

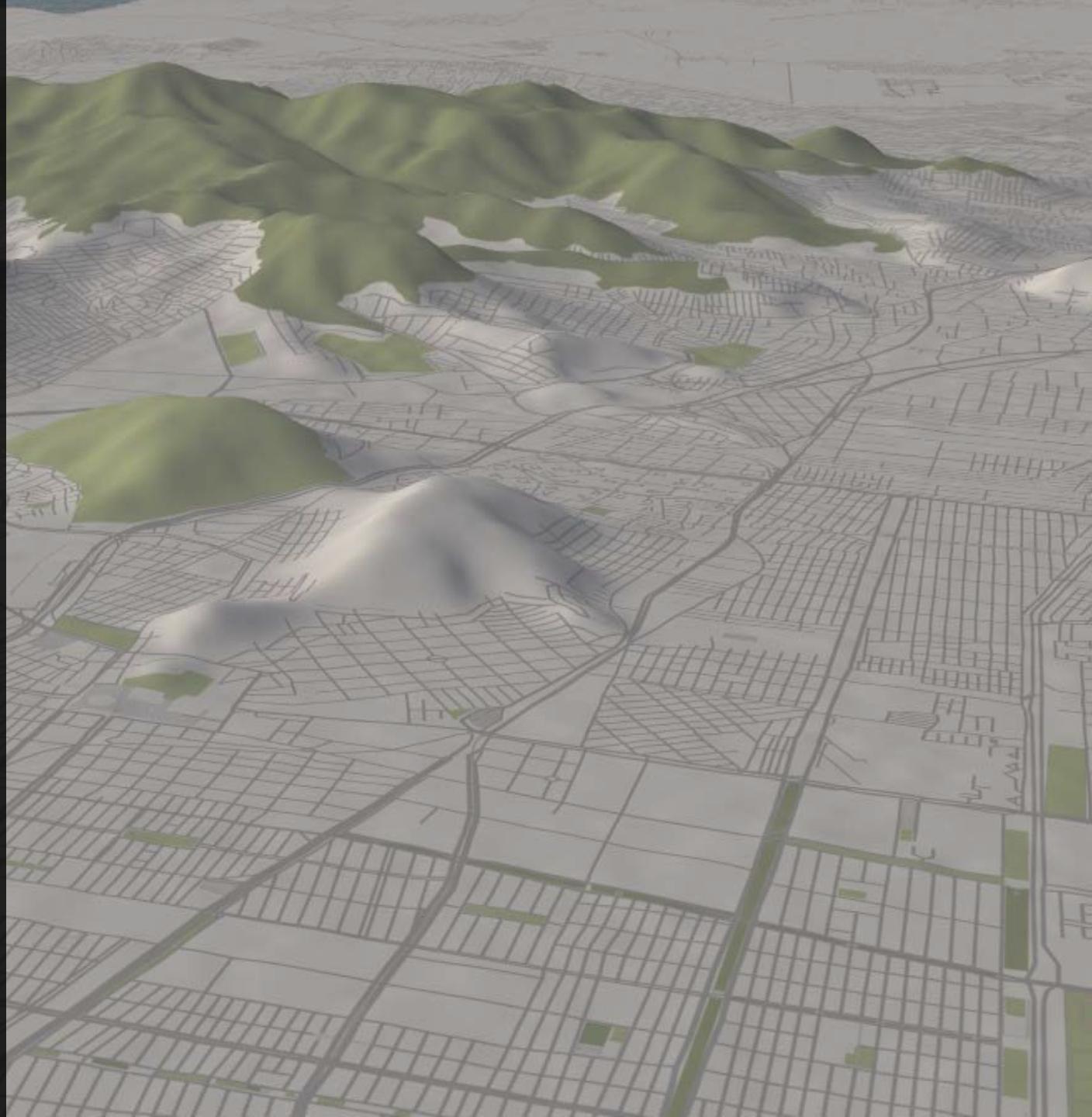


10_Modelos de Datos Geográficos

TEMAS DE CLASE

10_Modelos de Datos Geográficos

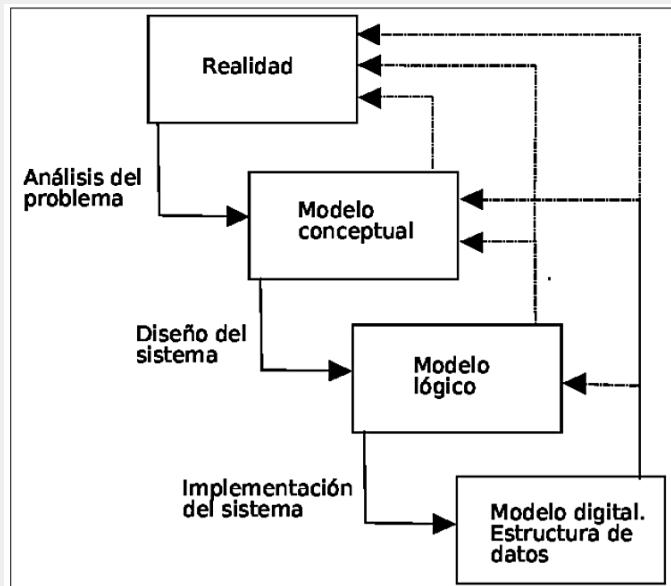
Formatos vectorial y raster.
Modelos y estructuras.
Almacenamiento de datos.
Vector vs. Raster.
Relaciones espaciales y reglas topológicas.
Formatos digitales.



NIVELES DE ABSTRACCIÓN DE LA REALIDAD

Según Alonso (2006):

- ❖ **Realidad perceptible.** (montañas, lagos, campos de cultivo, etc.).
Nivel propio de los gestores preocupados por problemas de gestión y planificación del espacio.
- ❖ **Modelo conceptual.** Nivel de los científicos que desarrollan, verifican o aplican teorías e hipótesis sobre variables y procesos que tienen lugar en el espacio. Estos consideran la existencia de dos tipos fundamentales de elementos sobre la superficie terrestre: entidades y variables. Deben ser capaces de tomar un problema abstracto del nivel anterior y determinar las variables implicadas en su resolución.



❖ **Modelo lógico.** Nivel de los técnicos en SIG que utilizan las herramientas del sistema para llevar a cabo, en el ordenador, las tareas requeridas por gestores o científicos. En lugar de trabajar con la realidad trabajan con representaciones de la misma que suelen ser de dos tipos: raster y vectorial. Deben decidir cual es la más adecuada para representar las variables obtenidas en el desarrollo del modelo conceptual y cuales son los procedimientos más adecuados para obtenerla con los datos de partida disponibles.

❖ **Modelo digital o estructura de datos.** Nivel de informáticos, y desarrolladores de SIG cuya misión es optimizar las estructuras de datos utilizadas para almacenar la información y ampliar el repertorio de herramientas para cumplir en la medida de lo posible las necesidades de los científicos y técnicos en SIG.

NIVELES DE ABSTRACCIÓN DE LA REALIDAD

Según Alonso (2006):

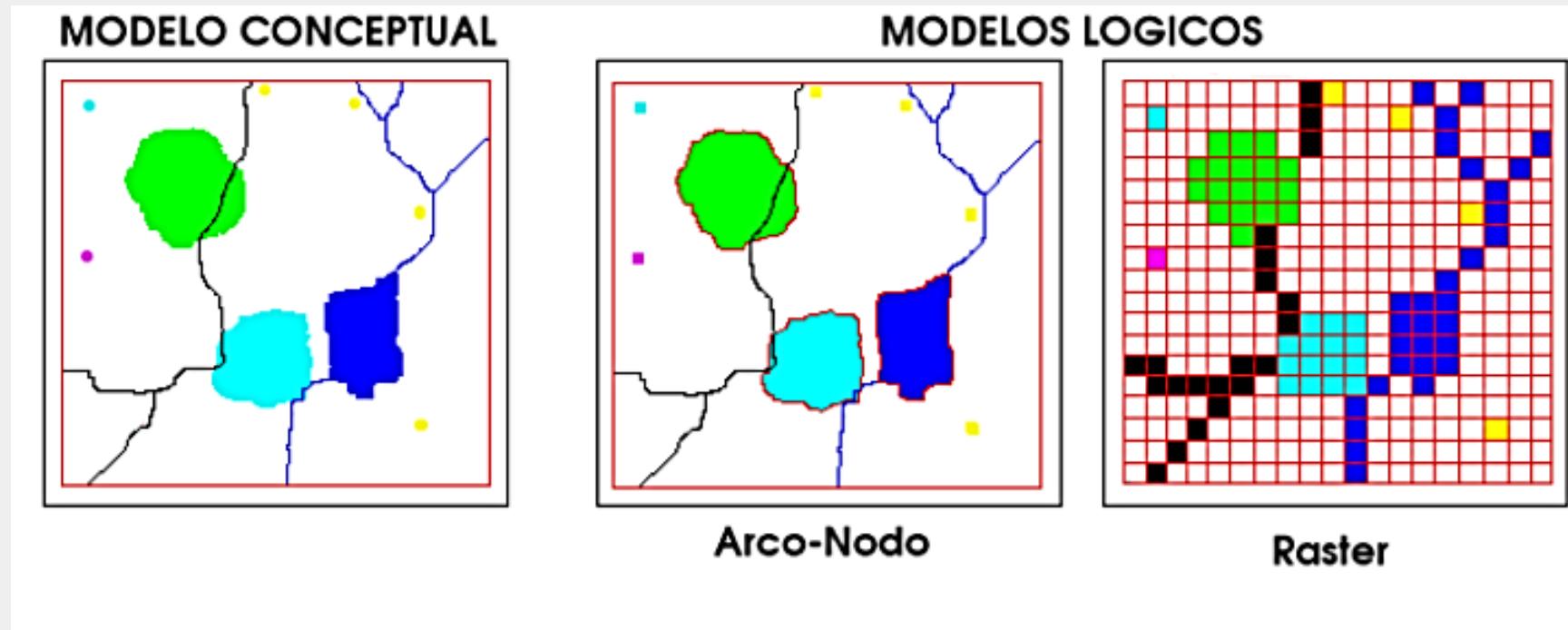


Imagen: <https://bit.ly/2PQDhWc>

MODELOS DE DATOS GEOGRÁFICOS

La forma de representación gráfica es una de las características de mayor relevancia de los datos geográficos, e indica construcciones modélicas y finitas de la compleja realidad.

Los formatos **vectorial** y **ráster**, explican dos grandes modelos de estructura, almacenamiento y organización de los datos gráficos.

El **modelo vectorial** se reconoce geométricamente con puntos, líneas y polígonos, de coordenadas fijadas en sus nodos, vértices y arcos, y vinculado a atributos almacenados en bases de datos relacionales.

