola matriz de valores de celda, y un ráster con múltiples bandas contiene múltiples matrices de valores de celda que coinciden espacialmente y que representan la misma área espacial. Un ejemplo de set de datos ráster de banda única es un modelo digital de elevación (DEM). Cada celda en un DEM contiene solamente un valor que representa la elevación de superficie. También

puede tener una ortofoto de banda única, que a veces se llama imagen pancromática o de escala de grises. La mayoría de las imágenes de satélite tiene múltiples bandas, que por lo general contiene valores dentro de un rango o banda del espectro electromagnético.

Hay tres formas principales de visualizar (representar) sets de datos ráster de banda única:

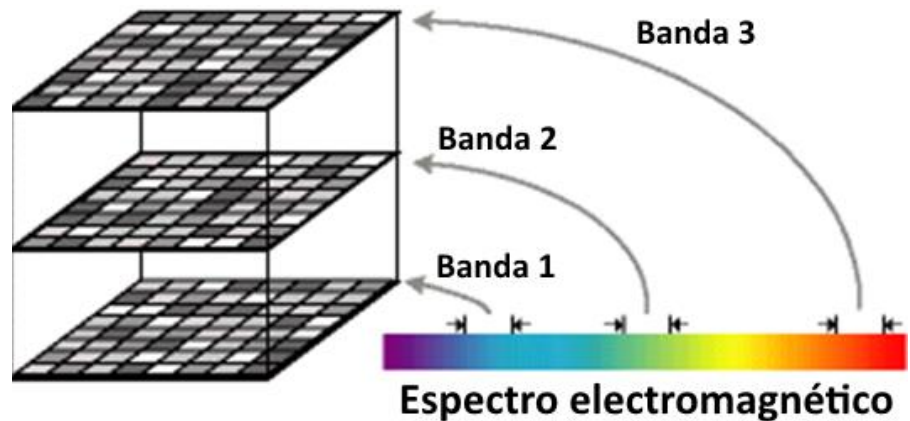
- **Utilizar dos colores:** en una imagen binaria, cada celda tiene un valor de 0 ó 1 y por lo general se visualiza en blanco y negro. Este tipo de visualización a veces se utiliza para mostrar mapas escaneados con trabajo de línea simple, como mapas de parcela.
- **Escala de grises:** en una imagen de escala de grises, cada celda tiene un valor de 0 a otro número, como 255 ó 65535. Estos se utilizan a veces para fotografías aéreas en blanco y negro.
- **Mapa de color:** una forma de representar los colores en una imagen es con un mapa de color. Se codifica un conjunto de valores para que coincida con un conjunto definido de valores de rojo, verde y azul (RGB).

A continuación se muestran las tres formas principales de visualizar set de datos ráster de banda única.



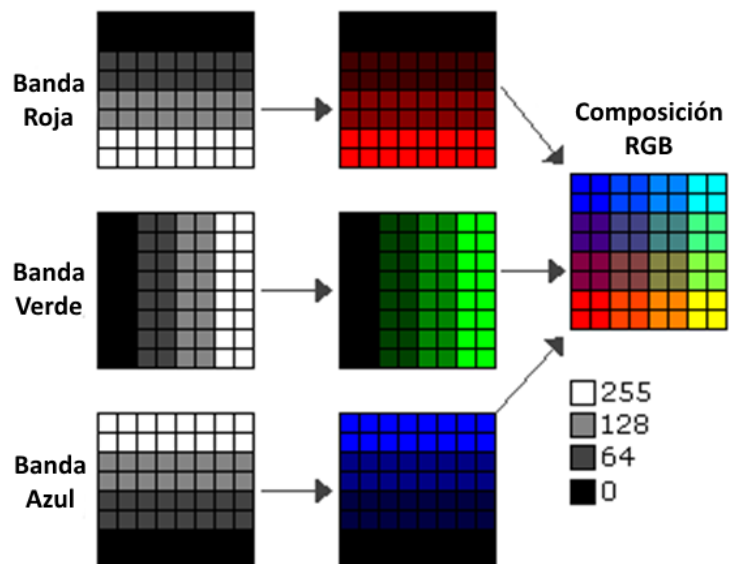
Cuando hay múltiples bandas, cada ubicación de celda tiene más de un valor asociado. Con múltiples bandas, cada banda por lo general representa un segmento del espectro electromagnético recopilado por un sensor. Las bandas pueden representar cualquier porción del espectro electromagnético, incluidos los rangos no visibles a simple vista, como las

secciones infrarrojas o ultravioletas. El término banda se originó a partir de la referencia a la banda de color en el espectro electromagnético.



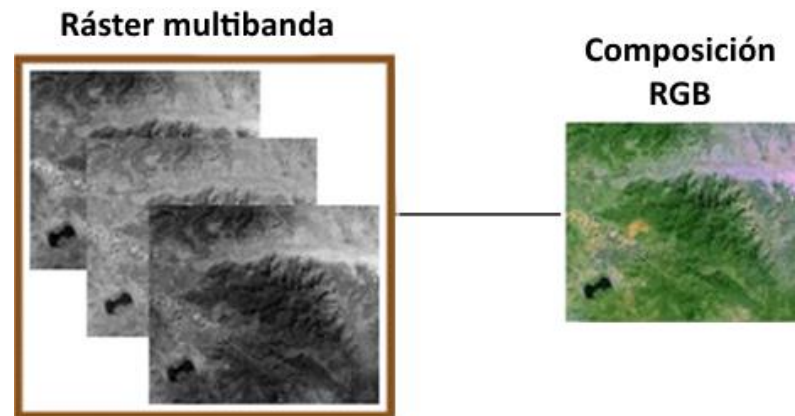
Generalmente, cuando creamos una capa de mapa a partir de una imagen ráster, podemos elegir **mostrar una banda única de datos** o formar **una composición de color a partir de múltiples bandas**.

Una combinación de cualquiera de las tres bandas disponibles en un set de datos ráster multibanda se puede utilizar para crear **composiciones RGB** (Red, Green, Blue). Al visualizar bandas juntas como composiciones RGB, a veces podemos recabar más información del set de datos que si fuésemos a trabajar con sólo una banda.



Una imagen de satélite, por ejemplo, por lo general tiene múltiples bandas que representan distintas longitudes de onda desde las porciones ultravioleta hasta las visibles e infrarrojas del espectro electromagnético. Las imágenes Landsat, por ejemplo, son datos recopilados desde siete

bandas distintas del espectro electromagnético. Las bandas 1-7, incluida la 6, representan datos de las regiones visibles, casi infrarrojas e infrarrojas media. La banda 6 recopila datos de la región infrarroja termal. Otro ejemplo de una imagen multibanda es una ortofoto de color verdadero en la que hay tres bandas, cada una representa rojo, verde o celeste.



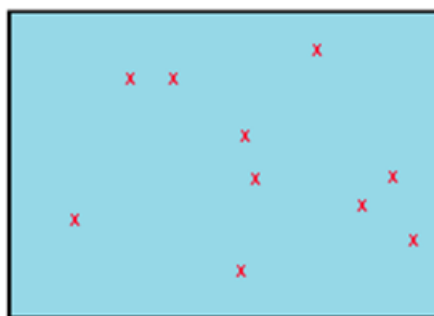
Cómo se representan las entidades en un ráster

En los datos ráster, la celda por lo general representa la entidad o fenómeno predominante del área cubierta por una celda, mientras que los datos vectoriales pueden delinear o identificar con precisión entidades individuales. Como resultado, cuando representa entidades geográficas en un set de datos ráster, se convierten en grupos de celdas con los mismos valores de atributo pero pierden las identidades únicas. Los datos ráster se utilizan mejor cuando la principal preocupación es con las relaciones de ubicación de los fenómenos representados por las entidades geográficas y no las entidades en sí.

