

# ANÁLISIS ESPACIAL Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Virginia Fernández  
Curso de Análisis Espacial  
Departamento de Geografía



# El valor de los espacial

- Necesidades y posibilidades
- Progreso y tendencia contemporánea: tecnología,
- Complejidad e incertidumbre
- Mundo real – mundo abstracto
- El análisis espacial puede revelarnos los fenómenos que de otra forma serían invisibles
- Para ello se requiere información localizada, preguntas inteligentes y medios para descubrirla

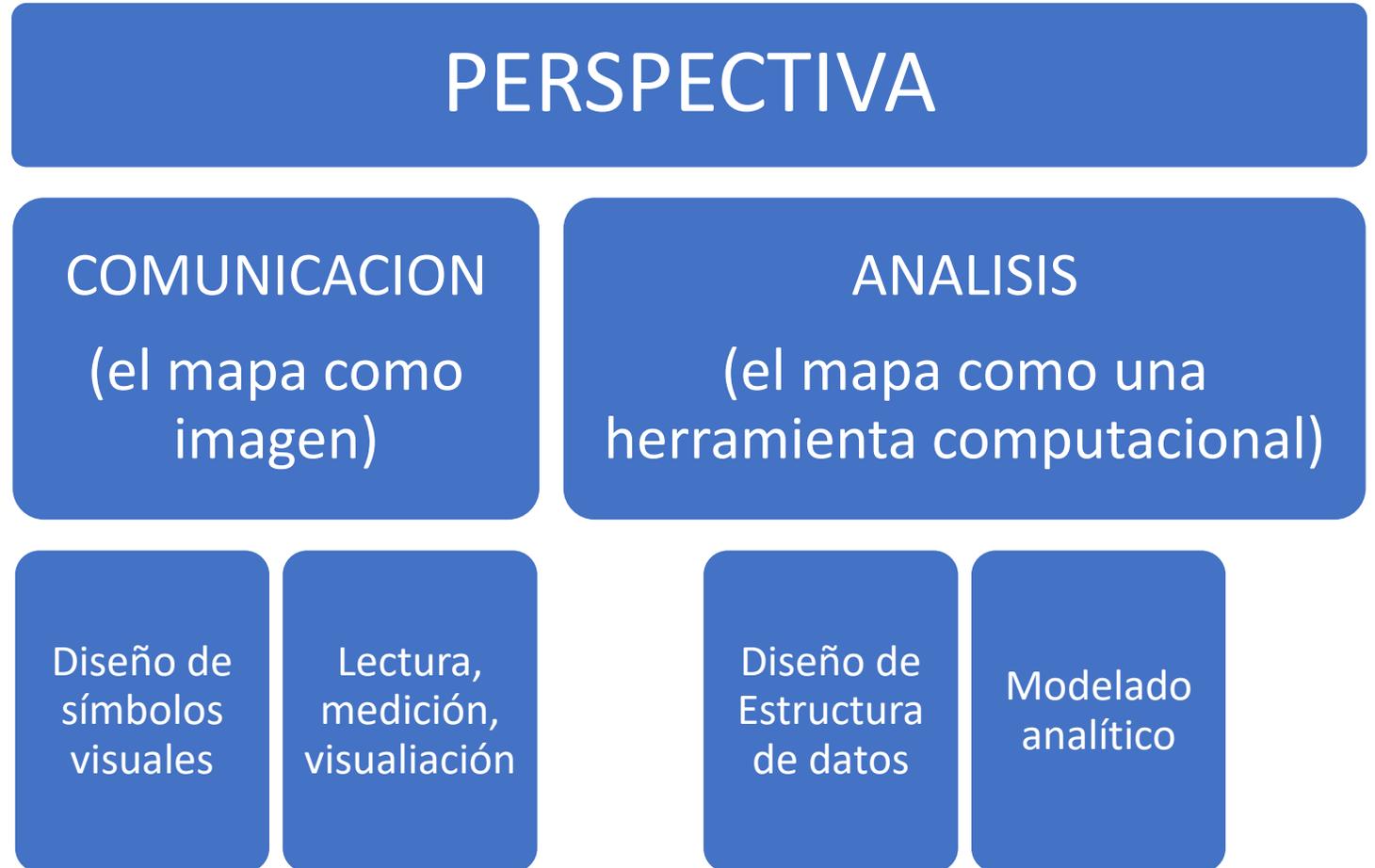
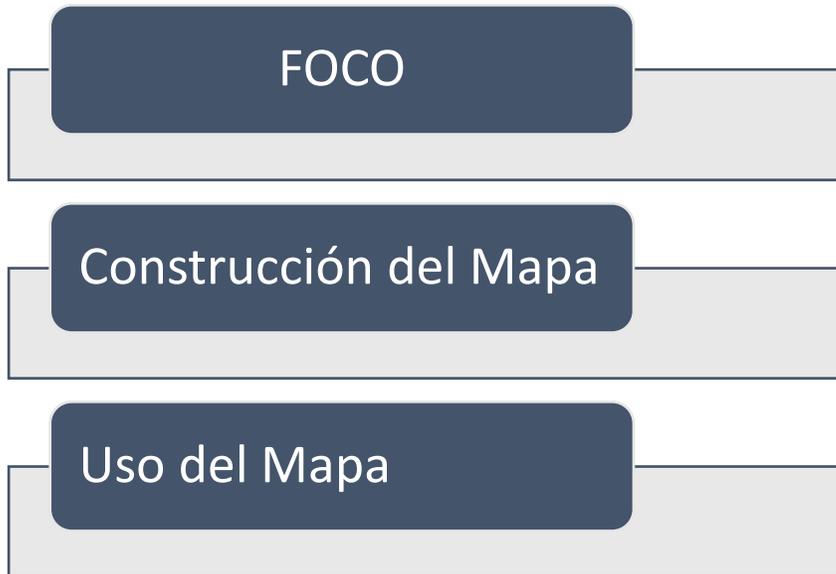


# El valor de la información geográfica

- Información Geográfica (IG), entendida como aquella que puede ser relacionada con localizaciones en la superficie de la Tierra (DoE, 1987).
- Cualidades: la posición, el tamaño, la distancia, la dirección, la forma, la textura, el movimiento y las relaciones son las propiedades espaciales de los objetos que nos da la IG.
- La información ocupa un lugar preponderante en el análisis de las sociedades contemporáneas. Tiene una posición central por ser un recurso estratégico alrededor del cual se ordena la economía mundial.