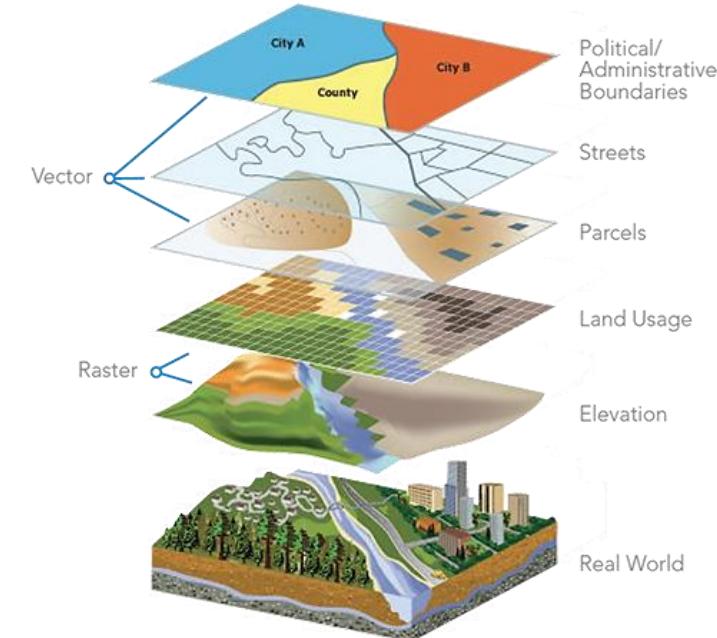


Imagen: <https://bit.ly/2ZcFRtu>

El **modelo ráster**, se visualiza por una matriz (cuadrícula, fila x columna) o estructura en malla (grid) en la que el pixel – o celda de la cuadrícula –, es la unidad mínima de representación y refleja un valor que define su nivel digital (ND).

MODELO DE DATOS VECTOR

En el **modelo vectorial**, los fenómenos espaciales se representan por las coordenadas que codifican el límite o perímetro que define el elemento.

De esta manera, cada una de las primitivas geométricas que se utilizan para «dibujar» fenómenos geográficos espaciales..., tendrá una representación compuesta por uno o muchos pares de coordenadas. (Barriga *et al.*, 2012)

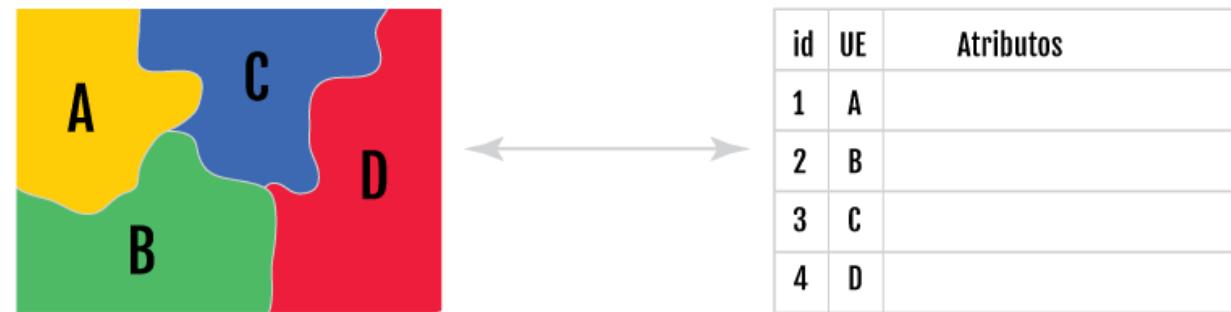


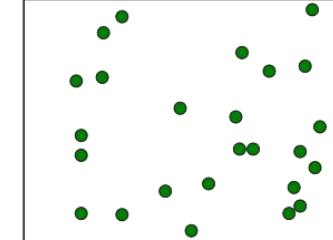
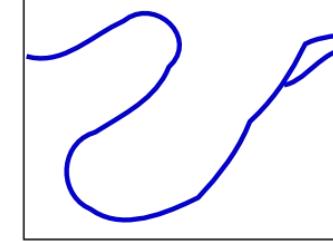
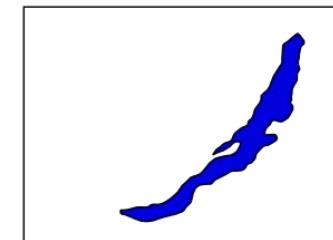
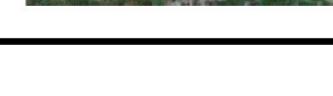
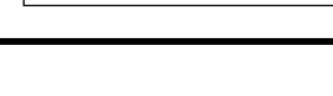
Imagen: <https://bit.ly/2WILHa8> o <https://bit.ly/2OaNf3A>

Los **elementos puntuales** se representan mediante el par de coordenadas (X,Y) que definen su posición. Con un solo par (X,Y) queda definido un fenómeno puntual.

Los **elementos lineales** se representan mediante las coordenadas (X,Y) de todos y cada uno de los vértices que definen los tramos que componen la línea. Para representar un fenómeno lineal se necesitan dos o más vértices que sean diferentes, y el primero y el último tienen que ser distintos.

MODELO DE DATOS VECTOR

Por último, los **elementos superficiales** se codifican mediante las coordenadas (X,Y) de los vértices que componen la poligonal del recinto cerrado. Para codificar una superficie vectorialmente, se necesitan al menos tres puntos diferentes no alineados. Además, se añade un último vértice que coincide con el primero, cerrando así el polígono. (Barriga *et al.*, 2012)

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></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																				

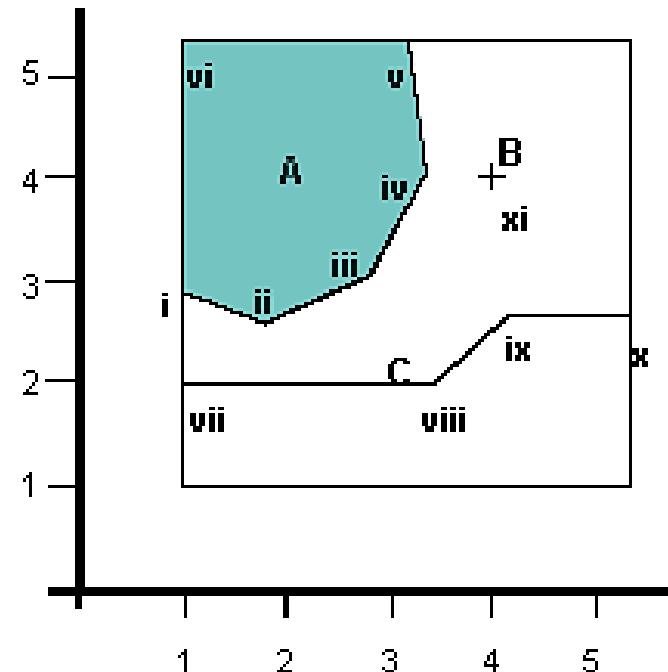
Olaya, 2014. Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

ESTRUCTURA DE DATOS VECTOR

Estructura de datos espagueti: para cada objeto espacial se registra su identificador, seguido por una lista de coordenadas de los vértices (puntos) que definen su posición en el espacio. (CIAF, 2011)

Características según Escobar *et al.*, 1999:

- sencilla
- fácil de operar
- no almacena la topología
- muchas operaciones redundantes, que implican espacios de almacenamiento mayores
- muy utilizada en la cartografía automática



A, 6 (identificador del polígono y nº de vértices)
1, 3 (coordenadas del primer vértice)
1.8, 2.6
2.8, 3
3.3, 4
3.2, 5.2
1, 5.2
1, 3 (coordenadas del primer vértice de nuevo)
B, 1 (identificador del punto y nº de vértices)
4, 4
C, 4 (identificador de la linea y nº de vértices)
1, 2
3.5, 2
4.2, 2.7
5.2, 2.7

Imagen: <https://bit.ly/2Mllof7> y <https://bit.ly/2QXMn4r>

ESTRUCTURA DE DATOS VECTOR

Diccionario de vértices: un mapa se representa mediante dos archivos de datos:

Un archivo está constituido por una relación de vértices, en la que constan las coordenadas X e Y, y otro archivo con los vértices que definen cada objeto.

Esta estructura resuelve los problemas de repetición de coordenadas de los puntos, de la estructura espagueti; pero es muy pobre desde el punto de vista topológico. (CIAF, 2011)

Características según Escobar *et al.*, 1999:

- no hay operaciones redundantes, pero tampoco almacena la topología

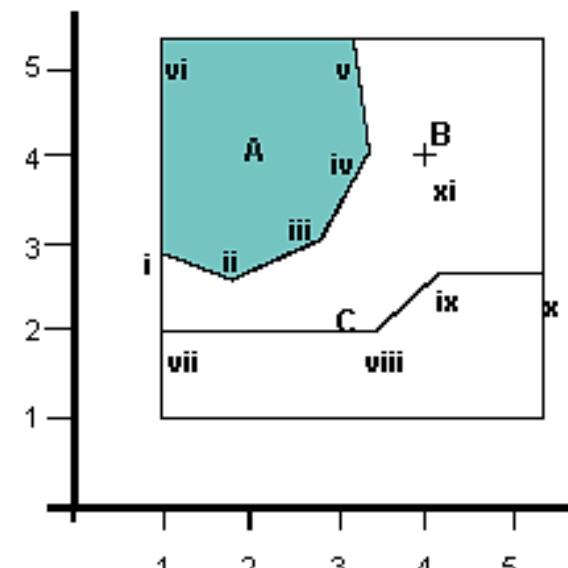


Imagen: <https://bit.ly/2Mllof7> y <https://bit.ly/2QXMn4r>

fichero 1		fichero 2	
vértice	X	Y	
i	1	3	polígono A: i, ii, iii, iv, v, vi
ii	1.8	2.6	punto B: xi
iii	2.8	3	línea C: vii, viii, ix, x
iv	3.3	4	
v	3.2	5.2	
vi	1	5.2	
vii	1	2	
viii	3.5	2	
ix	4.2	2.7	
x	5.2	2.7	
xi	4	4	

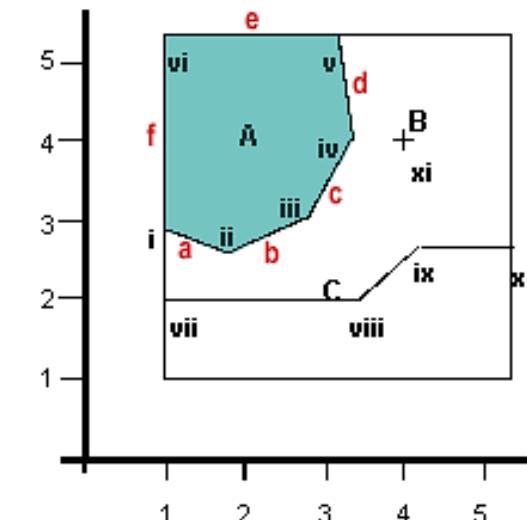
ESTRUCTURA DE DATOS VECTOR

Ficheros DIME: un mapa se representa mediante dos archivos de datos: Un archivo está constituido por una relación de vértices, en la que constan las coordenadas X e Y, y otro archivo con los vértices que definen cada objeto.

Esta estructura resuelve los problemas de repetición de coordenadas de los puntos, de la estructura espagueti; pero es muy pobre desde el punto de vista topológico. (Escobar *et al.*, 1999)

Características :

- elaborados por la Oficina del Censo de los Estados Unidos
- los nodos (intersecciones de líneas) se identifican con códigos
- se asigna un código direccional de la forma "from node" (nodo origen) y "to node" (nodo final)
- tanto las direcciones de las calles como las coordenadas UTM se definen de forma explícita para cada vínculo



vértice	<u>fichero 1</u>	
	X	Y
i	1	3
ii	1.8	2.6
iii	2.8	3
iv	3.3	4
v	3.2	5.2
vi	1	5.2
vii	1	2
viii	3.5	2
ix	4.2	2.7
x	5.2	2.7
xi	4	4

segmento	polig. dcha.	polig. izq.	vértice origen	vértice final	polígono	segmentos
a	externo	A	i	ii	A	a, b, c, d, e, f
b	externo	A	ii	iii		
c	externo	A	iii	iv		
d	externo	A	iv	v		
e	externo	A	v	vi		
f	externo	A	vi	i		
g	externo	externo	vii	viii	B	
h	externo	externo	viii	ix		
i	externo	externo	ix	x		

Imagen: <https://bit.ly/2Mllof7> y <https://bit.ly/2QXMn4r>

ESTRUCTURA DE DATOS VECTOR

Estructura arco – nodo: el elemento fundamental es el arco.