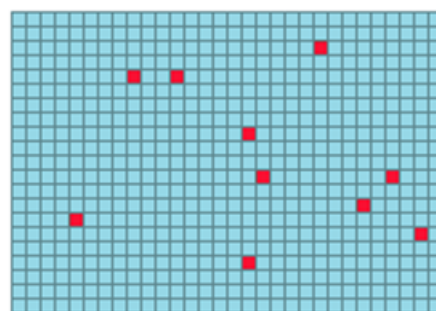
Puntos

Un punto se representa con una coordenada x,y explícita en formato de vector, pero como un ráster, se representa como una celda simple, la unidad más pequeña de un ráster. Por definición, un punto no tiene área pero se convierte en una celda que representa un área. Por lo tanto, cuanto menor es el tamaño de celda, menor es el área y, por lo tanto, más próxima es la representación de la entidad de puntos. Por ejemplo, se asume que un

pozo, un poste de teléfono o la ubicación de una planta en peligro ocupa toda el área cubierta por una celda.



Elementos de punto



Ráster de puntos

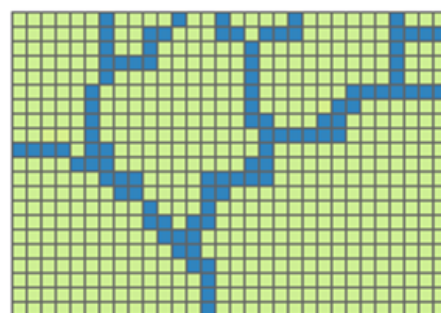
Las entidades de datos de punto se convertirán en el tamaño de la celda. Por lo tanto, debe elegir un tamaño de celda apropiado para la entidad que representa el punto. Debe hacer que el tamaño de celda sea lo suficientemente pequeño para capturar puntos de entrada suficientes para el análisis deseado.

Líneas

En el formato de vector, una línea es una lista ordenada de coordenadas x,y, pero en formato ráster, se representa como una cadena de celdas conectadas espacialmente con el mismo valor. Cuando hay un corte entre la cadena de celdas del mismo valor, representa un corte en la entidad de línea, que podría representar distintas entidades como dos carreteras o dos ríos que no se intersecan.



Elementos de línea



Ráster de líneas

Convertir datos lineales en un set de datos ráster es similar a convertir datos de punto en un ráster. Para cualquier línea que pase dentro de la extensión de una celda, esa celda recibirá el valor del atributo identificado en la conversión. Si múltiples líneas pasan a través de una sola celda, ArcGIS

seleccionará aleatoriamente una de las líneas a utilizar para representar esa ubicación de celda en el set de datos ráster de salida.

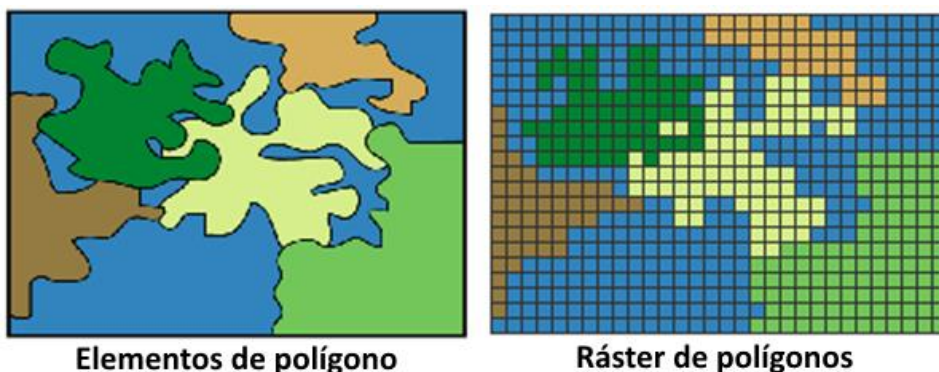
Al igual que con los datos de puntos, las entidades lineales se convertirán en el ancho de la celda. Por ejemplo, si las entidades lineales que se convierten representan carreteras y el tamaño de celda es 1 kilómetro, la carretera tendrá 1 kilómetro de ancho en el set de datos ráster de salida. Obviamente, una carretera no tiene 1 kilómetro de ancho; por lo tanto, debe elegir un tamaño de celda que sea apropiado para la entidad lineal que representa. Si el tamaño de celda es 1 metro, la carretera debería tener 1 metro de ancho.

Polígonos

Un polígono vectorial es un área acotada definida por una lista ordenada de coordenadas x,y en la que las primeras y las últimas coordenadas son las mismas, que representan el área. En cambio, un polígono ráster es un grupo de celdas contiguas con el mismo valor que representan en forma más precisa la forma del área.

Los datos poligonales o de área se representan mejor mediante una serie de celdas conectadas. Los ejemplos de entidades poligonales incluyen edificios, lagunas, tierras, bosques, pantanos y campos

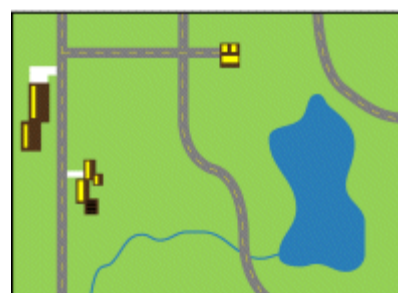
La exactitud de la representación ráster a continuación depende de la escala de los datos y del tamaño de la celda. Cuanto mejor sea la resolución de la celda y mayor sea el número de celdas que representan áreas pequeñas, más precisa será la representación.



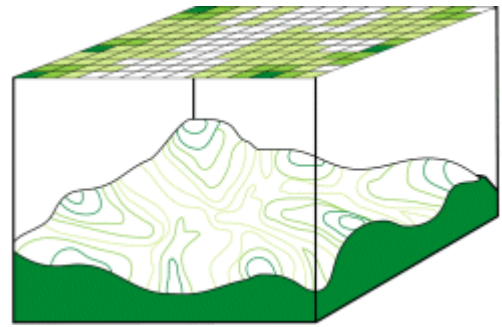
Si los datos de entrada son poligonales, a cada celda en el set de datos ráster de salida resultante del proceso de conversión se le asigna el valor de la entidad que rellena la mayoría de la celda o que se encuentra en el proceso de escaneo dentro de la celda.

Nuevamente: los datos continuos y discretos

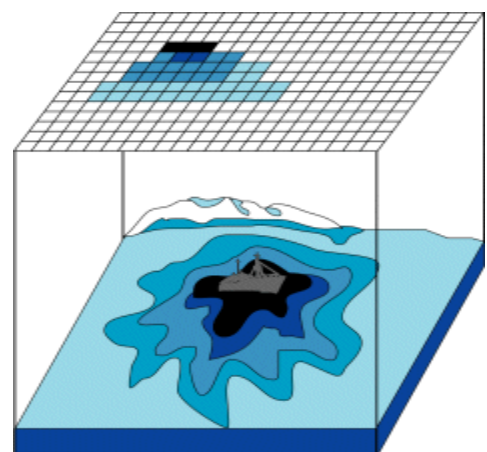
Los datos discretos, que a veces se llaman datos temáticos, categóricos o discontinuos, la mayoría de las veces representan objetos en los sistemas de almacenamiento de datos ráster y de entidad (vector). Un objeto discreto tiene límites conocidos y definibles: es fácil definir con precisión dónde comienza el objeto y dónde termina. Un lago es un objeto discreto dentro del paisaje que lo rodea. Se puede establecer definitivamente dónde el borde del agua alcanza la tierra. Otros ejemplos de objetos discretos incluyen edificios, carreteras y parcelas. Los objetos discretos por lo general son sustantivos.



Una superficie continua representa fenómenos en los que cada ubicación de la superficie es una medida del nivel de concentración o de su relación a partir de un punto fijo en el espacio o de una fuente de emisión. A los datos continuos se les suele conocer también como datos de campo, no discretos o de superficie. Un tipo de superficie continua deriva de aquellas características que definen una superficie, en la que cada ubicación se mide desde un punto de registro fijo. Estas incluyen elevación (el punto fijo que es el nivel del mar) y orientación (el punto fijo que es la dirección: Norte, Este, Sur y Oeste).