# Uso del mapa para el análisis espacial

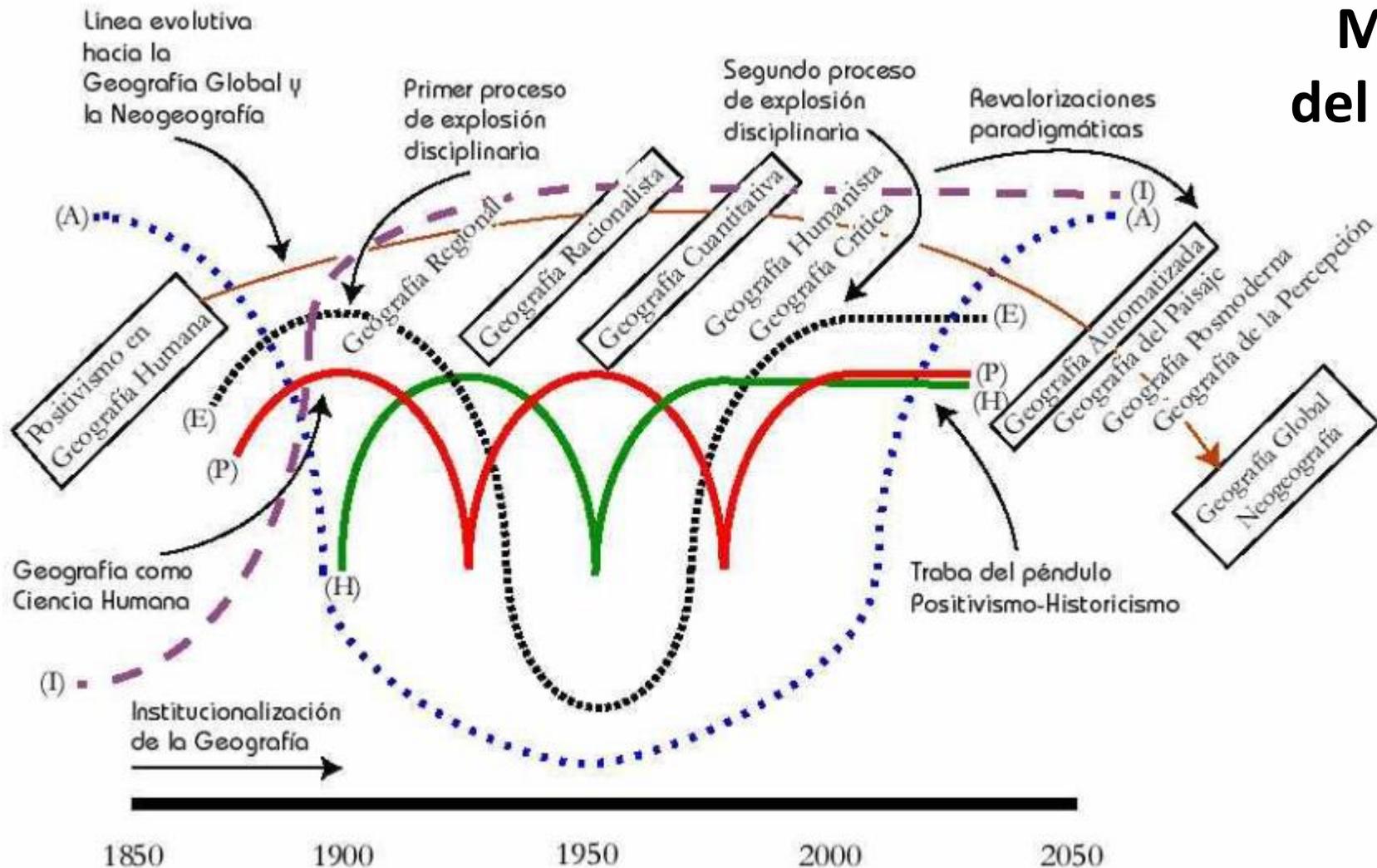


# Información y Técnicas de la Información

- Los SIG se han erigido como la tecnología capaz de trabajar y sacar provecho a toda esta información.
- Tecnologías de la Información Geográfica (TIG): Cartografía. Fotointerpretación, Sistemas de Información Geográfica, Teledetección. Geoestadística, Sistemas de Posicionamiento Global (GNSS), Big Data, Geoinformática, Machine Learning, Inteligencia Artificial.
- Paradigmas científicos de la Geografía (Buzai). Geografía global.
- Ciencia de la información geográfica



# Modelado de la evolución del pensamiento geográfico (1850-2050)



Ondas	Longitud ( $\lambda$ )	Característica
(P) (H)	20 años	Alternancia Positivismo-Historicismo (Capel, 1983, 2014)
(E)	100 años	Explosión disciplinaria (Buzai, 1999)
(A) (I)	200 años	Alternancia Amateur-Institucional (Buzai, 2014b)

Fuente: Buzai, G. D. (2015). Evolución del pensamiento geográfico hacia la geografía global y la neogeografía. *GEOGRAFÍA, GEOTECNOLOGÍA Y ANÁLISIS ESPACIAL*, 4.

## Visualizing COVID-19 Data of Germany in Kepler.gl

Trabajar con datos espaciales tiene una serie de implicancias que han de considerarse con detenimiento antes de llevar a cabo cualquier análisis.

Entendemos por dato espacial todo aquel que tiene asociada una referencia geográfica, de tal modo que podemos localizar exactamente dónde sucede dentro de un mapa. Dentro de esta definición se incluyen datos de campos (superficies) o datos asociados a objetos como puntos, líneas o polígonos.