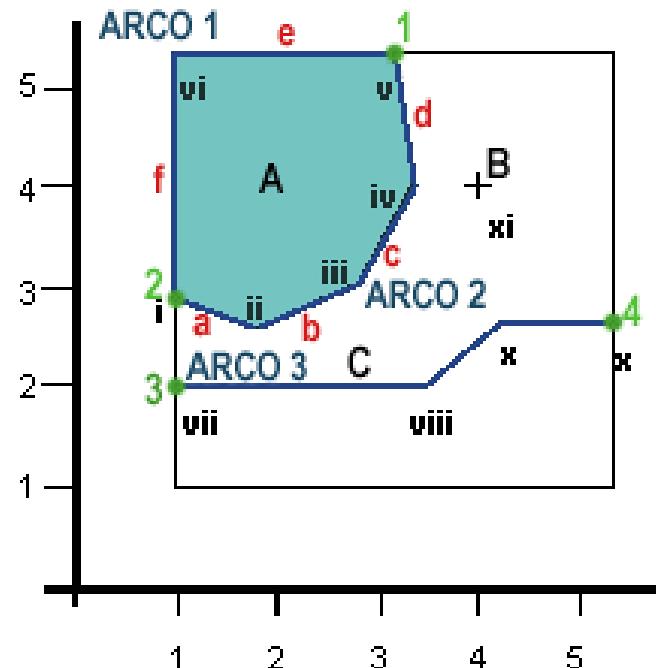
- Donde el **arco** es una sucesión de líneas a segmentos que comienza en un nodo y termina en otro.
- Los **nodos** se marcan donde se produce la intersección entre líneas o donde una línea termina.

En esta estructura se utilizan diferentes tablas para el registro de las relaciones topológicas: tabla para topología de polígonos, tabla de topología de nodos, tabla de topología de arcos, tabla de coordenadas de arcos.

Su inconveniente radica en que, después de cada actualización, se requiere reconstruir la topología, lo cual puede tomar mucho tiempo cuando el archivo es grande. (CIAF, 2011)

ESTRUCTURA DE DATOS VECTOR

Estructura arco-nodo:



Fichero 1. Coordenadas de los nodos y vértices de cada arco			
ARCO	Nodo origen	Vértices intermedios	Nodo final
1	3.2, 5.2	1, 5.2	1,3
2	1,3	1.8,2.6 2.8,3 3.3,4	3.2, 5.2
3	1,2	3.5,2 4.2,2.7	5.2,2.7

Fichero 2. Topología de arcos				
ARCO	Nodo origen	Nodo final	Polígono derecha	Polígono izquierda
1		1	2	Externo
2		2	1	A
3		3	4	Externo
				Externo

Fichero 3. Topología de polígonos	
Polígono	Arcos
A	1, 2

Fichero 4. Topología de los nodos	
Nodo	Arcos
1	1,2
2	1,2
3	3
4	4
5	5

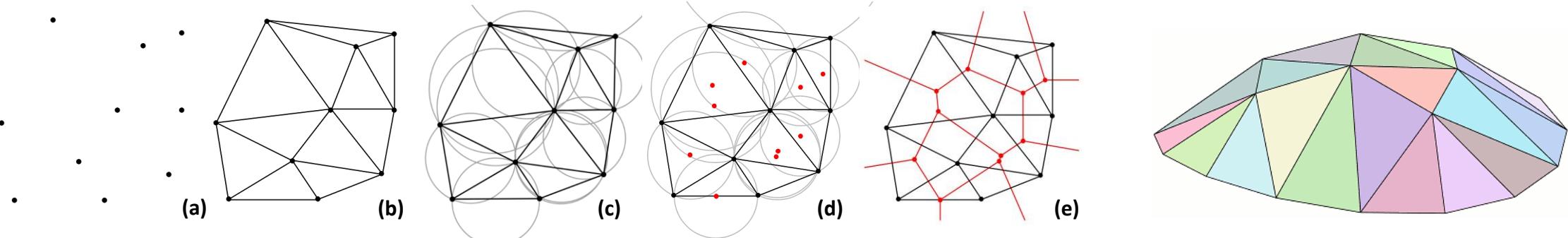
Escobar *et al.*, 1999.

Imagen: <https://bit.ly/2Mllof7> y <https://bit.ly/2QXMn4r>

ESTRUCTURA DE DATOS VECTOR

TIN (Red Irregular de Triángulos) (en inglés, *Triangulated irregular network*) : esta estructura se basa en la estructura arco–nodo, diseñada especialmente para representar la elevación del terreno, pero puede ser utilizada para representar la distribución espacial de cualquier variable continua.

Se trata de una red de triángulos irregulares interconectados, en la que se registran las coordenadas (X, Y) de los nodos que definen los triángulos y el valor de la elevación (Z) de dichos nodos, así como la contigüidad de los triángulos. (CIAF, 2011)



Triángulos de Delaunay (b), y los polígonos de Thiessen o diagramas de Voronoi (e). Imagen: <https://bit.ly/2ZawTNn>

Imagen: <https://bit.ly/2oZ8p9M>

Cada triángulo tienen unas propiedades constantes, como corresponde al modelo vectorial. En particular, se considera habitualmente que todos los puntos dentro de un mismo triángulo constituyen un plano, con una pendiente y una orientación fija por tanto. (Olaya, 2014)

MODELO DE DATOS RASTER

El ejemplo más característico de información raster es la imagen, fotografía o modelo digital.

Este formato se consigue mediante la superposición de una **rejilla** de unidades poligonales de igual forma y tamaño, sobre la imagen original (analógica y continua).

A este método se le denomina **rasterización** y a esas unidades **píxel**. (Barriga *et al.*, 2012)

A cada píxel se le asigna el valor asociado al área que representa sobre la imagen original. Si la imagen es una fotografía en color, el valor del píxel lleva asociada el componente RGB del color. Si se trata de un modelo de elevaciones, el píxel representa el valor de la altura del terreno.

Referencia:

1. Unidad Espacial A
2. Unidad Espacial B
3. Unidad Espacial C
4. Unidad Espacial D

1	1	3	3	3	3	4
1	1	1	3	3	4	4
1	1	2	3	3	4	4
2	2	2	2	4	4	4
2	2	2	2	4	4	4

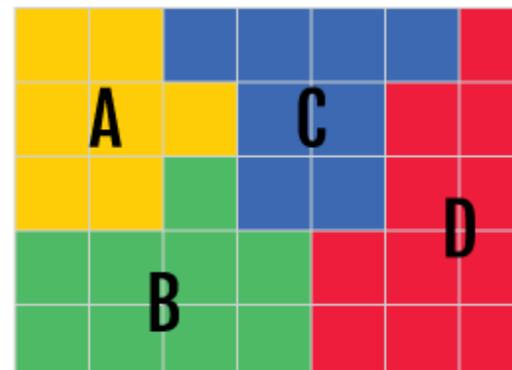
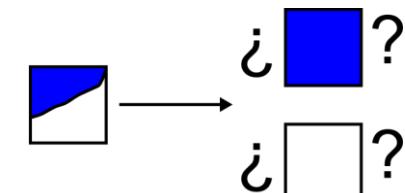


Imagen: <https://bit.ly/2WILHa8> o <https://bit.ly/2OaNf3A>



Ambigüedad en un pixel raster.
(Olaya, 2014)

Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

MODELO DE DATOS RASTER

La palabra **píxel** proviene de la fusión de las palabras inglesas '*picture*' (imagen) y '*element*' (elemento).

La longitud de los lados del píxel en unidades del terreno nos proporciona la escala de la imagen raster generada. (Barriga *et al.*, 2012)

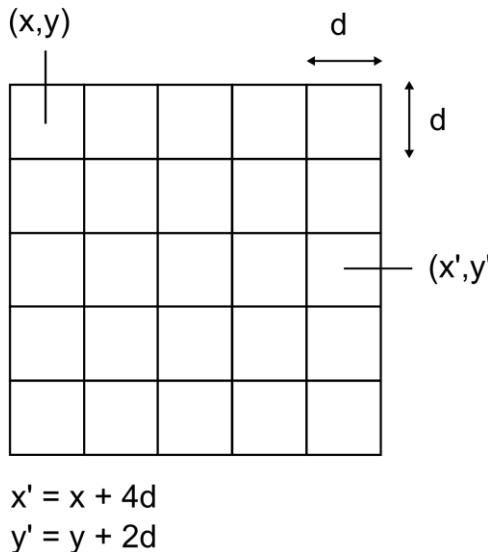
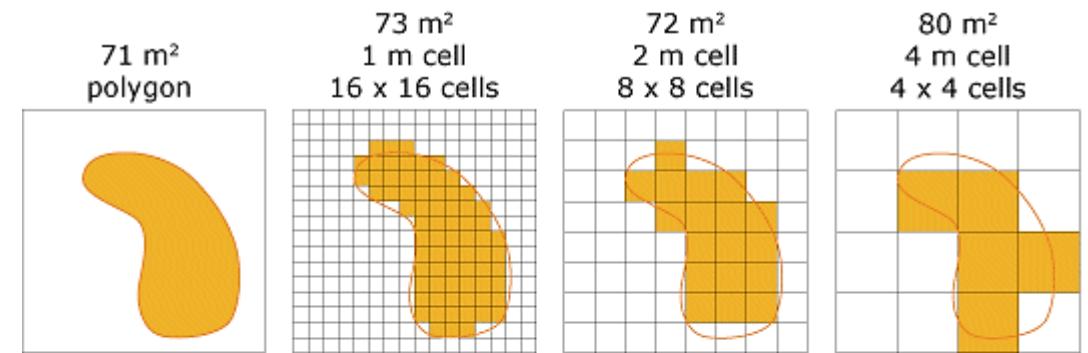


Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>



- Smaller cell size
 - Higher resolution
 - Higher feature spatial accuracy
 - Slower display
 - Slower processing
 - Larger file size
- Larger cell size
 - Lower resolution
 - Lower feature spatial accuracy
 - Faster display
 - Faster processing
 - Smaller file size

Imagen: <https://bit.ly/2A99yoy>

La estructura regular de la malla ráster permite conocer las coordenadas de las celdas sin necesidad de almacenar estas, sino tan solo recogiendo algunos parámetros de la malla como la localización de una **celda base** (x, y), la orientación global o el **tamaño de celda** (d). (Olaya, 2014)

MODELO DE DATOS RASTER

La rejilla, malla, cuadrícula o *grid* pueden estar formada por tres tipos de figuras geométricas elementales o **píxeles**: cuadrados (rectángulos), triángulos regulares y hexágonos.

La rejilla más utilizada es la cuadrada y en este caso, un parámetro fundamental es el tamaño del píxel.