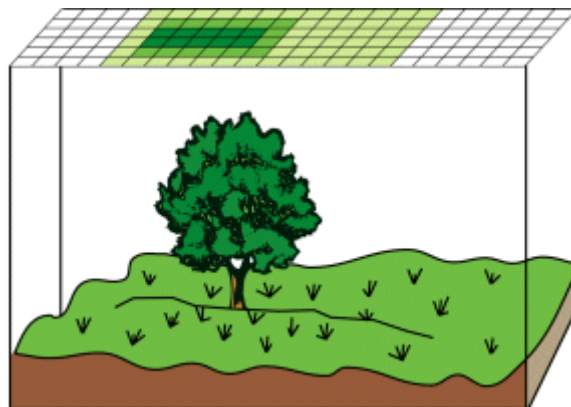
Otro tipo de superficie continua incluye fenómenos que varían progresivamente a medida que se mueven por una superficie desde un origen. Algunas ilustraciones de datos continuos que varían progresivamente son el movimiento de líquido y aire. Estas superficies se caracterizan por el tipo o la manera en la se mueve el fenómeno. El primer tipo de movimiento es a través de la difusión o cualquier otra locomoción en la que el fenómeno se mueve desde áreas con alta concentración a aquellas con menos concentración hasta que el nivel de concentración se nivela. Las características de superficie de este tipo de movimiento incluyen la concentración de sal que se mueve a través del suelo o el agua, el nivel de contaminación que sale de un derrame peligroso o un reactor nuclear, y el calor de un incendio forestal. En este tipo de superficie continua, tiene que haber una fuente. La concentración siempre es mayor cerca de la fuente y disminuye en función de la distancia y del medio en el que se mueve la sustancia.



En la superficie de concentración de origen anterior, la concentración del fenómeno en cualquier ubicación se realiza en función de la capacidad del evento para moverse por el medio. Otro tipo de superficie de concentración se determina por las características inherentes del fenómeno que se mueve.

Por ejemplo, el movimiento del ruido de una explosión de bomba se determina por las características inherentes del ruido y el medio en el que se mueve. El modo de locomoción también puede limitar y afectar directamente la concentración de una entidad en la superficie, como es el caso con la dispersión de semillas de una planta. Los medios de locomoción, como las abejas, el hombre, el viento o el agua, afectan la concentración de la dispersión de semillas de la planta en la superficie. Otras superficies de locomoción incluyen la dispersión de poblaciones animal, posibles clientes de una tienda (autos que son el medio de locomoción y el tiempo que es el factor restrictivo) y la propagación de una enfermedad.

Para varios objetos, los límites se pueden representar y modelar como continuos o discretos. Se crea una secuencia al representar entidades geográficas, en la que los extremos son entidades discretas puras y continuas puras. La mayoría de las entidades caen en algún lugar entre los extremos. Algunas ilustraciones de entidades que caen a lo largo de la secuencia son los tipos de suelo, los bordes de bosques, los límites de suelo húmedo y los mercados geográficos influenciados por una campaña publicitaria televisiva.



El factor determinante para saber dónde cae una entidad en la secuencia continua a discreta es la facilidad de definir los límites de la entidad. Sin importar dónde cae la entidad en la secuencia, el almacenamiento en celda de cuadrícula puede representarla con mayor o menor precisión.

Es importante entender el tipo de datos que modela, ya sean continuos o discretos, cuando toma decisiones basadas en los valores resultantes. El

sitio exacto para un edificio no se debe basar solamente en el mapa de suelos. El área cuadrada de un bosque no puede ser el factor principal al determinar el hábitat disponible del venado. Una campaña de ventas no se debe basar solamente en la influencia del mercado geográfico de un exceso publicitario televisivo. Se debe comprender la validez y la precisión de los límites de los datos de entrada.

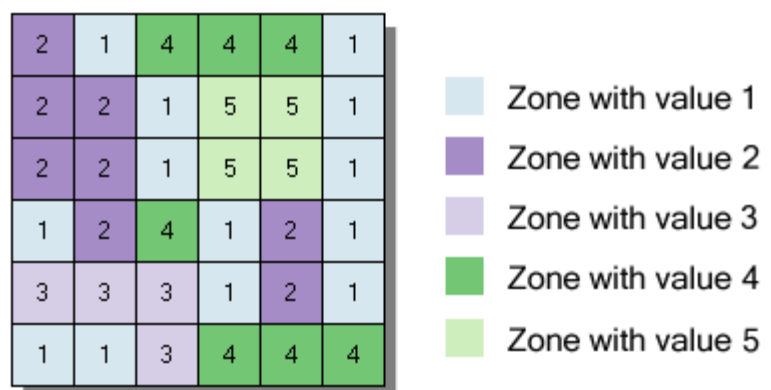
Zonas y regiones del set de datos ráster

Zonas

Dos o más celdas con el mismo valor pertenecen a la misma zona. Una zona puede consistir en celdas que son **adyacentes**, **discontinuas** o **ambas**.

Las zonas cuyas celdas son adyacentes por lo general representan una única entidad de un área, como un edificio, carretera o cuerpo hídrico. Los ensamblados de entidades, como las masas forestales en un estado, los tipos de suelo en un condado o casas de familias simples en una ciudad, son entidades de un área que probablemente se representarán con zonas compuestas por varios grupos desconectados de celdas conectadas (regiones).

Cada celda de un ráster pertenece a una zona. Algunos sets de datos ráster contienen solo algunas zonas, mientras que otros contienen muchas.



Regiones

Cada grupo de celdas conectadas en una zona se considera una región.

Una zona que consta de un único grupo de celdas conectadas tiene solamente una región.

Las zonas pueden estar compuestas por las regiones que sean necesarias para representar una entidad; la cantidad de celdas que componen una región no tienen límites prácticos.

En el ejemplo de set de datos ráster anterior, la Zona 2 consta de dos regiones, la Zona 4 de tres regiones y la Zona 5 de una región.

Modelo vectorial


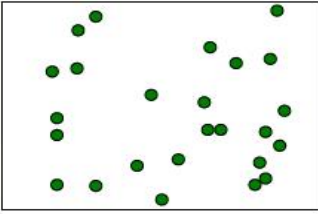

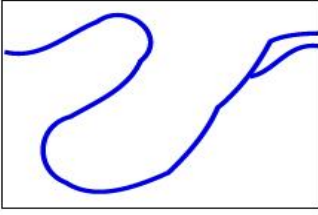

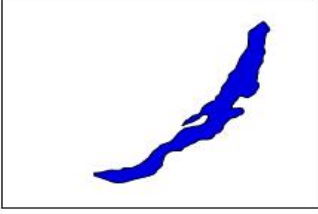
El segundo modelo principal de representación es el **modelo vectorial**.

En este modelo, no existen unidades fundamentales que dividen la zona recogida (es decir, las celdas o píxeles en modelo ráster), **sino que se recoge la variabilidad y características de esta mediante entidades geométricas, para cada una de las cuales dichas características son constantes.**

Las formas geométricas de estas entidades geográficas, se codifican de modo explícito; a diferencia del modelo ráster, donde venía implícita en la propia estructura de la malla.

El modelo vectorial se basa en entidades discretas, ya que modela el espacio geográfico mediante una serie de primitivas geométricas que contienen los elementos más destacados de dicho espacio. **Estas primitivas son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos.**



Primitiva	Entidad espacial	Representación	Atributos																					
Puntos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Altura</th> <th>Diámetro 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	Diámetro Normal	1	17.5	35	2	22	45.6	3	15	27.2	4	19.7	36.1		
ID	Altura	Diámetro 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(km)²</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																							

Utilizando puntos, líneas o polígonos, **es posible modelar el espacio geográfico si asociamos a estas geometrías una serie de valores definitorios.**

La componente espacial de la información queda así en la propia **primitiva** (pues recoge la forma, posición y otras propiedades espaciales), y la **componente temática** queda en dichos valores asociados.

A la hora de definir las formas geométricas básicas, todas ellas pueden reducirse en última instancia a **puntos**. De esta manera, **las líneas son un conjunto de puntos interconectados en un determinado orden**, y **los polígonos son líneas cerradas**, también expresables por tanto como una serie de puntos.

Todo elemento del espacio geográfico queda definido, pues, por una serie de puntos que determinan sus propiedades espaciales y una serie de valores asociados.