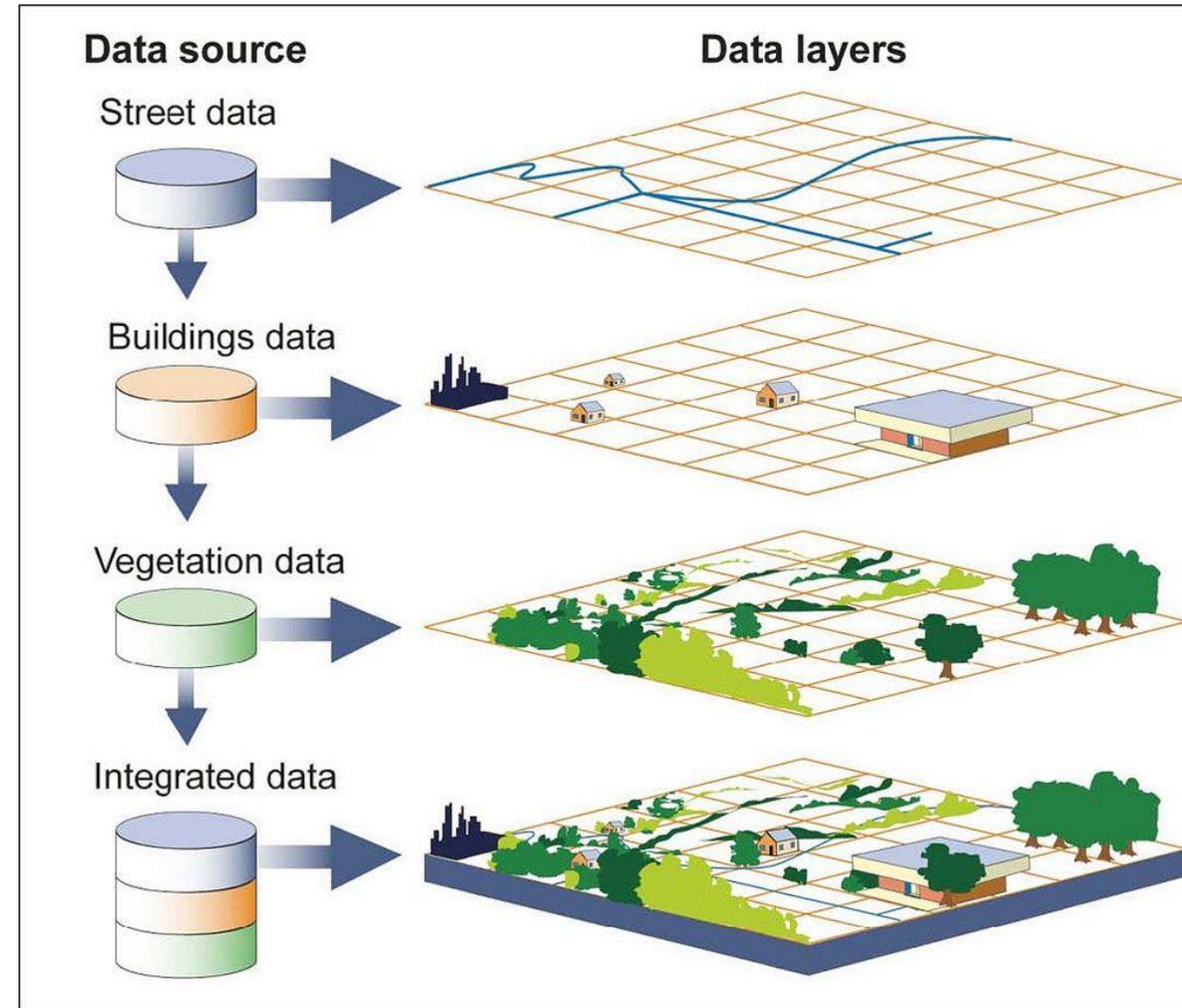


- principales particularidades de los datos espaciales
- las formas de tener estas en cuenta a la hora del análisis
- un correcto razonamiento espacial y un entendimiento adecuado tanto de las limitaciones como de la potencialidad de los datos espaciales como fuente del análisis geográfico.
- fundamentos teóricos sobre los cuales se crean después todas las metodologías de análisis, las estadísticas espaciales, los algoritmos

Fuente: Benita, F., Perhac, J., Tunçer, B., Burkhard, R., & Schubiger, S. (2020). 3D-4D visualisation of IoT data from Singapore's National Science Experiment. *Journal of Spatial Science*, 1-19.

# Análisis espacial y SIG

- Diferentes enfoques
- Dar una taxonomía del análisis espacial es difícil y la casuística es excesivamente amplia
- Variedad de análisis posibles y su complejidad.
- Conocer el elemento conceptual y saber qué podemos obtener a partir de un determinado dato espacial, para poder así estudiar un problema concreto y plantear una forma de resolución del mismo.
- Asimismo, hay que señalar que estos grupos no forman conjuntos disjuntos, sino que se solapan en muchos aspectos. Muchas de las metodologías que más adelante veremos comparten elementos de varios de estos conjuntos.



Source: GAO.

Fuente: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/geographic-information-system-gis/>