Cuanto más pequeño sea, más precisa será la representación digital de la imagen. (Barriga *et al.*, 2012)

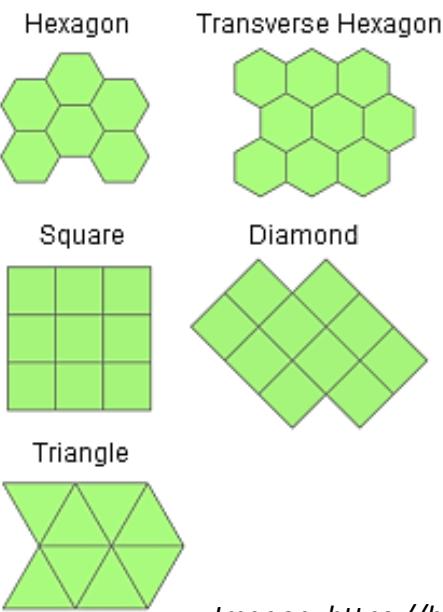


Imagen: <https://bit.ly/3h0y37Q>

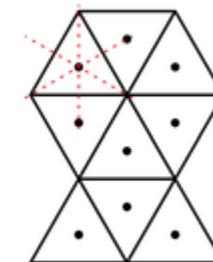
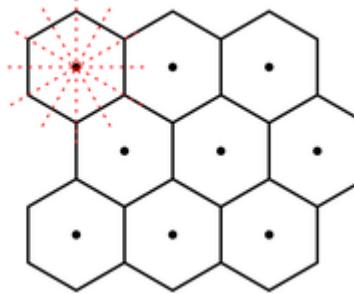
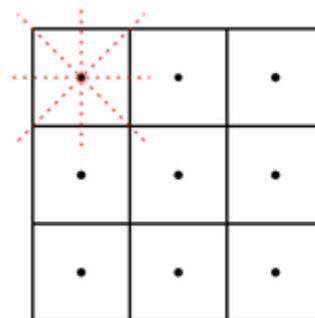


Imagen: <https://bit.ly/2MEIUE>

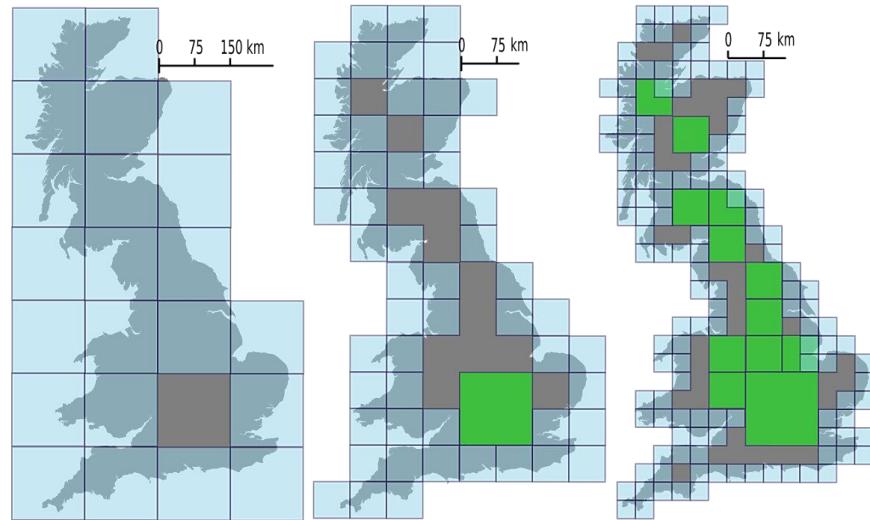
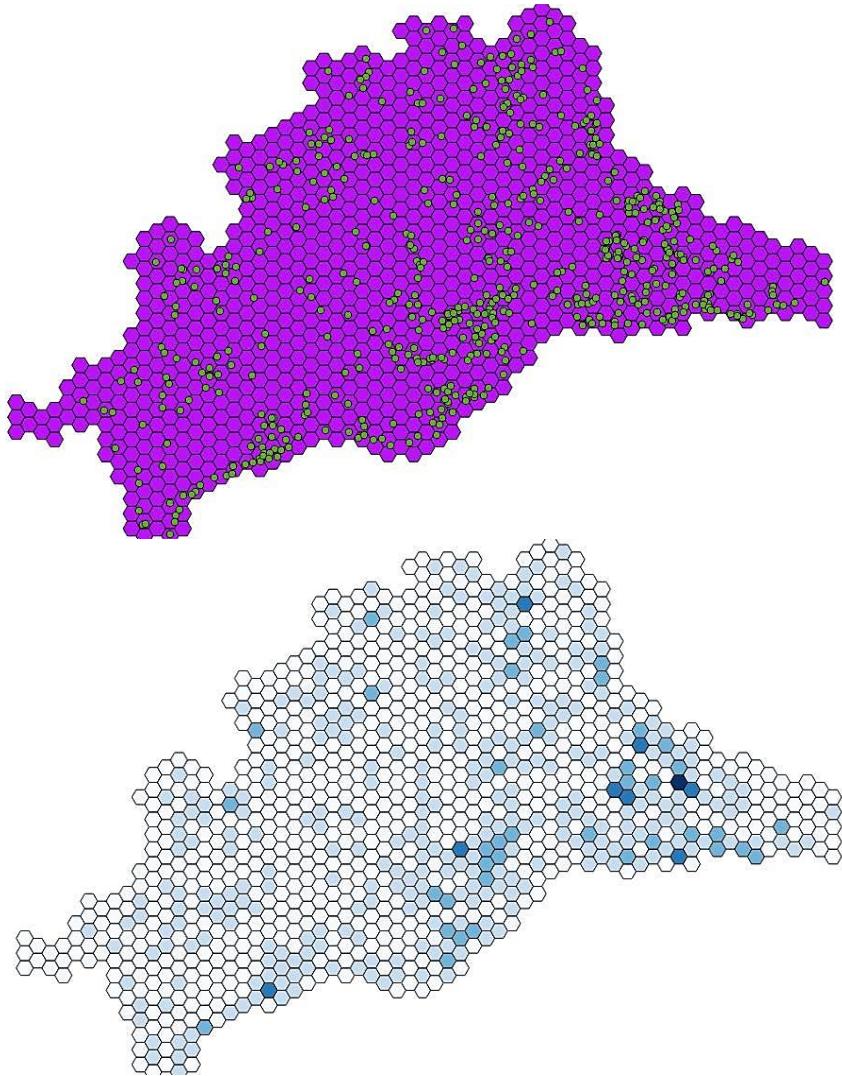


Imagen: <https://bit.ly/2BxhuAb>

Los tres patrones de mosaico euclidianos regulares (rectangular, hexagonal, triangular) con sus ejes de simetría resaltados.

Los dos primeros pueden crear un mosaico continuo sin modificar las geometrías de las celdas porque tienen al menos dos ejes de simetría congruentes. Las celdas triangulares deben rotarse.

MODELO DE DATOS RASTER



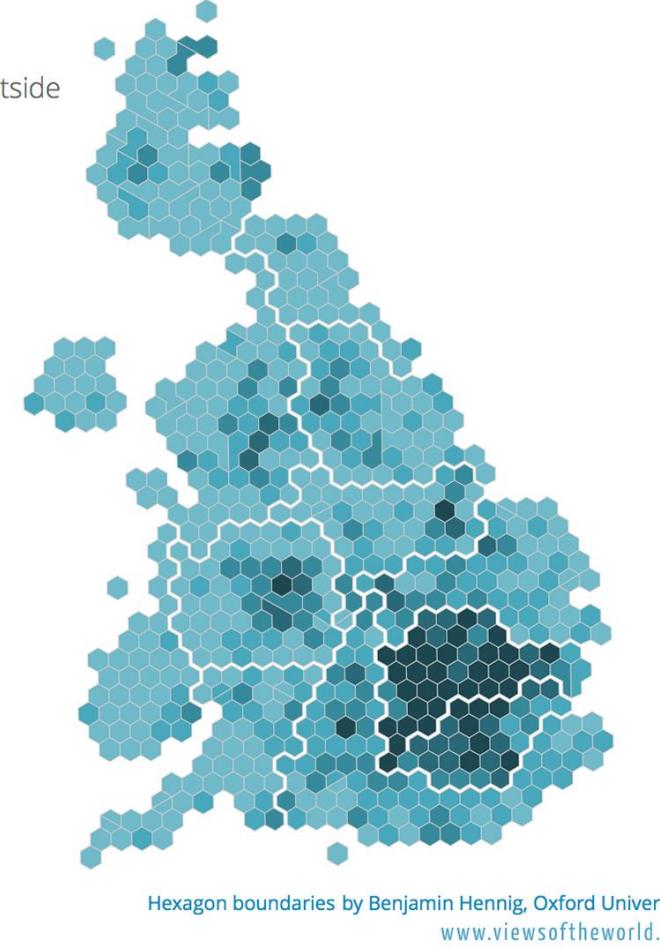
Imágenes: <https://bit.ly/3dH53jp>



Imagen: <https://bit.ly/379tZOs>

Population born outside
the UK (%)

59
38
25
15
8
2



MODELO DE DATOS RASTER

Estructura Simples: **Enumeración exhaustiva o “row-order”**

Un mapa se representa mediante dos archivos de datos: Un archivo está constituido por una relación de vértices, en la que constan las coordenadas X e Y, y otro archivo con los vértices que definen cada objeto.

En esta estructura de datos el valor de cada pixel se registra individualmente, de forma que no se aplica ningún método de compresión cuando el mismo valor numérico aparece reiteradas veces seguidas.

(Escobar *et al.*, 1999)

Es el sistema de almacenamiento usual

representación raster

A	A	A	A	0	0	0	0
A	A	A	A	A	0	0	0
A	A	A	A	0	B	0	0
A	A	A	A	0	0	0	0
A	A	A	0	0	0	C	C
0	0	0	0	0	C	0	0
C	C	C	C	C	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

pixel	valor
1	A
2	A
3	A
4	A
5	0
6	0
7	0
8	0
9	A
10	A
11	A
12	A
13	A
14	0
15	0
16	0
.	.
.	.
62	0
63	0
64	0

Imagen: <https://bit.ly/2Mllof7> y <https://bit.ly/2K3RUWM>

MODELO DE DATOS RASTER

Estructura Simples: Codificación por grupos de longitud variable "run-length"

Es un método de compresión de imágenes. En el caso de que existan celdas contiguas con valores numéricos idénticos, esta estructura compacta la información. (Escobar *et al.*, 1999)

En vez de registrar el valor de cada celda individualmente, para cada fila se recoge el valor temático que existe y el número de celdas con dicho valor.

Si sólo existe una celda con ese valor el tamaño se duplica, pero se reduce considerablemente en el caso de tres o más celdas idénticas.

Cuanto mayores y más frecuentes sean las series de datos repetitivos, mayor compresión se logrará. Esta técnica es especialmente útil para codificar imágenes monocromo o binarias (Chrisman, 1997).

representación raster

A	A	A	A	0	0	0	0
A	A	A	A	A	0	0	0
A	A	A	A	0	B	0	0
A	A	A	A	0	0	0	0
A	A	A	0	0	0	C	C
0	0	0	0	0	C	0	0
C	C	C	C	C	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

A,	4	0,	8				
A,	5	0,	8				
A,	4	0,	5	B,	6	0,	8
A,	4	0,	8				
A,	3	0,	6	C,	8		
0,	5	C,	5	0,	8		
C,	5	0,	8				
0,	8						

Imagen: <https://bit.ly/2Mllof7> y <https://bit.ly/2K3RUWM>

MODELO DE DATOS RASTER

Estructura Jerárquica:

Quadtrees o árboles cuaternarios

Estas estructuras también dividen el espacio en cuadrantes sucesivamente, pero lo hacen con más profundidad en aquellas zonas que así lo requieran por contener mayor número de elementos y necesitar mayor resolución. En el caso de una capa ráster, se requerirá más detalle siempre que todas las celdas dentro de un cuadrante no tengan el mismo valor.