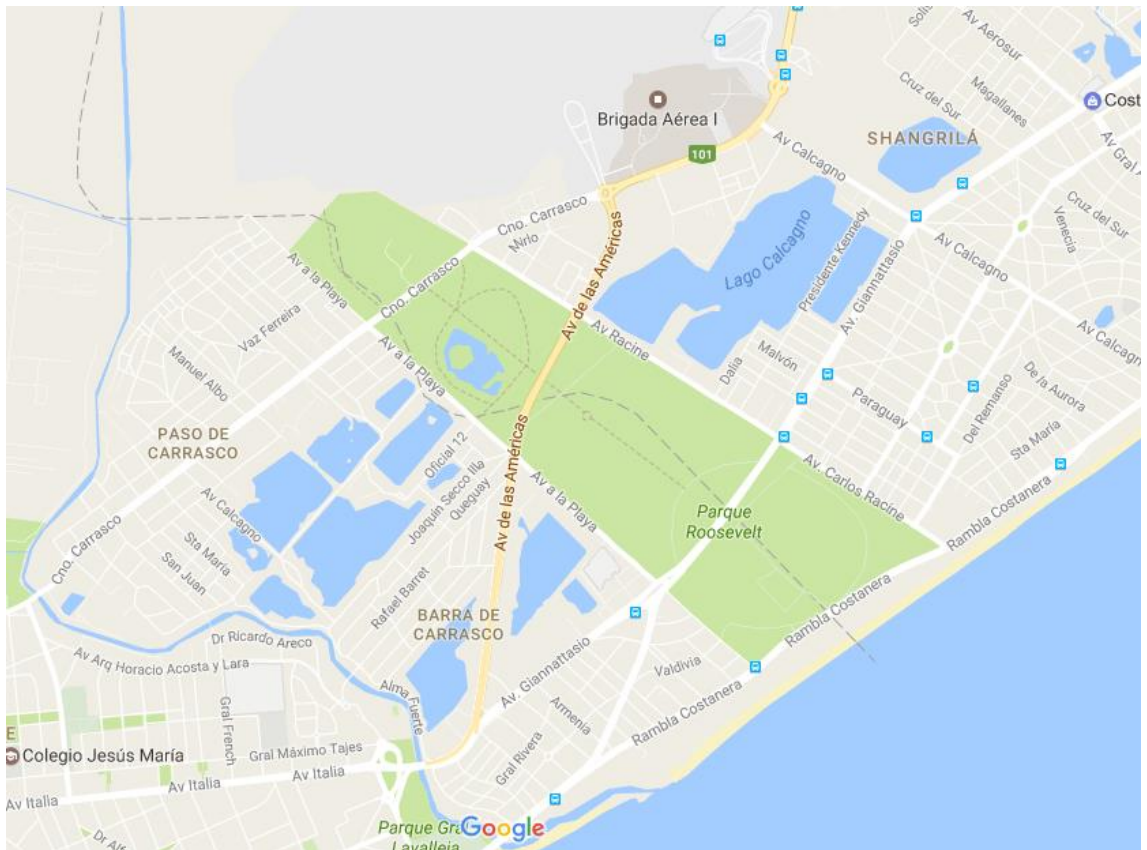
Un tema importante es el siguiente: **una única entidad puede estar formada por varias primitivas**. Así, en un mapa de nuestro país en que cada elemento geográfico represente un departamento; como vemos en la imagen a continuación, departamentos como Maldonado están

representados por más de un polígono, pues no puede recogerse todo su territorio mediante uno único. Todos estos polígonos constituyen una única entidad, ya que todos pertenecen al mismo país y tendrán el mismo conjunto de valores asociados.



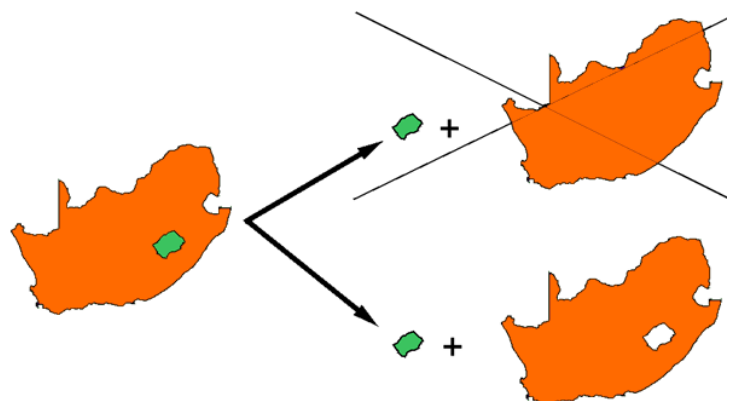
Otro caso particular en las capas de polígonos son aquellos polígonos con **huecos**. En este caso, las entidades geométricas se representan de la misma forma que en el caso de varios polígonos disjuntos. Se recogen los propios huecos como polígonos independientes, pero estos polígonos no se suman a los polígonos existentes en esa entidad, **sino que se restan**. Así es, por ejemplo, para el caso del área total de polígonos de una única entidad, ya que el área del hueco debe ser restada de la total.





En la figura anterior, vemos como Canelones presenta esta situación, ya que dentro del territorio del país hay lagos, por ejemplo: los lagos artificiales de la zona de Avenida de las Américas.

El conjunto del territorio ocupado por Canelones y las zonas interiores que corresponden a los lagos puede representarse como un conjunto de polígonos sin que especifiquemos sus particularidades. Para representar Canelones de forma aislada es necesario **restar al polígono que engloba todo Canelones los polígonos respectivos a los lagos interiores**. Si esto no fuera así, un cálculo sencillo (como el del área este departamento) arrojará un resultado erróneo, pues considerará igualmente estas zonas interiores.



En realidad, los huecos se registran como polígonos disjuntos que pertenecen a la entidad, aunque en lugar de representar un territorio que se añada, representan uno que se resta. **Una forma bastante común de hacer esto es almacenar las coordenadas de los vértices de estos polígonos interiores en sentido inverso, de tal modo que su área es negativa.** De esta forma, la suma total del área de los polígonos de la entidad es igual al área buscada.

Dentro de un SIG, una capa vectorial puede contener un único tipo de primitiva. Así, tenemos capas vectoriales de puntos, de líneas y de polígonos, respectivamente.

La elección de uno u otro tipo de elemento geográfico (punto, líneas o polígonos) debe depender del tipo de fenómeno que se pretende modelar con dicha capa o la precisión necesaria, entre otros factores.

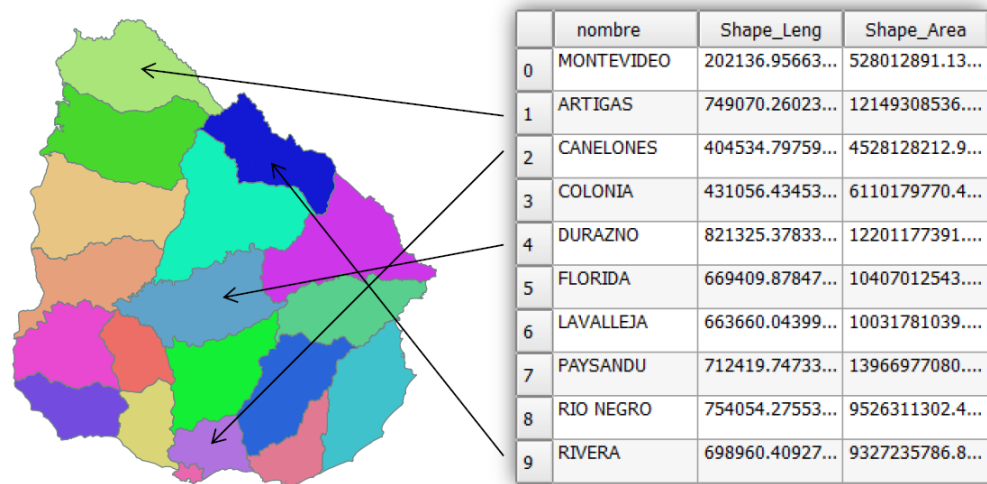
A modo de ejemplo, una capa de puntos puede representar un conjunto de ciudades, cada una de ellas definida como un único punto. Sin embargo, puede emplearse una capa de polígonos y no recoger una única coordenada (correspondiente, por ejemplo, al centro de la ciudad), sino el contorno o los límites administrativos de esta. Dependiendo del caso, será más apropiado elegir una u otra alternativa.