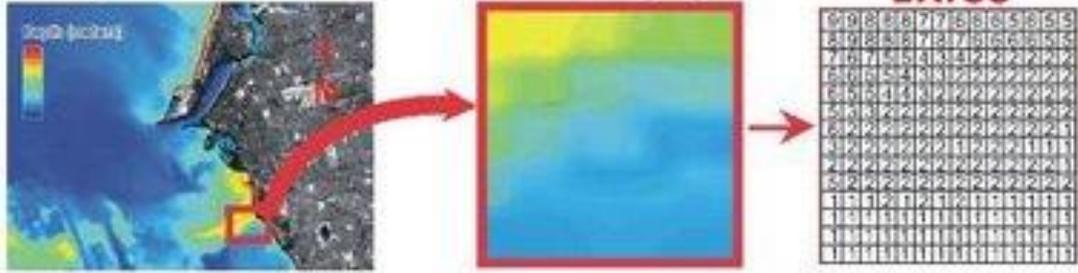
# Representación de datos espaciales

## ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL MODELO DE DATOS RASTER

IMAGEN RASTER

AMPLIACIÓN

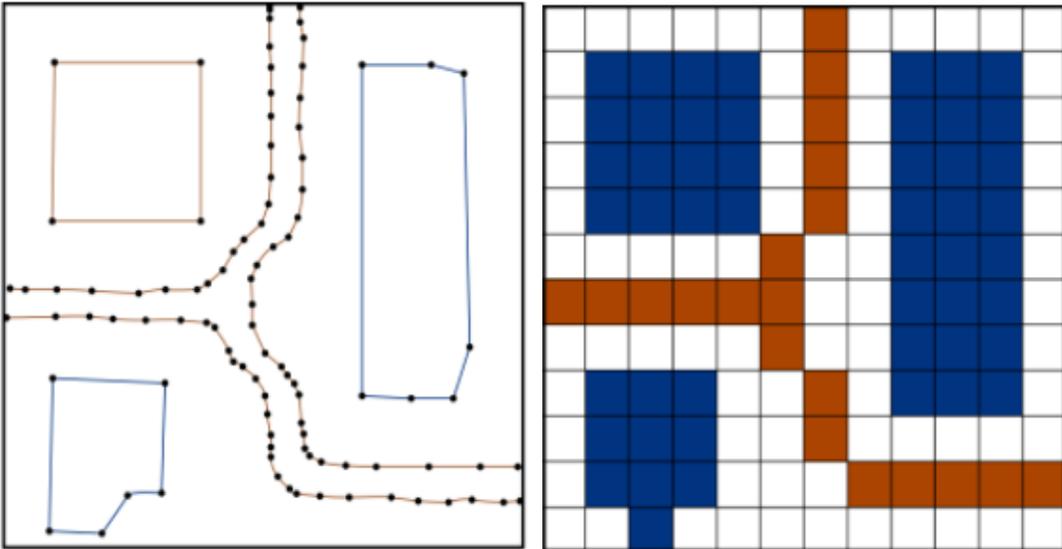
MATRIZ DE DATOS



## PRIMITIVAS GEOMÉTRICAS EN EL MODELO DE REPRESENTACIÓN VECTORIAL Y EJEMPLOS PARTICULARES DE CADA UNA DE ELLAS CON ATRIBUTOS ASOCIADOS

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)<sup>2</sup></th> <th>Profundidad máx(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>31494</td><td>1637</td></tr> </tbody> </table>	Superficie(km) <sup>2</sup>	Profundidad máx(m)	31494	1637														
Superficie(km) <sup>2</sup>	Profundidad máx(m)																				
31494	1637																				