En el caso más extremo, se ha de descender hasta el nivel de una sola celda, pero puede ser que un bloque de celdas contiguas tenga el mismo valor, en cuyo caso el cuadrante correspondiente las engloba a todas y las define con dicho único valor, sin necesidad de subdividirse más. De este modo, se adapta el modelo de almacenamiento a la propia estructura de la capa y al comportamiento que en esta muestra la variable estudiada. (Olaya, 2014)

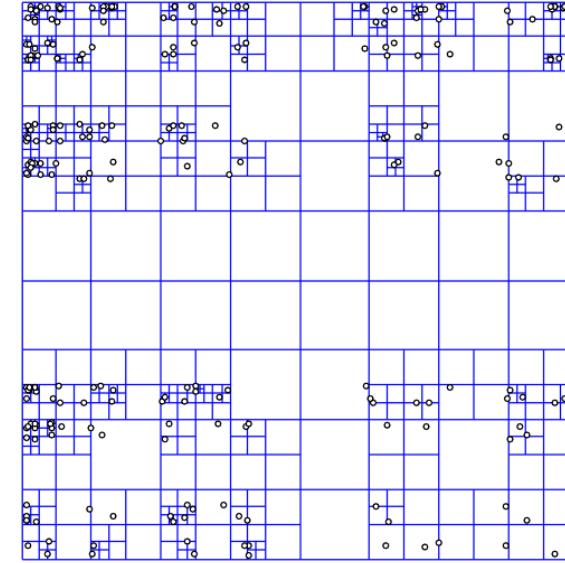


Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

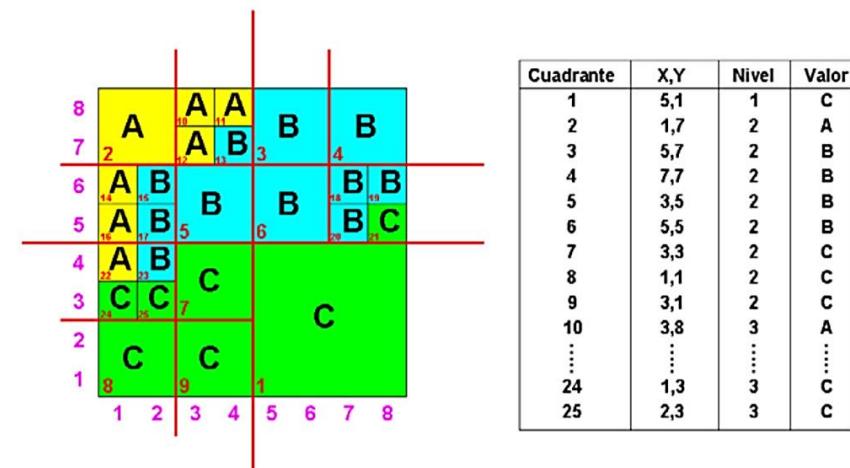


Imagen: <https://bit.ly/2OaNQfR>

MODELO DE DATOS RASTER

Aunque el mayor problema de las capas ráster es su gran volumen, también existen diversas alternativas enfocadas a mejorar la velocidad de acceso a datos y el rendimiento de las operaciones sobre estas capas.

Estas alternativas afectan a las imágenes con múltiples bandas, ya que estas, como dijimos, se recogen en un único fichero, en el cual se incorpora toda la información de las distintas bandas.

La forma en la que las bandas se tratan dentro del fichero y el modo en que se ordenan los píxeles de las distintas bandas, ambas definen el esquema de almacenamiento, presentando cada uno de ellos una serie de ventajas de rendimiento en función de la actividad principal que se vaya a desarrollar con la imagen. (Olaya, 2014)

MODELO DE DATOS RASTER

Band Sequential (BSQ). Los valores se almacenan por bandas.

Es decir, primero todos los píxeles de la banda 1, después los de la banda 2, y así sucesivamente. Este tipo de esquema **da prioridad a la componente espacial**, ya que permite acceder rápidamente a todo el espacio cubierto por una banda, puesto que los píxeles de dicha banda se encuentran almacenados en posiciones contiguas.

Band Interleaved by Pixel (BIP). Los valores se almacenan ordenados por posiciones de píxel.

Es decir, primero se almacenan todos los valores correspondientes al píxel (0, 0) (en todas las bandas existentes), después los correspondientes al (0,1), y así sucesivamente. En caso de que lo que interese sea, para un píxel dado, conocer toda la información disponible (su valor en todas las bandas), el esquema BIP es más ventajoso, ya que permite accesos rápidos a este tipo de información, sin necesidad de «saltar» de un valor a otro como sucedería en el caso del esquema BSQ. A nivel de acceso, **se prima la informaciónpectral sobre la espacial**.

Band Interleaved by Lines (BIL). Es un esquema intermedio en el que se recogen los valores por filas.

Esto es, primero la fila 1 de la banda 1, luego la de la banda 2, y así sucesivamente. Posteriormente se recoge la fila 2 para todas las bandas, y de este modo hasta cubrir toda la imagen. Se trata de un esquema intermedio entre los anteriores, permitiendo un **acceso rápido tanto a la información espacial como a la informaciónespectral de las bandas**.

MODELO DE DATOS RASTER

La figura muestra un ejemplo muy sencillo de los anteriores esquemas. Para una imagen de 2×2 celdas y dos bandas, se recoge el orden en que se almacenaría capa valor según cada uno de dichos esquemas. (Olaya, 2014)

	BSQ	BIP	BIL												
Banda 1	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>5</td><td>7</td></tr></table>	1	3	5	7	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	5	6
1	2														
3	4														
1	3														
5	7														
1	2														
5	6														
Banda 2	<table border="1"><tr><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td></tr></table>	5	6	7	8	<table border="1"><tr><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td>6</td><td>8</td></tr></table>	2	4	6	8	<table border="1"><tr><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td></tr></table>	3	4	7	8
5	6														
7	8														
2	4														
6	8														
3	4														
7	8														

Esquemas de almacenamiento para imágenes multibanda.
Los números indican el orden en que se almacena cada valor.

Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

	bsq	bil	bip																																																															
image data	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	1	2	3	4	5	6	4	5	6	7	8	9	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr><tr><td>6</td><td>6</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr><tr><td>8</td><td>8</td><td>8</td></tr><tr><td>9</td><td>9</td><td>9</td></tr></table>	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
1	2	3																																																																
4	5	6																																																																
7	8	9																																																																
1	2	3																																																																
1	2	3																																																																
4	5	6																																																																
4	5	6																																																																
7	8	9																																																																
4	5	6																																																																
1	2	3																																																																
4	5	6																																																																
7	8	9																																																																
1	1	1																																																																
2	2	2																																																																
3	3	3																																																																
4	4	4																																																																
5	5	5																																																																
6	6	6																																																																
7	7	7																																																																
8	8	8																																																																
9	9	9																																																																
bsq	1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6	• • •																																																																
bil	1 2 3 1 2 3 1 2 3 4 5 6 4 5 6	• • •																																																																
bip	1 1 1 2 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5	• • •																																																																

Imagen: <https://bit.ly/2WneNG7>

MODELO DE DATOS RASTER

Algunos rásteres tienen una **banda única**, o capa (una medida de una sola característica) de datos, mientras que otros tienen múltiples bandas.

Un ejemplo de dataset ráster de banda única es un modelo digital de elevación (DEM).

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. (Bandas, Manual ArcMap 10.3, en <<https://bit.ly/3h5I70O>>)

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

- **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.
- **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).

Binary image		Grayscale image	
0	0	124	0
1	0	187	68
1	0	251	10
0	0	236	236
1	0	124	218
1	1	132	201
0	0	56	56
1	1	32	255
1	0	141	56
0	1	212	152
1	1	152	255
0	1	255	0
0	1	0	255

Display colormap image		Colormap	
1	5	red	255
5	2	green	255
5	5	blue	0
2	1	red	64
2	1	green	0
4	4	blue	128
2	4	red	255
4	4	green	32
2	4	blue	32
5	2	red	0
5	5	green	255
5	5	blue	0
3	1	red	0
3	2	green	0
3	3	blue	255
4	4	red	0
4	4	green	0
4	4	blue	255
5	3	red	0
5	3	green	0
5	3	blue	255

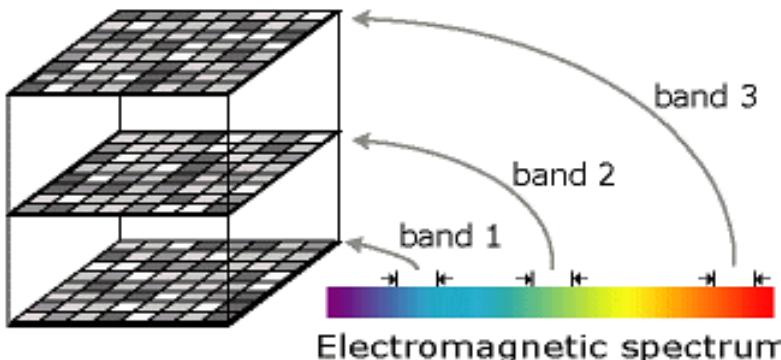
Imágenes: <https://bit.ly/3h5I70O>

MODELO DE DATOS RASTER

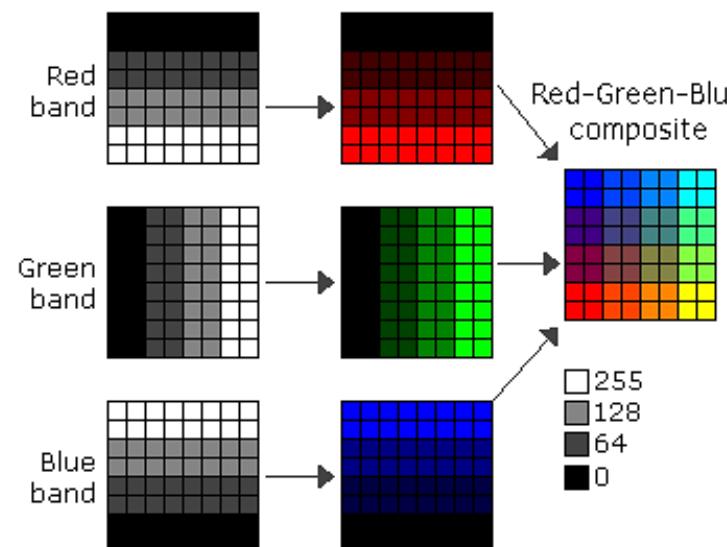
Cuando hay **múltiples bandas**, cada ubicación de celda tiene más de un valor asociado. Con múltiples bandas, cada banda por lo general representa un segmento del espectro electromagnético recopilado por un sensor.