Otro ejemplo, una capa de calles es una capa de líneas. Cada línea, como elemento teórico de ancho nulo, representa el eje de la vía. Si se requiere una mayor precisión en la definición de la superficie de rodadura de dichas vías, una capa de polígonos puede ser utilizada en lugar de una de líneas.



La componente temática en el modelo vectorial

En el vectorial, la componente espacial se recoge explícitamente según una serie de puntos, la cual puede ser más o menos compleja en función de la complejidad de la entidad a representar o el detalle con que se recoja. A este conjunto de puntos se le relaciona después con una serie de valores, que son los que definen las propiedades de la entidad, es decir, la componente temática.



Estos valores, (los atributos de los distintos elementos geográficos), suelen ser múltiples.

Por ejemplo, dada una capa vectorial de departamentos, podemos recoger valores asociados a cada departamento tales como su superficie, su población, el Producto Interior Bruto, el nombre de su capital o el idioma que se habla. Todo este conjunto de valores se asocian a una única copia de la componente espacial, y esta no debe repetirse para recoger cada uno de esos parámetros.

Por este modelo de representación, la componente temática podemos almacenarla en una base de datos, siendo en la actualidad las más extendidas las denominadas *bases de datos relacionales*. Este tema lo veremos en otro módulo.

Estas bases de datos se asocian a la componente espacial y permiten una serie de consultas y un manejo ventajoso de los atributos.

Existen, por tanto, dos realidades:

- La relativa a la **componente geográfica**.
- La relativa a la **componente temática**, es decir, a la base de datos que gestiona los atributos,

Ambas realidades permiten análisis y operaciones independientes.



Estas realidades pueden estar muy separadas, gestionándose en aplicaciones distintas y almacenándose en lugares diferentes, con lo cual existe una división formal mucho más acusada que en el caso de las capas ráster, que se asemejan más a unidades de información "autocontenidas".

En el caso de las capas ráster, no es imprescindible recurrir a una base de datos, y simplemente la representación del conjunto de valores de la variable en las distintas celdas sirve para el almacenamiento, análisis y manejo de la información. Esta forma de *conectar* las componentes espacial y temática es apta para el análisis, pero el manejo de los atributos requiere la presencia de una base de datos.

Modelo vectorial Topológico

Una capacidad del modelo de representación vectorial es la topología.

La topología es una colección de reglas que, acopladas a un conjunto de herramientas y técnicas de edición, permite modelar relaciones geométricas con mayor precisión.

¿Por qué la topología? La topología ha sido durante mucho tiempo un requisito clave SIG para la administración y la integridad de los datos. En general, un modelo de datos topológico administra relaciones espaciales representando objetos espaciales (entidades de punto, línea y área) como un gráfico subyacente de primitivas topológicas: nodos, caras y bordes. Estas primitivas, junto con sus relaciones entre sí y con las entidades cuyos límites representan, se definen representando las geometrías de entidad en un gráfico plano de elementos topológicos.

En términos matemáticos la topología estudia las características de los objetos geométricos que no varían al aplicar una transformación topológica

tal como, por ejemplo, una transformación afin. Si tomamos un mapa y lo distorsionamos, los ángulos, las superficies y las distancias se ven afectadas. Sin embargo, otras propiedades tales como la adyacencia entre elementos o las relaciones entre estos se conservan.

Por ejemplo, si una localidad está dentro de un determinado departamento en un determinado mapa, no existe forma de distorsionar esta para lograr que dicha localidad se encuentre fuera del departamento.

En los SIG, solamente un set de datos vectorial puede tener una topología explícita. En este caso, se almacenan las relaciones entre los distintos elementos que la componen.

En caso contrario, la capa es de tipo puramente cartográfico, ya que los elementos geográficos que contiene no presentan relación entre sí, o al menos esta relación no está almacenada junto a la propia información de estos elementos.

En un modelo ráster, las relaciones topológicas vienen implícitas en el propio modelo ráster, y son ajenas a la información como tal, ya que dependen de la estructura de la malla de datos en sí.

Disponer de topología en una capa vectorial es importante cuando queremos llevar a cabo ciertos tipos de análisis o de edición.



La topología no aporta beneficio a la hora de representar una capa, pero sí a la hora de llevar a cabo análisis sobre ella.

No todos los softwares SIG incorporan capacidades de manejo y análisis de capas vectoriales con topología, y son menos aún, los que implementan capacidades para crear dicha topología. En general, estas han quedado reservadas a las aplicaciones de alta gama, y el manejo de información vectorial en los SIG de escritorio no incluye de forma general lo relativo a la topología.

Comentaremos algunas relaciones topológicas básicas, estas pueden ser utilizadas como reglas edición o como forma de representación de los datos geográficos:

- De **polígonos**:

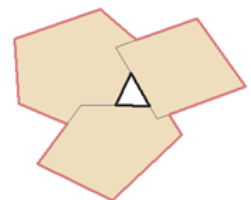
- **“No superposición con elementos del mismo set de datos”**:

Requiere que un polígono de un set de datos no se superponga con otro polígono del mismo set de datos. Los polígonos pueden compartir bordes o vértices. Esta regla se utiliza cuando un área no puede pertenecer a dos o más polígonos.



Por ejemplo, es útil para modelar límites administrativos, como códigos postales o distritos electorales, y clasificaciones de área mutuamente exclusivas, como cobertura de suelo o tipo de forma de suelo.

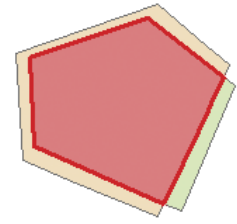
- **“No existencia de huecos”**: Esta regla precisa que no haya vacíos dentro de un polígono o entre polígonos adyacentes del mismo set de datos. Todos los polígonos deben formar una superficie continua.



Por ejemplo, los polígonos de suelo no pueden incluir espacios ni formar vacíos, deben cubrir un área completa.

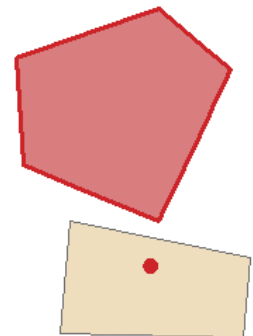
- **“No superposición con elementos de otro set de datos”**:

Requiere que el interior de los polígonos en una set de datos no se deba superponer con el interior de los polígonos de otro set de datos. Los polígonos de los dos sets de datos pueden compartir ejes o vértices o estar completamente inconexos.



Por ejemplo, esta regla se utiliza cuando un área no puede pertenecer a sets de datos separados. Resulta útil para combinar dos sistemas mutuamente exclusivos de clasificación de área, tales como zonificación y tipos de masa de agua, en las que las áreas definidas en la clase de zonificación tampoco se pueden definir en la clase de masa de agua y viceversa.

- **“Contiene punto”**: Requiere que un polígono en un set de datos contiene, por lo menos, un punto de otro set de datos. Los puntos deben encontrarse en el interior del polígono, no en el límite.



Por ejemplo, esto es útil cuando cada polígono debe tener, por lo menos, un punto asociado, como cuando las parcelas deben tener un punto de dirección.

- **“Contiene un único punto”**: Requiere que cada polígono contenga una entidad de puntos y que cada entidad de puntos se encuentre dentro de un único polígono.

Por ejemplo, esto se utiliza cuando debe haber una correspondencia uno a uno entre las entidades de un set de datos poligonal y las entidades de set de datos de puntos, como los límites administrativos y sus capitales. Cada punto debe estar perfectamente dentro de un polígono y cada

polígono debe contener exactamente un punto. Los puntos deben encontrarse en el interior del polígono, no en el límite.

- De **líneas**:

- **“No debe superponerse con líneas del mismo set de datos”**: Requiere que las líneas de un set de datos no se superpongan con las líneas en la mismo set de datos.



A modo de ejemplo, esta regla se utiliza en aquellos segmentos de línea que no se deberían duplicar, por ejemplo, en una clase de entidad de arroyo. Las líneas se pueden cruzar o intersecar pero no pueden compartir segmentos.