## COMPARACION DE LOS MODELOS DE REPRESENTACION VECTORIAL Y RASTER



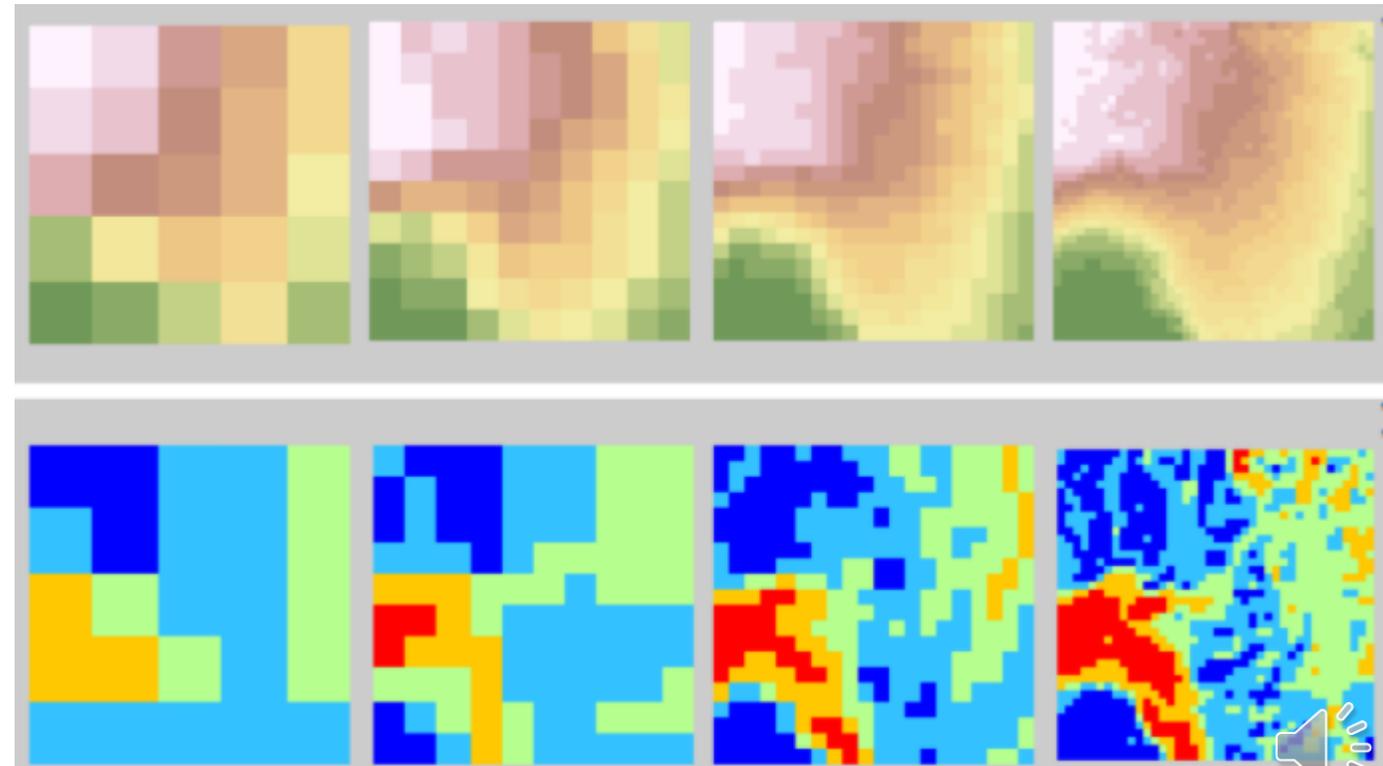
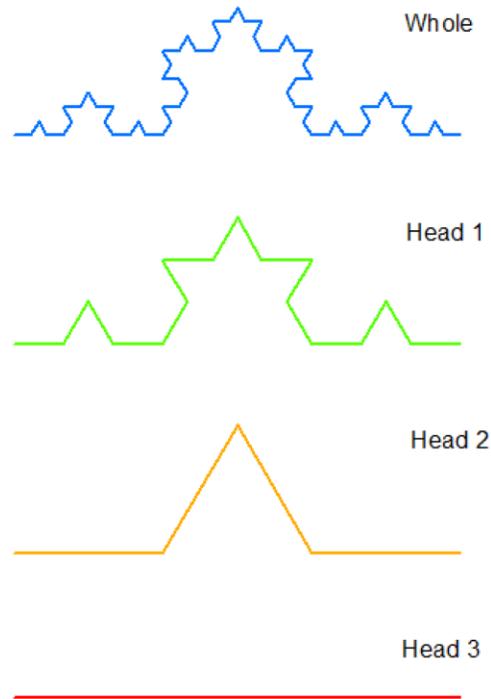
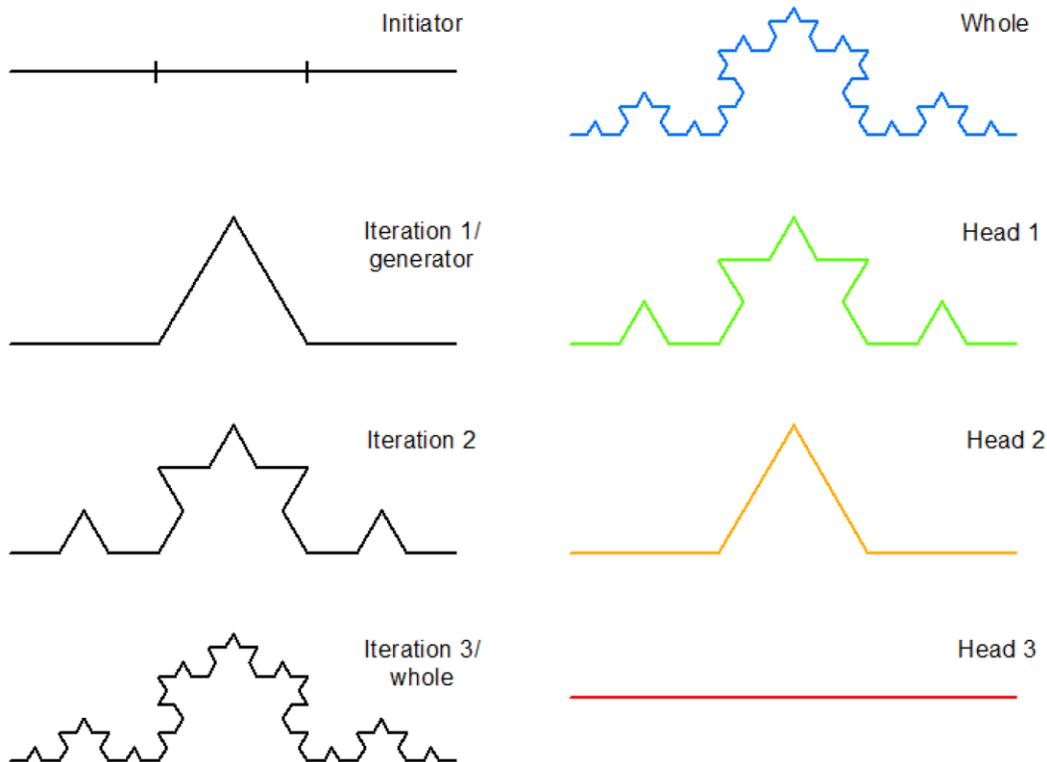
Fuente: Olaya, V. (2009). Sistemas de información geográfica. Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano, (8), 15.



Fuente: <https://sites.google.com/site/sisdeinfgeograficaunjfc/que-es-un-sig/tipos-de-formatos>

# Escala

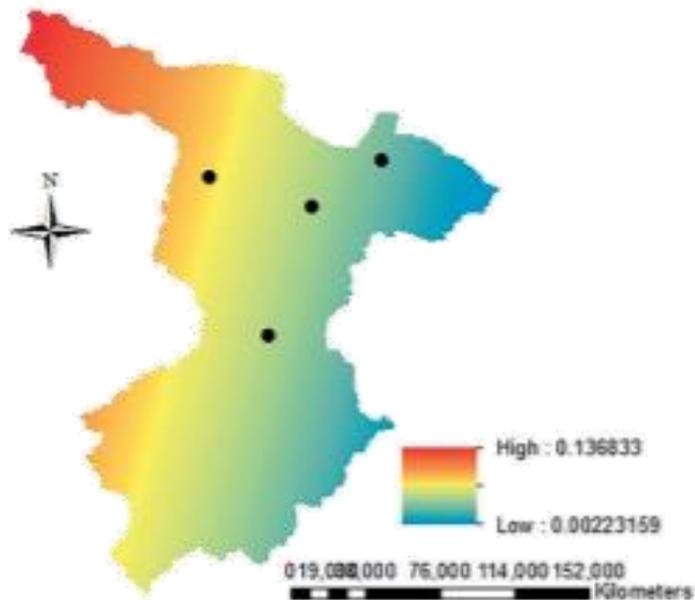
- Estudio de la información geográfica a distintos niveles
- Las estructuras espaciales varían con la escala y esto condicionan los valores que se derivan de sus análisis a través de las distintas formulaciones de análisis.
- Este hecho es fácil verlo con algunos ejemplos, que nos permitirán comprobar cómo a distintas escalas los datos geográficos tienen características distintas.
- La escala de análisis debe ir inseparablemente relacionada con el fenómeno que pretendemos analizar, ya que es esta la que le da sentido.
- Las implicaciones de la escala para el análisis se incorporan incluso en la representación y almacenamiento de los datos espaciales.