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.
(Bandas, Manual ArcMap 10.3, en < <https://bit.ly/3h5I70O> >)



Imágenes: <https://bit.ly/3h5I70O>



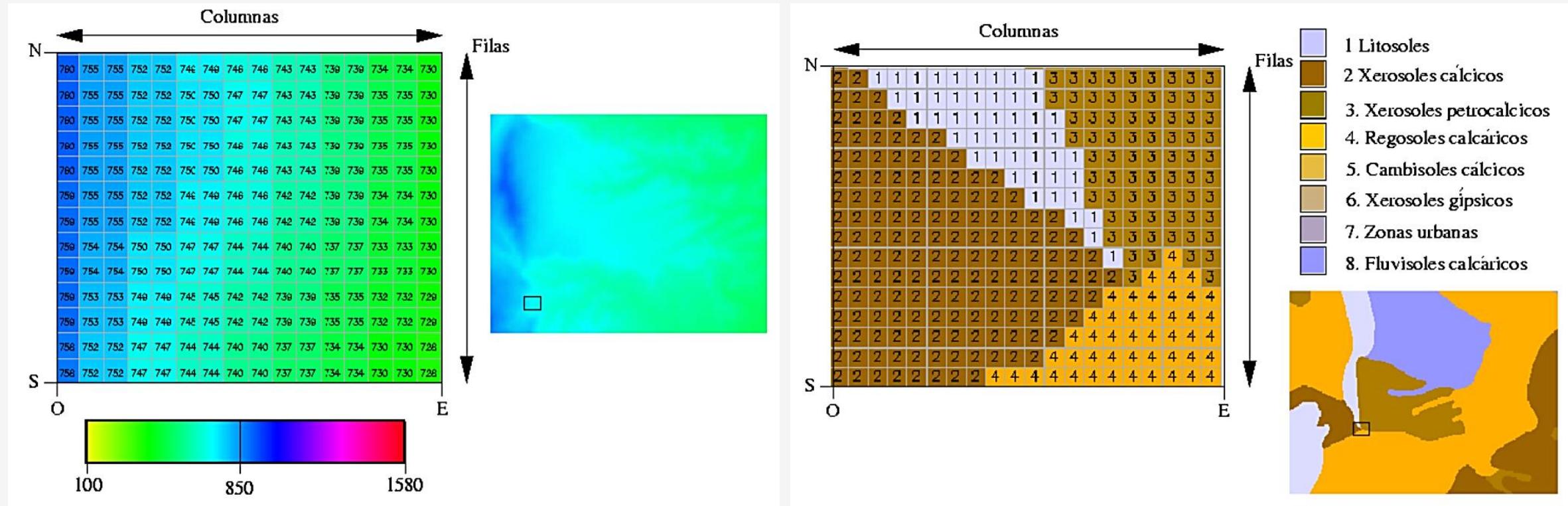
Se puede elegir mostrar una banda única de datos o formar una **composición de color a partir de múltiples bandas**.

Una combinación de cualquiera de las tres bandas disponibles en un dataset ráster multibanda se puede utilizar para crear **composiciones RGB**.

A veces se puede recabar más información de la composición RGB que si fuese a trabajar con sólo una banda.

MODELOS DIGITALES EN FORMATO RASTER

Modelos Digitales en formato raster (Alonso, 2006)



Codificación de una variable cuantitativa (izquierda) y codificación de una variable cualitativa (derecha).

VECTOR VS. RASTER

	Modelo de datos vector	Modelo de datos raster
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">En cuanto al concepto, son ideales para representar variables discretas.Genera una estructura de datos más compacta que el modelo raster.Genera una codificación eficiente de la topología y, consecuentemente, una implementación más eficiente de las operaciones que requieren información topológica, como el análisis de redes.El modelo vectorial es más adecuado para generar salidas gráficas.Mejores estimaciones de área, perímetro y longitud.Se pueden adaptar bajo bases de datos orientadas a objetos.Análisis de redes más consistentes.	<ul style="list-style-type: none">En cuanto al concepto, son ideales para representar variables continuas.Es una estructura de datos simple.Las operaciones de superposición de mapas se implementan de forma más rápida y eficiente.Cuando la variación espacial de los datos es muy alta, el formato raster es una forma más eficiente de representación.El formato raster es requerido para un eficiente tratamiento y realce de las imágenes digitales.La diferente topología de las unidades espaciales dificulta los ejercicios de simulación.Útil para análisis de grandes extensiones con baja precisión de propiedades espaciales.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">Es una estructura de datos más compleja que el modelo raster.Las operaciones de superposición de mapas son más difíciles de implementar.Resulta poco eficiente cuando la variación espacial de los datos es muy alta.El tratamiento y realce de las imágenes digitales no puede ser realizado de manera eficiente en el formato vectorial.Las superposiciones exigen más verificación de errores y pueden ser más lentas.	<ul style="list-style-type: none">La estructura de datos raster es menos compacta.Ciertas relaciones topológicas son más difíciles de representar.La salida de gráficos resulta menos estética.Alto nivel de error en estimaciones de área, perímetro y longitud.Gran espacio de almacenamiento a medida que aumenta la resolución.Desperdicio de espacio de almacenamiento para datos espaciales espaciados.Análisis de redes muy complejos y menos consistentes.Transformación de coordenadas menos eficiente.

Fuente: Gutiérrez y Gould 1994.

En el cuadro se indican algunas diferencias entre ambos modelos, conociendo sus ventajas y desventajas: (CIAF, 2011)

Imagen: <https://bit.ly/31iKUuc>

COMPONENTES DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS

Componente de relaciones

Los objetos espaciales mantienen **ciertas relaciones entre sí basadas en el espacio**.

Se trata de un número elevado de relaciones (como conectividad, contigüidad, proximidad, etc.) por lo que no es posible que todas ellas sean almacenadas en un Sistema de Información Geográfica.

Algunas están explícitamente definidas en un SIG, otras son calculadas cuando son requeridas o sencillamente no están disponibles (Aronoff, 1989).

Así, por ejemplo, numerosos SIG almacenan explícitamente la relación topológica de contigüidad entre dos polígonos, pero en cambio en relación de proximidad (cerca/lejos) entre dos objetos puede ser calculada en el momento requerido a través de la geometría, de la localización de ambos objetos, de acuerdo con lo que entienda el usuario por los términos cerca/lejos.

Así, a menos de una determinada distancia con respecto a ese objeto, previamente especificada por el usuario. (Dorado *et al.*, 2008)

RELACIONES ESPACIALES

Es difícil hacer una relación exhaustiva de relaciones espaciales. Frank y Mark (1991) recogen distintas relaciones espaciales fundamentales que pueden ser enumeradas de la siguiente forma:

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1. A la derecha de | 9. Lejos de |
| 2. A la izquierda de | 10. Tocando con |
| 3. Junto a | 11. Entre |
| 4. Encima de | 12. Dentro de |
| 5. Debajo de | 13. Fuera de |
| 6. Detrás de | 14. Al norte de |
| 7. Delante de | 15. Al sur de |
| 8. Cerca de | 16. Al oeste de |
| | 17. Al este de |

Imagen: <https://bit.ly/2XDteHO>

Pullar, 1988, propone los siguientes tipos de relaciones espaciales: (Olaya, 2014)

- **Relaciones direccionales**, que describen el orden en el espacio. Por ejemplo, *al norte de, al sur de, etc.*
- **Relaciones topológicas**, las cuales describen la vecindad e incidencia. Por ejemplo, *son disjuntos o son adyacentes.*
- **Relaciones comparativas**, que describen la inclusión. Por ejemplo *está en.*
- **Relaciones de distancia**, tales como *lejos de o cerca de.*
- **Relaciones «difusas»** tales como *al lado de o a continuación.*

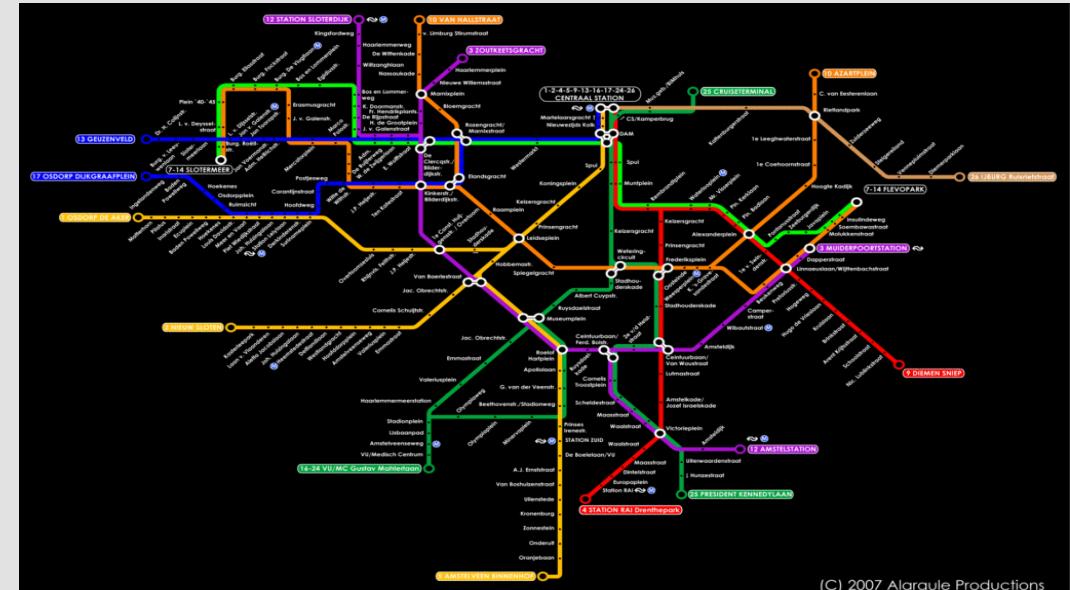
TOPOLOGÍA



La **Topología** es una rama de las Matemáticas que analiza la posición de los objetos ocupándose de aquellas propiedades que permanecen invariantes cuando dichos objetos se pliegan, dilatan, contraen o se deforman, de modo que no aparezcan nuevos puntos, o coincidan puntos diferentes. (Barriga *et al.*, 2012)



El ejemplo topológico relacionado con fenómenos geográficos y espaciales más característico, es el plano de una red de metro o tranvía . Estos planos representan las estaciones y las líneas férreas que las unen. Son representativos de la realidad y perfectamente útiles para el usuario, pero las posiciones absolutas de las estaciones, las formas de las líneas, la longitud o la escala no son exactas. En términos geométricos, el plano es imperfecto pero la información topológica es exacta. Es decir, resulta útil para conocer y decidir el camino a seguir a la hora de desplazarse por la red.



RELACIONES TOPOLÓGICAS

Desde un punto de vista práctico, la **topología** asociada a datos geográficos espaciales se refiere a las **intersecciones** (nodos o vértices) y a los **segmentos comunes** (arcos) que existen en las coincidencias espaciales de los diversos fenómenos que componen la realidad. (Barriga *et al.*, 2012)

Los arcos son segmentos que tienen la misma topología y los nodos son vértices en los que se cruzan tres o más arcos, o el punto terminal de un arco.