- **“No debe intersecarse”**: Requiere que las entidades de línea de un set de datos no se crucen ni se superpongan entre sí. Sin embargo, las líneas pueden compartir extremos.



A modo de ejemplo, esta regla se utiliza para líneas de contorno que nunca se deben cruzar entre sí o en los casos en los que la intersección de las líneas se debe producir únicamente en extremos, tales como segmentos e intersecciones de calles.

- **“No debe intersecarse con líneas de otro set de datos”**: Requiere que las entidades de línea de un set de datos no se crucen ni se superpongan las líneas de set de datos con otras. Las líneas pueden compartir extremos.



Por ejemplo, esta regla se utilizan cuando existen líneas de dos capas que nunca se deben cruzar entre sí o en los casos en los que la intersección de las líneas se debe producir únicamente en extremos, tales como calles y ferrocarriles.

- **“No deben quedar nodos colgados”**: requiere que una entidad de línea deba tocar las líneas desde el mismo set de datos en ambos extremos. Un extremo que no esté conectado con otra línea se llama **nodo colgado**.



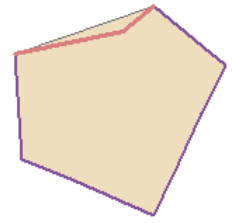
Por ejemplo, esta regla se utiliza cuando las entidades de línea deben formar bucles cerrados, como cuando definen los límites de las entidades poligonales.

- **“No debe intersecarse o tocar el interior”**: Requiere que una línea en un set de datos deba tocar únicamente otras líneas del mismo set de datos en los extremos. Cualquier segmento de línea en el que las entidades se superpongan o cualquier intersección que no se produzca en un extremo es un error.



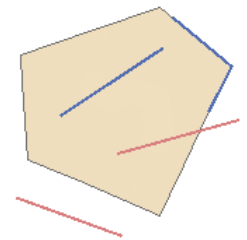
Por ejemplo, esta regla es útil donde las líneas deban estar conectadas, únicamente, en los extremos, como en el caso de las líneas de lote, que se deben dividir (únicamente se conectan en los extremos) las líneas de lote y no se pueden superponer entre sí.

- **“Debe estar cubierto por el límite de los elementos de polígono de otro set de datos”**: Requiere que las líneas estén cubiertas por los límites de un set de datos de polígonos.



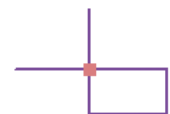
Por ejemplo, es útil para modelar líneas, tales como líneas de lote, que deben coincidir con el eje de las entidades poligonales, tales como lotes.

- **“Debe estar dentro”**: Requiere que una línea esté contenida en los límites de una entidad de área.



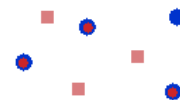
Por ejemplo, es útil para casos en los que las líneas puedan coincidir total o parcialmente con los límites de área pero no pueden extender más allá de los polígonos, como las carreteras interestatales que deben estar dentro de los límites estatales y los ríos que deben estar dentro de las cuencas hidrográficas.

- **“No debe intersectarse con sí mismo”**: Requiere que las entidades de línea no se crucen ni se superpongan entre sí.



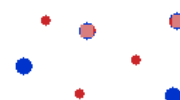
Por ejemplo, es útil para las líneas, tales como líneas de contorno, que no se pueden cruzar entre sí.

- De **puntos**:
 - **“Debe coincidir con”**: Requiere que los puntos en un set de datos coincidan con los puntos de set de datos.



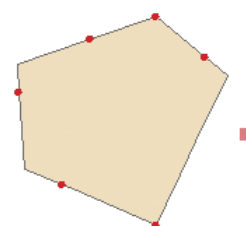
Por ejemplo, es útil para los casos en los que los puntos deben estar cubiertos por otros puntos, igual que los transformadores deben coincidir con los polos de potencia en las redes de distribución eléctricas y los puntos de observación deben coincidir con las estaciones.

- **“Debe estar separado”**: Requiere que los puntos se encuentren separados espacialmente de otros puntos del mismo set de datos.



Por ejemplo, es útil para asegurarse de que los puntos no coincidan ni se dupliquen dentro de la misma clase de entidad, tal como en capas de ciudades, puntos de ID de lote de parcela, pozos o postes de luz.

- **“Debe estar cubierto por el límite de”**: Requiere que los puntos se encuentren en los límites de las entidades de área.



Por ejemplo, es útil cuando las entidades de punto facilitan un sistema de límites, tal como marcadores de límites, los que deben encontrarse en los ejes de determinadas áreas.

- **“El punto debe estar cubierto por la línea”**: Requiere que los puntos en una clase de entidad deben cubrirse con las líneas en otra clase de entidad.



Por ejemplo, esta regla resulta útil para puntos que se encuentran a lo largo de un conjunto de líneas, tales como carteles de carreteras.

¿Cómo se almacena la topología? (El caso “COBERTURA” DE Arc/INFO)

ArcInfo (o ARC/INFO) fue un sistema completo de información geográfica producido por ESRI; actualmente corresponde al nivel más alto de licencias (y por lo tanto de funcionalidad) en la línea de productos de ArcGIS Desktop, es decir, de ArcMAP.

Una cobertura de Arc/INFO es un modelo de datos geográficos que almacena datos vectoriales; contiene la componente espacial y la componente temática de entidades geográficas. Si bien actualmente está en desuso, históricamente muchos datos geográficos siguen existiendo en este formato, por lo cual conocerlo es una ventaja.

Las coberturas utilizan un conjunto de set de datos para representar entidades geográficas. Cada set de datos almacena un conjunto de **puntos**, **líneas** (arcos), **polígonos** o **anotaciones** (textos).

Las coberturas pueden tener una topología, que determina las relaciones entre las entidades.

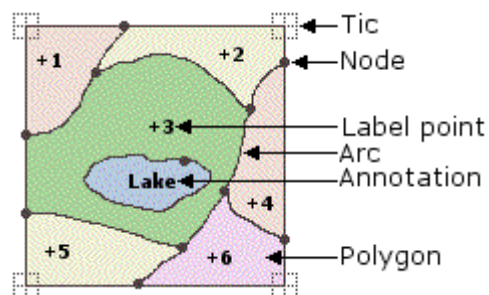
Las coberturas se almacenan como carpetas dentro de los cuales se almacena cada clase de entidad como conjunto de archivos.

Entidades de cobertura

A menudo, se requiere más de un set de datos para definir las entidades en una cobertura.

Por ejemplo, los sets de datos de línea (ARCS) y polígono (POLYGONS) existen en una cobertura que representa las entidades de polígono. Las entidades de polígono también tienen puntos de etiqueta (LABEL POINT),

que aparecen como clase de entidad separada. Cada cobertura tiene una clase de entidad que contiene puntos de relevancia (TICS), que representan coordenadas reales, conocidas. Estos puntos de relevancia ayudan a definir la extensión de una cobertura, no representan ningún punto de datos actual dentro de la cobertura. La figura a continuación muestra las clases de entidad comunes en una cobertura. Las otras clases de entidad de cobertura incluyen sección, ruta, región y vínculo.