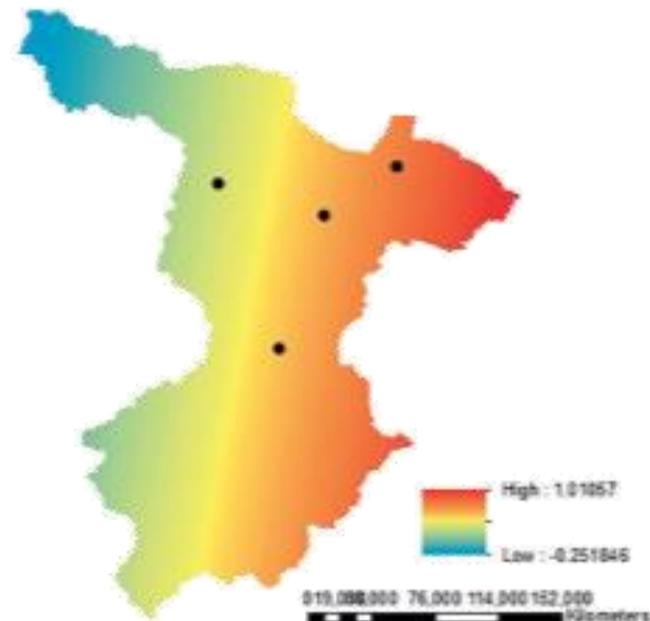
# Tendencias espaciales

- El concepto de tendencia espacial es muy útil para representar las variaciones sistemáticas de un fenómeno en cuestión en una región basada en ubicaciones geográficas.
- Las consecuencias de la existencia de tendencias son similares a las que se derivan de la presencia de autocorrelación espacial, ya que invalidan el supuesto de independencia de los datos.
- Existen diferentes procedimientos de mapeo, siendo una de las metodologías geoestadística más utilizada el Kriging.