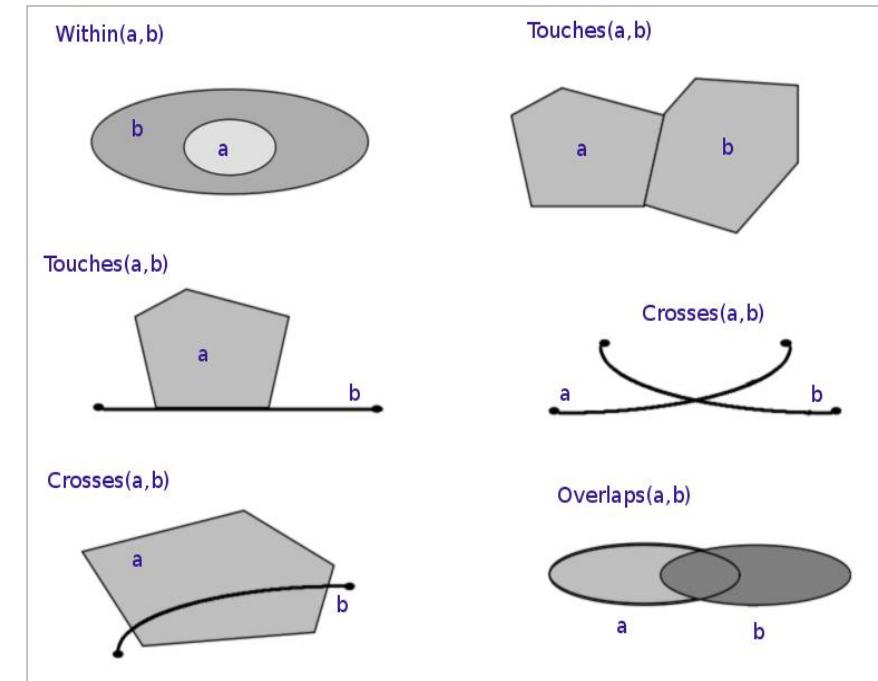
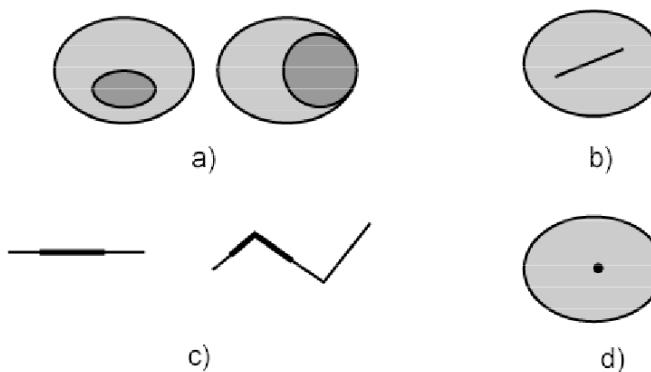
No siempre es posible almacenar topología en estructuras de datos vectoriales.

Si bien es cierto que una de las ventajas de los datos en formato vectorial es la capacidad de almacenar explícitamente la información topológica a través de las coordenadas de los nodos, los vértices y los polígonos.

En **estructuras raster**, la implantación de topología se realiza implícitamente al disponer del valor de clase de la celda.

Las relaciones topológicas básicas e implícitas son las de vecindad.

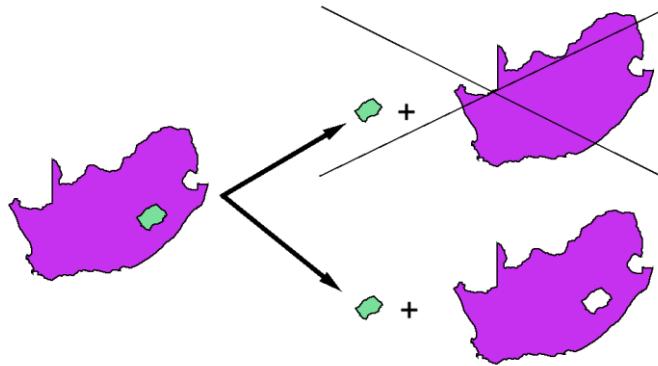
REGLAS TOPOLÓGICAS



Ejemplos de relaciones espaciales topológicas.

Imágenes: <https://bit.ly/2x73G9H>

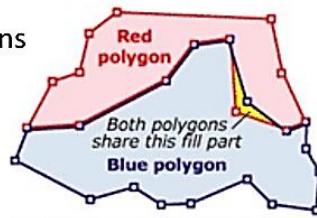
REGLAS TOPOLÓGICAS



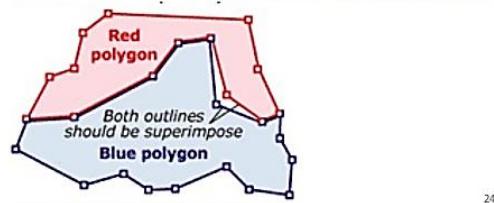
Los huecos de un polígono han de considerarse como parte de este.

Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>

- Overlap: Sliver polygons



- Gaps



11/7/2013 12:07 PM

24

Errores topológicos característicos entre polígonos:
Slivers (polígonos superpuestos) y Gaps (huecos).

Imagen: <https://bit.ly/2MzoBgR>

Errores topológicos y de digitalización en Sistemas de Información Geográfica (SIG)
(Fallas, 2010)

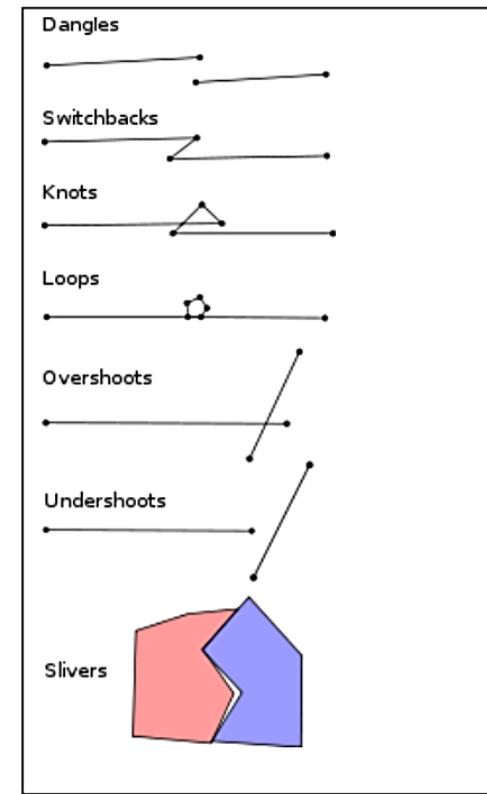
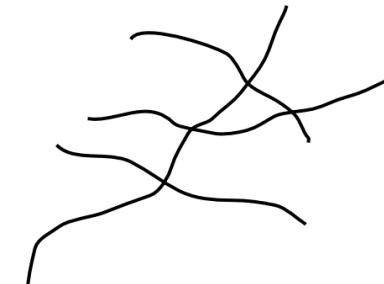
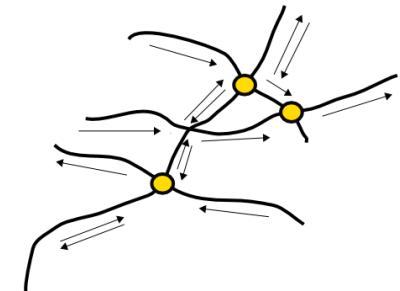


Imagen: <https://bit.ly/2Q1SVOG>



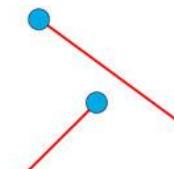
a)



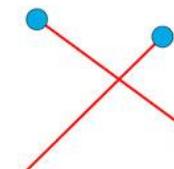
b)

Capa de vías de comunicación sin topología (a) o con ella (b). Los puntos en este segundo caso indican conexiones entre vías, y son una representación visible de la topología existente. Las flechas indican la dirección de circulación y, al igual que sucede con las conexiones, solo están presentes si existe topología.

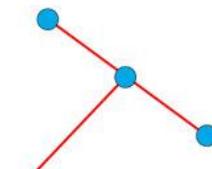
Imagen: <https://bit.ly/2x2iyqF>



Ejemplo de subtrazo



Ejemplo de sobretrazo



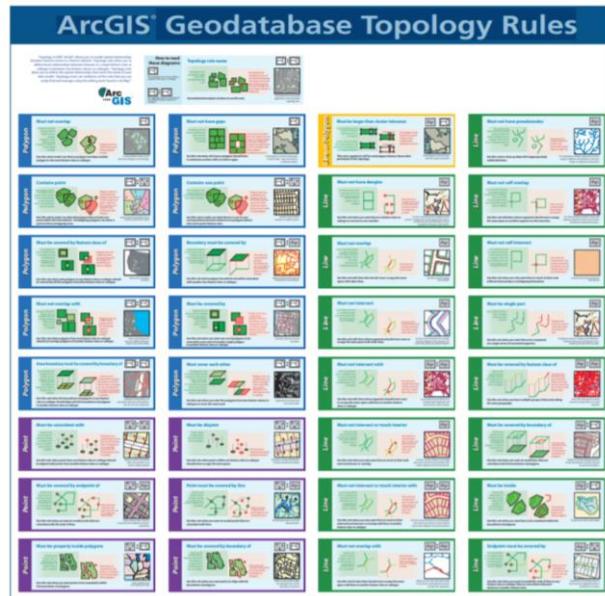
Ejemplo correcto

Arcos colgantes o extremos libres

Imagen: <https://bit.ly/2x2FhC4>

Reglas Topológicas y Corrección de Errores

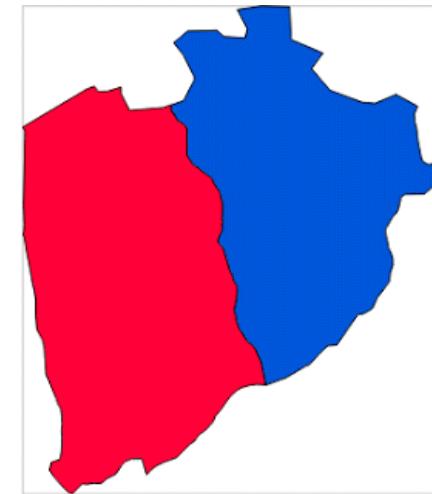
Los elementos de la naturaleza se miden con el fin de clasificarlos y compararlos; lo que no siempre indica una magnitud numérica. En orden creciente de precisión, las escalas de medida de los datos son: (IGN, 2010)



Poster de Reglas Topológicas de ArcGIS, 2010

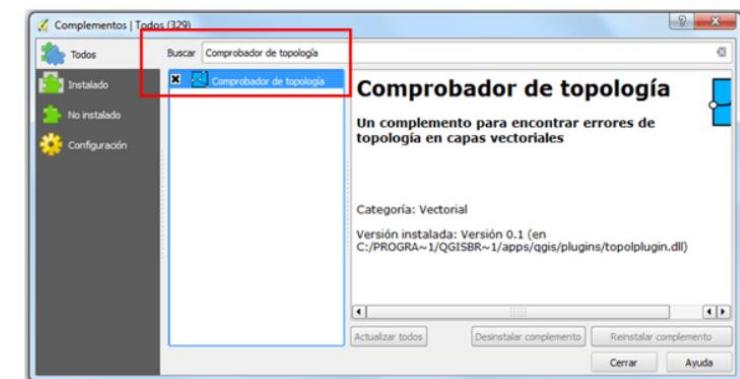
Texto: <https://bit.ly/2CNNala>

Texto e indicaciones de reglas en español: <https://bit.ly/2x85Shm>



La Topología en GIS (QGIS)
ForestryQGIS, 2018

Texto: <https://bit.ly/2Qmdl57>



Corrección de topología en QGIS
Alonso, 2017

Texto: <https://bit.ly/2QInTS5>

FORMATOS DIGITALES

Existen infinidad de formatos digitales para almacenar información cartográfica, perteneciendo algunos al grupo raster y otros al vectorial. Seguidamente se enumeran algunos de los mas conocidos, incluyendo los usados para imágenes o dibujos ya que, aunque no son formatos creados para contener información cartográfica, si pueden contenerla y se usan muy habitualmente para contener tanto mapas raster como vectoriales. (Mancebo *et al.*, 2008)

Formatos de dibujo vectorial

- **DGN** (Design): formato nativo del CAD Microstation.
- **DWG** (Drawing): formato nativo de AutoCad.
- **DXF** (Drawing Interchange Format): formato CAD de intercambio.
- **DXN** (Data Exchange Navigator): formato CAD de intercambio.