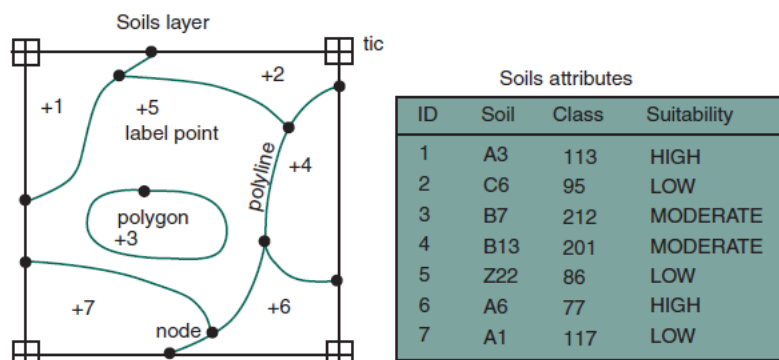
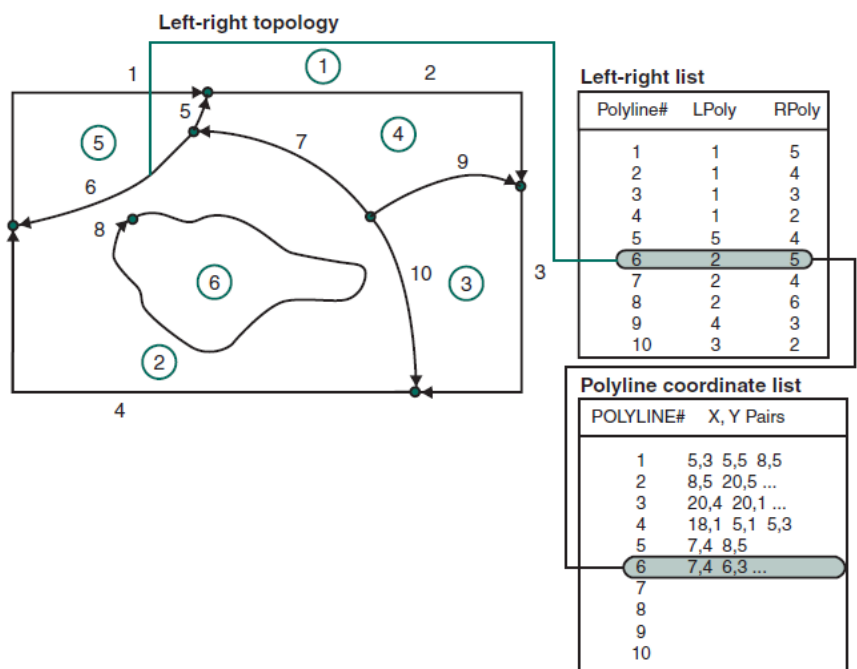
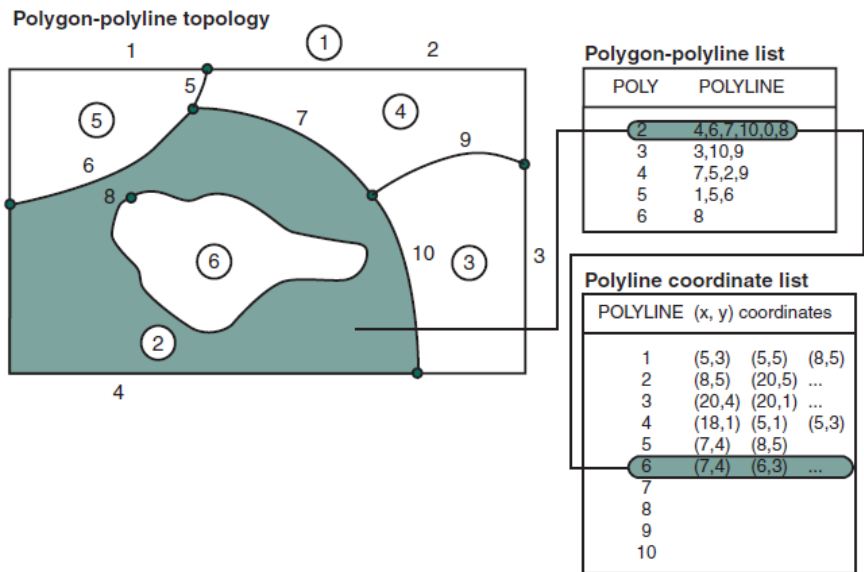
Conectar entidades y atributos

Existen tres características notorias del vínculo entre las componentes geográficas y las temáticas:

- Las entidades en la cobertura existen en una relación de uno a uno con los registros correspondientes en la tabla de atributos de la entidad.
- Se mantiene el vínculo entre la entidad y el registro de atributos a través del único identificador asignado a cada entidad. Este es el número de secuencia de la entidad.
- El número de secuencia de la entidad se almacena físicamente en dos lugares para una cobertura: en los archivos que contienen los datos de ubicación para cada entidad (por ejemplo, pares de coordenadas x,y) y con el registro correspondiente en la tabla de atributos de entidades.

En la figura a continuación, los registros de coordenadas y atributos comparten un elemento común: el número de secuencia de la entidad. El número de secuencia asocia las coordenadas de la entidad con los atributos, lo que mantiene la correspondencia de uno a uno. Una vez que se establece esta conexión, puede consultar la cobertura para mostrar la

información de atributo o crear un mapa basado en los atributos almacenados en la tabla de atributos de entidades.



Modelo vectorial sin topología (*spaguetti*)

En el modelo vectorial, todas las entidades geográficas se representan mediante las coordenadas de sus puntos, pues como ya se vio toda entidad es reducible a un conjunto de puntos.

En este modelo de representación, se recogen únicamente las propiedades geométricas de cada entidad, almacenando para cada una de ellas el conjunto de puntos individuales que la componen. Esto aporta toda la información necesaria sobre la entidad, pero deja de lado la topología.

Algunas propiedades topológicas pueden calcularse (como saber si un punto está contenido dentro de un polígono o si dos rectas se cruzan), pero para otras no se dispone de información suficiente.

Esta forma de recoger las entidades vectoriales es similar a la que encontramos en un mapa clásico, **donde no podemos conocer no las relaciones existentes.**

Únicamente disponemos del trazado con el que se han dibujado estos elementos. Por esta razón, y como se ha dicho, **un modelo vectorial sin topología es perfectamente válido para la representación de cualquier tipo de información en formato vectorial, pero no tanto para su análisis.**

El almacenamiento de entidades basado en una mera lista de coordenadas de cada entidad se conoce popularmente como **spaghetti**, pues si pensamos en una capa de líneas sin topología que se entrecruzan en el espacio, esta se asemejan en cierta forma a un caótico plato de spaguettis sin orden ni relación entre ellos.



La mayor ventaja de este modelo vectorial spaghetti es su simplicidad, razón por la cual es la habitual en muchos de los SIG más populares.

Para muchos usuarios, es suficiente trabajar con datos vectoriales sin topología, pues las labores frecuentes que desarrollan, tales como consultas o creación de mapas derivados, no requiere conocer las relaciones topológicas existentes.



Gran parte de las operaciones que se desarrollan en un SIG no requieren topología, y por ello no es necesario asumir siempre el coste que implica trabajar con ella (mayor complejidad en general).

Por esto, incluso aquellos SIG que sí poseen la capacidad de trabajar con topología, también disponen de formas de trabajar sin ella, empleando datos que carecen de topología.

Raster vs vectorial

Por lo que ya hemos visto, las diferencias entre los modelos ráster y vectorial son muy notables, y que cada uno de ellos posee sus propias ventajas e inconvenientes.

Desde los primeros tiempos de los SIG, ha existido una clara tendencia a separar ambos modelos, de tal modo que los primeros SIG manejaban datos en formato ráster o bien en formato vectorial, pero no ambos.

En cierta medida, parecía existir un conflicto entre ambos modelos, el cual ha perdurado aún hoy en algunos conceptos. Con el paso del tiempo, no obstante, la separación ráster/vectorial ha cambiado notablemente, y ha quedado claro que un SIG eficaz debe ser capaz de manejar todo tipo de datos geográficos con independencia del modelo de datos empleado.



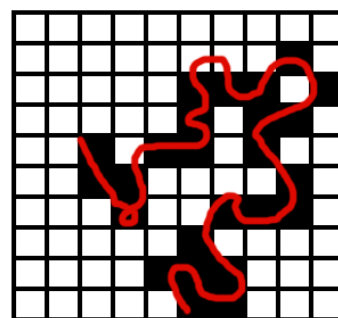
La comparación entre ambos modelos resulta necesaria para hacer un uso correcto de ellos, eligiendo en cada caso el más adecuado, y combinándolos de la manera óptima.

La comparación entre ambos modelos resulta necesaria para hacer un uso correcto de ellos, eligiendo en cada caso el más adecuado, y

combinándolos de la manera óptima. Algunos aspectos a los cuales puede atenderse para comparar uno y otro modelo son los siguientes:

- **Planteamiento.** Íntimamente ligados con los modelos conceptuales del espacio geográfico, los planteamientos de los modelos de representación ráster y vectorial son diferentes en su naturaleza. **El modelo ráster hace más énfasis en aquella característica del espacio que analizamos (qué y cómo), mientras que el modelo vectorial da prioridad a la localización de dicha característica (dónde).**
- **Precisión.** El modelo ráster tiene su precisión limitada por el tamaño de celda. Las entidades menores que dicho tamaño de celda no pueden recogerse, y la variación espacial que sucede dentro del espacio de la celda tampoco.