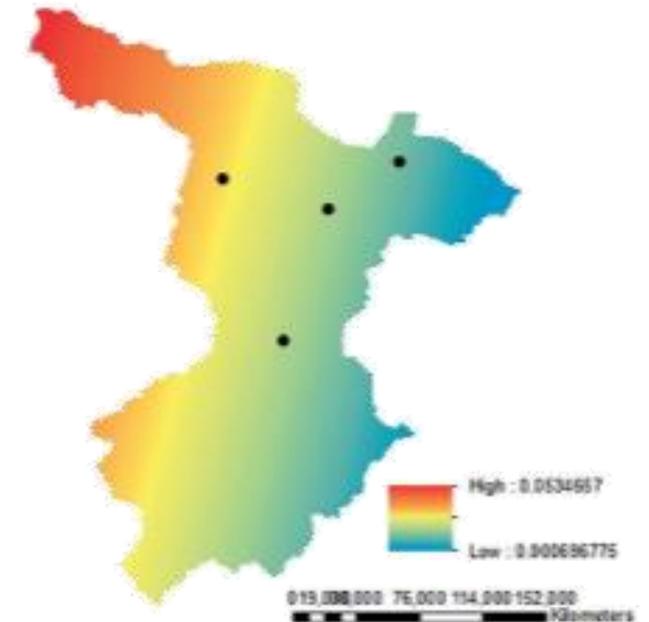
Spatial relative humidity trend



Spatial rainfall trend



Spatial evaporation trend



# ¿Que consultas podemos realizar con estos datos para un análisis espacial?

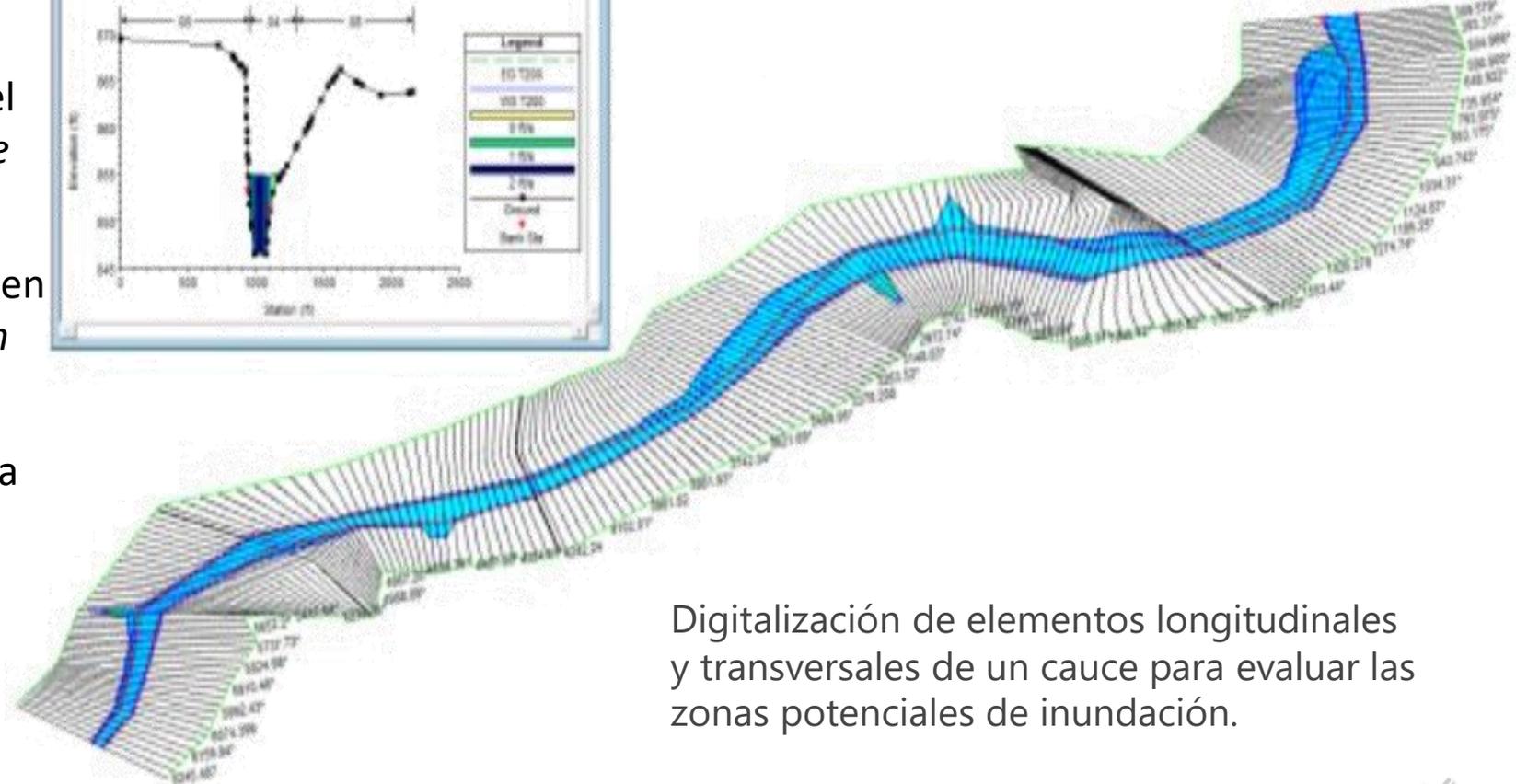
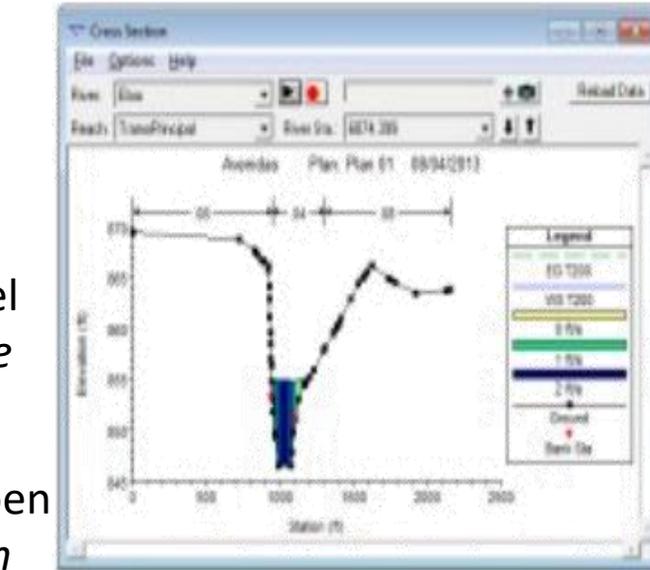
- Relativas a la posición y extensión
- Relativas a la forma y distribución
- Relativas a la asociación espacial
- Relativas a la interacción espacial
- Relativas a la variación espacial



# Relaciones espaciales - Topología

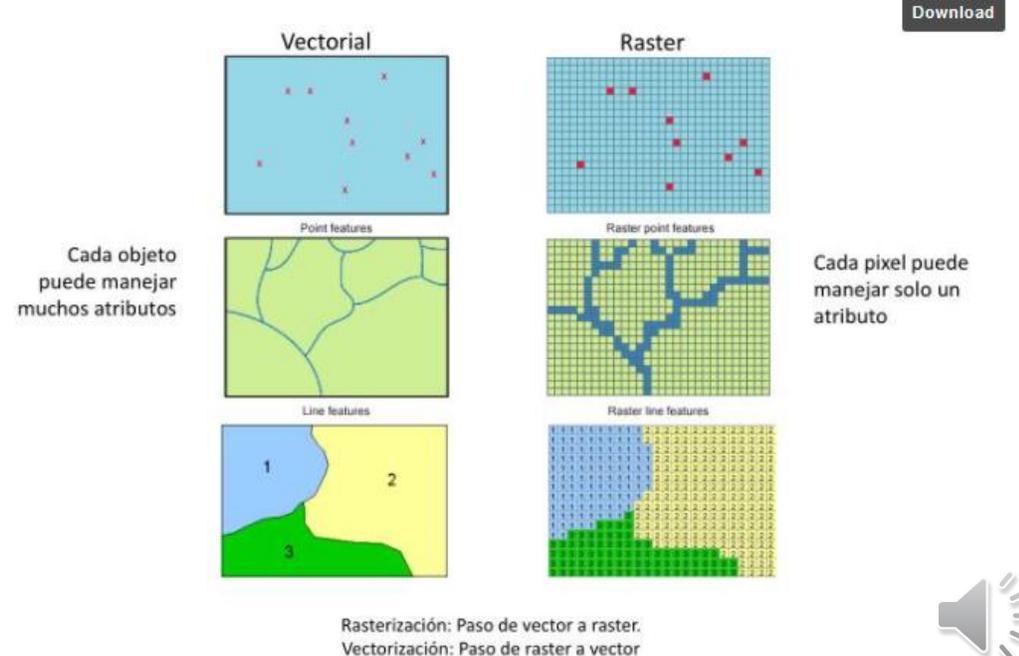
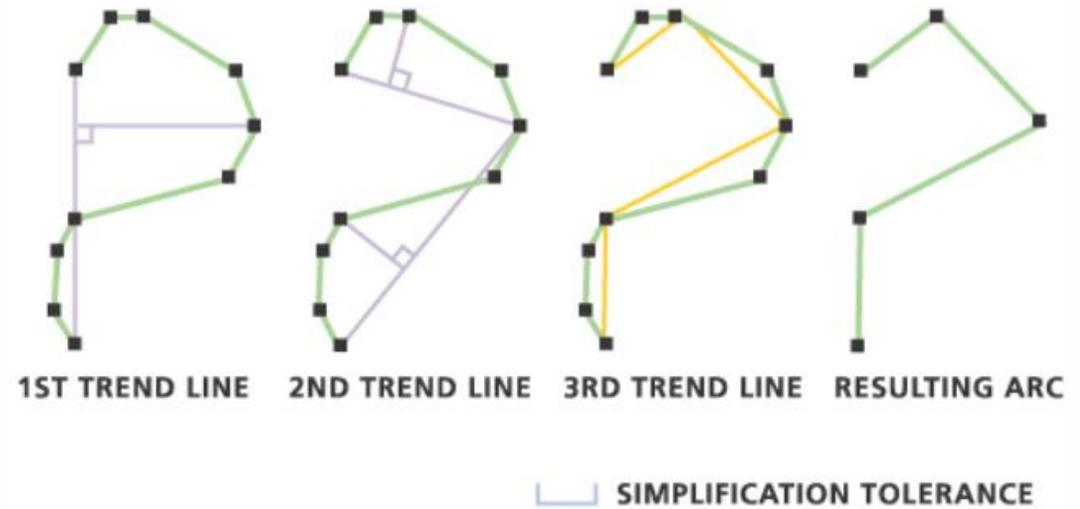
Olaya (2020) menciona la clasificación de relaciones espaciales elaborada por Pullar & Egenhofe (1988):

- 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*.