Formatos de dibujo ráster

- **PNG** (Portable Network Graphics): formato estándar.
- **EMF** (Enhanced Metafile): formato nativo de Microsoft Windows.
- **EPS** (Encapsulated PostScript): formato diseñado para imprimir en impresoras PostScript.
- **GIF** (Graphics Interchange Format): formato estándar.
- **JPG** (Joint Photographers expert Group): formato estándar.
- **TIF** (Tagged Image Format): formato estándar.

FORMATOS DIGITALES

Formatos SIG vectoriales

- **.E00** (Interchange File): formato de intercambio de Arc/Info
- **.MID** (MapInfo Interchange Data): formato nativo de Mapinfo.
- **.MIF** (MapInfo Interchange Format): formato nativo de Mapinfo
- **.SHP** (Shapefile): formato nativo de ArcView y ArcGIS
- **Cobertura** (Cover): formato nativo de Arc/Info
- **Geodatabase o .MDB** (Microsoft DataBase): formato nativo de ArcGIS.

Formatos SIG ráster

- **ASCII Grid**: formato estándar
- **BIL** (Band Interleaved by Line): formato estándar
- **BIP** (Band Interleaved by Pixel): formato estándar
- **BSQ** (Band Sequential): formato estándar
- **Grid** (ESRI Grid): formato nativo de ArcView, ArcGIS y Arc/Info

Shapefile

 El formato *Shapefile*(SHP) de la compañía ESRI (www.esri.com) se ha convertido en un estándar de facto para el intercambio de geodatos vectoriales entre programas informáticos de SIG; por esta razón se describe a continuación su formato. Un *shapefile*almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos; sin embargo no posee topología. Un shapefile está conformado por al menos tres archivos con las siguientes extensiones: (Escobar , 1999)

- .shp - Archivo que almacena las entidades geométricas (puntos, líneas o polígonos).
- .shx - Archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.
- .dbf - Archivo en formato dBASE que almacena los atributos de los elementos geográficos.

- project (.prj). No es indispensable, pero nos permite georreferenciar automáticamente los elementos geométricos contenidos en el archivo shape. En realidad consiste en un archivo de texto (podemos consultarlos con cualquier editor de texto). Sirven para almacenar información sobre el sistema de referencia empleado, la proyección que se ha aplicado a las coordenadas para representarlas sobre un plano (el monitor del ordenador), las unidades de medida lineales y angulares, etc...

Bibliografía

- Alonso, D. (2017, 8 junio). *Corrección de topología en QGIS*. Blog MappingGis. Disponible en <<https://bit.ly/2QInTS5>>
- Alonso Sarría, F. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. Material de consulta sobre SIG y Teledetección. Universidad de Murcia. Disponible en <<https://bit.ly/2PQDhWc>>
En particular:
 - Alonso Sarría, F. (2006). *Capítulo 3. Modelos y estructuras de datos*. Pp. 53-70.
- Bernabé-Poveda, M.A. y López-Vázquez, C.M., (2012). *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Madrid: UPM-Press, Serie Científica. Disponible en <<https://bit.ly/2N3YiLn>>
En particular:
 - Hernández Faccio, J. y Flores de Cuellar, E. (2012). *Capítulo 4. Características de la información geográfica*. Pp. 69-82.
 - Barriga Vargas, R., Andrade, C. y Lazo, J. Ma. (2012). *Capítulo 6. El tratamiento de los datos geográficos*. Pp. 95-106.
 - Moya Honduvilla, J., Bernabé Poveda, M. A. y Escobar Martínez, F. (2012). *Capítulo 9. La representación de la información geográfica*. Pp. 132-143.
- Bosque Sendra, J. (1997). Sistemas de información geográfica. 2^a edición. Rialp, Madrid, 451 pp.

Bibliografía

- CIAF. Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (2011). **Tema 1: Datos geográficos.** Unidad 2: Datos geográficos y métodos de almacenamiento. CURSO Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, D. C. Disponible en < <https://bit.ly/2XDteHQ> >
- CIAF (2011). **Tema 2: Modelos y Estructuras de Datos.** Unidad 2: Datos geográficos y métodos de almacenamiento. CURSO Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, D. C. Disponible en < <https://bit.ly/31iKUuc> >
- Escobar, F., Hunter, G., Bishop, I. y Zerger, A. (1999). **Introducción a los SIG.** Herramienta online de autoaprendizaje. Departamento de Geomática, Universidad de Melbourne, Australia. Disponible en < <https://bit.ly/2Mllof7> > En particular: Capítulos SIG Raster y SIG Vectoriales.
- Fallas, J. (2010). **Geoprocесamiento. Análisis de geodatos.** Métodos de levantamiento y análisis de datos. Posgrado en Gestión de Áreas Protegidas y Desarrollo Ecorregional. UCI - Universidad para la Cooperación Internacional, Costa Rica. Disponible en < <https://bit.ly/2Q1SVOG> >
- ForestryQGIS (2018, 10 marzo). **La Topología en los GIS.** (Implementación a través de QGIS). Blog ForestryQGIS. Disponible en < <https://bit.ly/2Qmdl57> >
- Instituto Geográfico Nacional de España (2010). **Conceptos Cartográficos.** Manual. IGN & UPM-LatinGEO. Disponible en < <https://bit.ly/2ioJDQp> >

Bibliografía

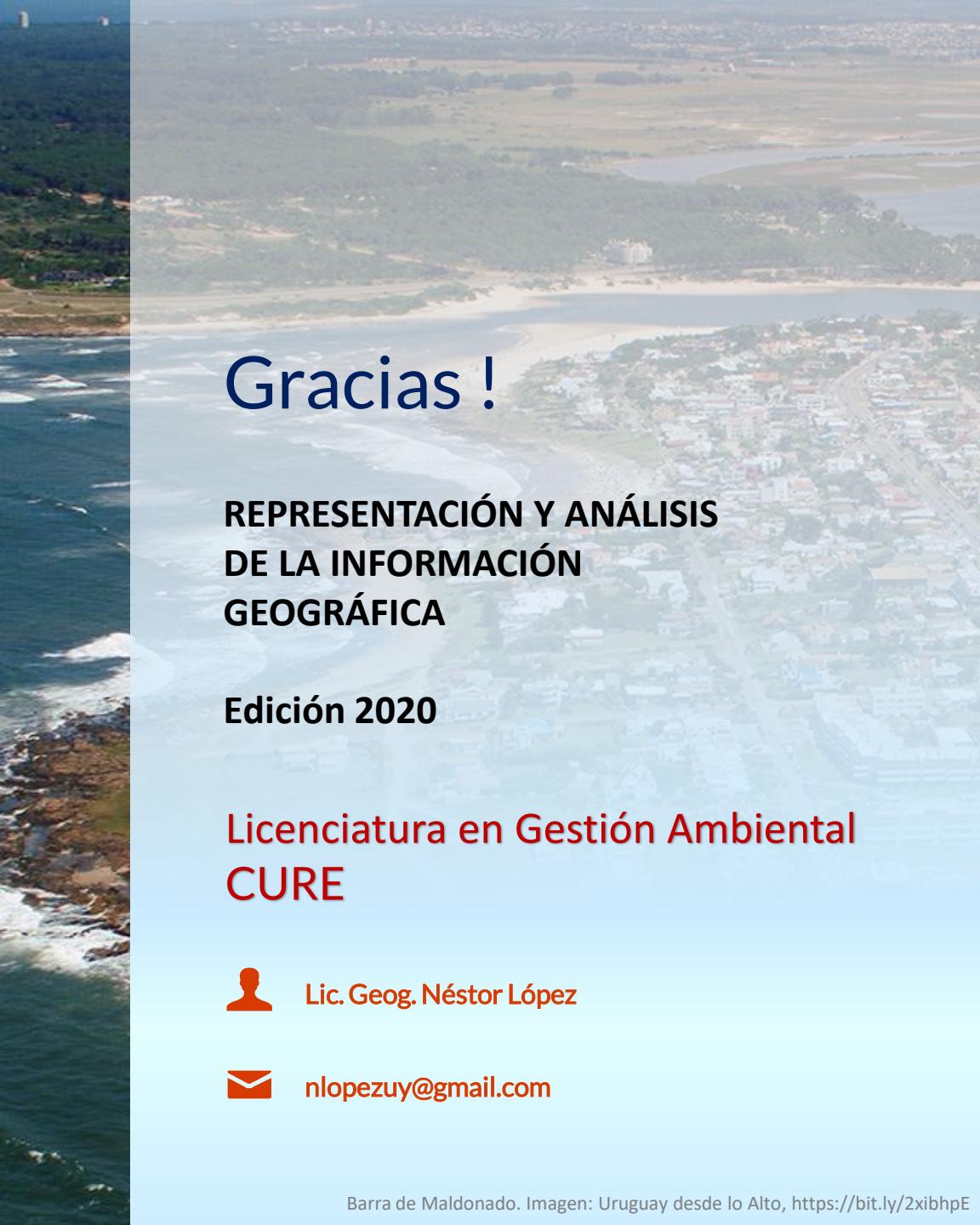
- Longley , Paul A.; Goodchild , Michael F; Maguire , David J.; Rhind , David W . (2015). *Geographical Information Systems and Science*. Editora: John Wiley & Sons Ltd. 4ta . edición (inglés). Disponible en < <https://bit.ly/2VSgEVi> >
Longley , Paul A.; Goodchild , Michael F; Maguire , David J.; Rhind , David W . (2013). *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. Editora: Bookman. 3ra . edición portugués). Disponible en < <https://bit.ly/2Buwwa0> >
Longley , Paul A.; Goodchild , Michael F; Maguire , David J.; Rhind , David W . (2005). *Geographical Information Systems and Science*. Editora: John Wiley & Sons Ltd . 2da . edición (inglés). Disponible en < <https://bit.ly/3cELbwC> >
En particular:
 - Longley *et al.* (2013). *Capítulo 8. Modelagem de Dados Geográficos*. En particular: Cap. 8.3. Modelos de datos SIG. Pp. 209-224.
- López, N. (2017). *Capítulo 3.2. Representación y formatos de la información geográfica*. En: Caracterización dasimétrica para Uruguay auxiliada por el Mapa de Uso y Cobertura del Suelo. Tesis de grado de Licenciatura en Geografía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Disponible en < <https://bit.ly/2MjA7rc> >
- Mancebo, S., Ortega, E., Valentín, A. C., Martín, B. y Martín, L. (2008). *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental*. Madrid, España, los autores. Disponible en < <https://bit.ly/2BvXCwY> >

Bibliografía

- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica. Libro Libre SIG*. Versión revisada el 16 de octubre de 2014. 854 pp. Disponible en < <https://bit.ly/2BxpLUk> > o < <https://bit.ly/2OZ7Dov> >
En particular:
 - Olaya, V. (2014). *Parte 2. Datos. Modelos para la información geográfica*.
 - Olaya, V. (2014). *Parte 2. Datos. Fuentes principales de datos espaciales: Formatos de Archivos*.
- Peña Llopis, J. (2010). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio*. Editorial Club Universitario, 4ta. Ed. 304 pp. Disponible en < <https://bit.ly/2HoXoZy> >
- Sitjar I Suñer, J. (2009). *Los Sistemas de Información Geográfica al servicio de la sociedad*. Cuadernos Internacionales de Tecnología para el Desarrollo Humano, n.º 8. 9 pp. Disponible en < <https://bit.ly/2PrXxgB> >

● Lectura principal.

Todos los links web visitados en Junio de 2020.



Gracias !

**REPRESENTACIÓN Y ANÁLISIS
DE LA INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

Edición 2020

**Licenciatura en Gestión Ambiental
CURE**



Lic. Geog. Néstor López



nlopezuy@gmail.com