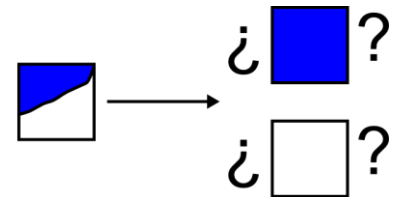
También, existe una imprecisión en las formas. El detalle con el que puede recogerse la forma de una entidad geográfica según el modelo vectorial es, en la práctica, ilimitado, mientras que el modelo ráster restringe las formas a ángulos rectos, ya que la unidad base es una figura regular (generalmente un cuadrado).



El perímetro de una entidad geográfica estará compuesto por líneas horizontales o verticales exclusivamente y, además, su longitud y la superficie que encierra serán respectivamente múltiplos del tamaño de celda y el área de dicha celda. Esta es la principal razón por la cual, **si el uso principal que se le va a dar a una capa es su representación gráfica, deba optarse por el modelo vectorial.** En caso contrario, y salvo que la resolución sea suficientemente alta, los mapas creados mostrarán la falta de resolución y podrán distinguirse las unidades mínimas de la capas

ráster (al igual que pasa en una imagen digital pixelada), teniendo un aspecto que no es el propio de un mapa, tal y como estamos acostumbrados a usarlo.

El hecho de que dentro de una celda el valor de la variable recogida sea constante, da lugar a ambigüedades, donde una celda está ocupada por dos valores distintos, pero solo puede asignársele uno de ellos, debiendo establecerse algún criterio sistemático para llevar esto a cabo.



Hay que tener en cuenta, no obstante, que la precisión de la representación vectorial es, precisamente, de la representación como tal, es decir, del modelo, pero no del dato en sí que tenemos en dicho formato vectorial, el cual depende de otros condicionantes tales como la escala de trabajo. Existe siempre incertidumbre en los datos, y el modelo de almacenamiento no excluye esta circunstancia. Los aspectos relativos a la calidad de los datos, tanto para datos ráster como vectoriales, se desarrollan en otros cursos.

-
- **Volumen de almacenamiento.** El número de elementos a almacenar es, en general, muy superior en el caso del modelo **ráster**. Esto es así debido a que toda la superficie a recoger se divide en las mismas unidades, independientemente de la complejidad de la variable en cada punto o de la necesidad de estudiarla con mayor o menor detalle en unos puntos que en otros. **Para variables que se conciben mejor según un modelo conceptual de entidades discretas, el modelo vectorial resulta más adecuado**, ya que todas las zonas sin entidades no es necesario registrarlas de modo explícito, mientras que en el modelo ráster estas deben registrarse de igual modo que aquellas en las que sí existe información relevante.
 - **Complejidad.** La regularidad y sistematicidad de las mallas ráster hacen sencillo el implementar algoritmos de análisis, muy

especialmente aquellos que implican el uso combinado de varias capas. Cuando estas capas están en formato ráster y existe coincidencia entre sus mallas de celdas, el análisis conjunto de estas resulta inmediato. Por el contrario, la irregularidad espacial de las capas vectoriales hace que la implementación de los mismos algoritmos sea sumamente más compleja si se trabaja con estas capas.



La sencillez de las capas ráster, tanto en su concepto como en su implementación, se ve apoyada además por el hecho de que una capa ráster se puede asemejar a una matriz, y por tanto aplicar sobre ella una serie de herramientas y elementos matemáticos en muchos casos bien conocidos y de fácil comprensión.

Existe de igual forma una distinta complejidad en términos de proceso y cálculo. Los algoritmos sobre una base ráster pueden ser costosos en términos de tiempo por la necesidad de aplicarlos sobre un número muy elevado de celdas y un gran volumen de datos. Por el contrario, los algoritmos sobre una base vectorial son costosos debido a que las operaciones matemáticas que implican son más complejas y requieren mayores números de cálculos (aunque los volúmenes manejados puedan también ser notables).

Más allá de las anteriores diferencias, a la hora de planificar un trabajo dentro de un SIG y elegir los datos que emplearemos y el modelo de representación ideal, lo importante es entender que no existe un modelo de representación idóneo de forma global, sino que esta idoneidad depende de muchos factores, como por ejemplo:

- **Tipo de variable o fenómeno a recoger.** Como ya sabemos, algunas variables, en función de su variabilidad y comportamiento espacial, son más adecuadas para el modelo vectorial, mientras que otras lo son para el modelo ráster.

Por ejemplo, en el caso de variables que requieran una intensidad de muestreo distinta según la localización (variables que resulta interesante estudiar con más detalle en unos puntos que en otros) puede resultar más lógico recogerlas de

forma vectorial, pues el modelo ráster implica una intensidad de muestreo constante a lo largo del área estudiada.

- **Tipo de análisis o tarea a realizar sobre dicha variable.** El uso que demos a una capa temática condiciona en gran medida el modelo de datos idóneo.

Por ejemplo, en el caso de una capa de elevaciones, su análisis se lleva mejor a cabo si esta información está recogida según el modelo ráster. Sin embargo, si el objetivo principal es la visualización de esa elevación en conjunto con otras variables, unas curvas de nivel pueden resultar más adecuadas, ya que, entre otras cosas, no interfieren tanto con otros elementos a la hora de diseñar un mapa con todas esas variables.

- **Contexto de trabajo.**

Por ejemplo, si queremos trabajar con imágenes, esto nos condiciona al empleo de datos ráster, ya que resulta mucho más sencillo combinarlos con las imágenes, las cuales siempre se presentan como capas ráster.

Así, en el desarrollo de un trabajo pueden aparecer circunstancias que hagan más adecuado utilizar el modelo ráster y otras en las que el modelo vectorial sea más idóneo. En tal caso, deben combinarse ambas, pues es de esta forma como se obtendrán mejores resultados.



Un usuario de SIG no debe limitarse a trabajar de forma general con un único modelo de datos, con independencia del tipo de tarea que desempeñe, pues en cualquier caso ambos modelos de datos pueden aportar alguna ventaja.

Por último, **es importante tener en cuenta que existen procedimientos para convertir entre los formatos ráster y vectorial**, de forma que el disponer de datos en un modelo de representación particular no implica que debamos desarrollar nuestro trabajo sobre dichos datos directamente, sino que podemos efectuar previamente una conversión.



Modelos de almacenamiento

Los modelos de almacenamiento son el último escalón en la cadena de etapas distintas que llevan desde la realidad existente al conjunto de simples valores numéricos que almacenamos y manejamos en un SIG y que modelizan dicha realidad.

Los modelos de representación definen una manera de recoger la realidad mediante unidades básicas (sean estas celdas en una malla, o bien primitivas geométricas definidas de una u otra manera), **mientras que los modelos de almacenamiento plantean básicamente un esquema de cómo convertir dichas unidades en valores numéricos de la forma más eficiente**. Es decir, cómo **escribir** dichos valores en un soporte digital o guardarlos en la memoria del ordenador de la mejor manera posible.

Los modelos de almacenamiento deben atender principalmente a dos necesidades básicas, que son las que definirán su idoneidad para cada tarea y tipo de dato:

- **Minimizar el espacio ocupado por los datos.** Esto es especialmente importante, pues, como ya se ha dicho, los datos ráster son con frecuencia muy voluminosos. Un modelo de representación que minimice el tamaño de los datos, unido a un manejo óptimo de memoria, son requisitos de suma importancia para todo SIG que maneje datos ráster, máxime considerando los grandes volúmenes de datos que hoy en día se manejan, tales como los correspondientes a imágenes de alta resolución.
- **Maximizar la eficiencia de cálculo.** La necesidad de maximizar la eficiencia de cálculo afecta principalmente a las representaciones vectoriales ya que en ellas las operaciones son complejas. La forma en que se estructuran los valores de cada entidad ha de minimizar el número de accesos necesarios a estos, para de este modo obtener un mejor rendimiento en todas las operaciones de análisis.