# Transformaciones

- Procedimientos que modifican los elementos de entrada  
Ejemplos:
  - Áreas de influencia o buffers
  - Simplificación de líneas
  - Disolución de límites por valores comunes
- Transformaciones de tipo cartográfico:
  - Conversión entre sistemas de coordenadas distintos
  - Reproyecciones
  - Aplicación de transformaciones afines en general
- Transformación importante es la relativa a los modelos de datos: rasterización y vectorización
- Reclasificaciones (categóricas, normalización, etc.)

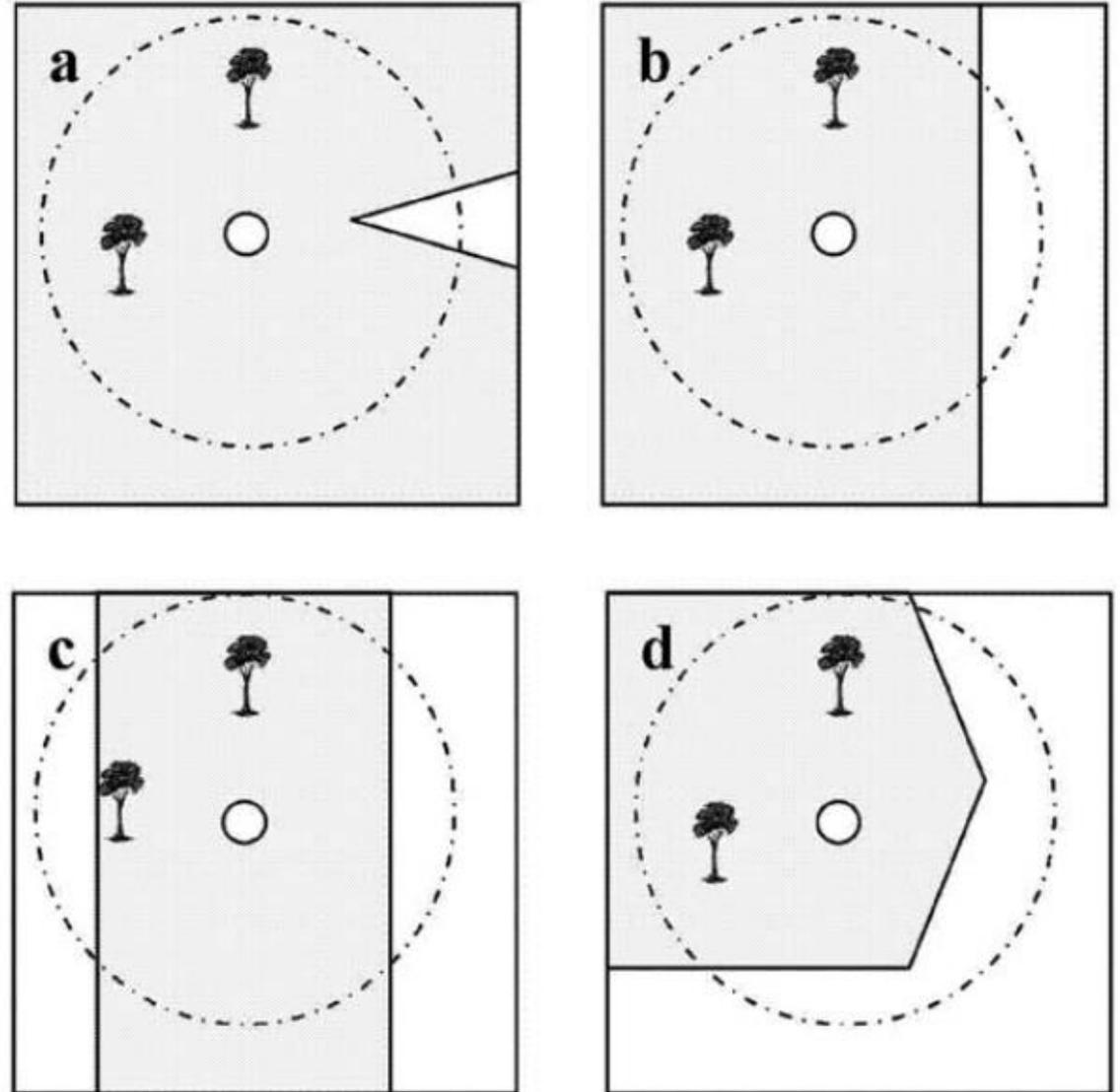


# Efecto de borde

Problemas que se crean especialmente por límites artificiales a ecosistemas (por ejemplo definición del límite de un humedal, un bosque, etc).

La información sobre las zonas centrales y bordes proporciona una nueva perspectiva de un mosaico de paisajes.

Representación de cuatro sitios (círculos abiertos) en un bosque (zona gris) contiguo a una zona sin bosque (zona blanca). Los sitios son adyacentes a (a) el borde incisivo, (b) una recta, (c) dos bordes rectos, y (d) un borde de circunvalación. En cada caso el sitio está a la misma distancia del borde. Según el índice de distancia del borde que utilizamos, (a) esta en el ambiente menos afectado por el borde, seguido por, en orden de influencia creciente del borde, (b), (c), y (d).

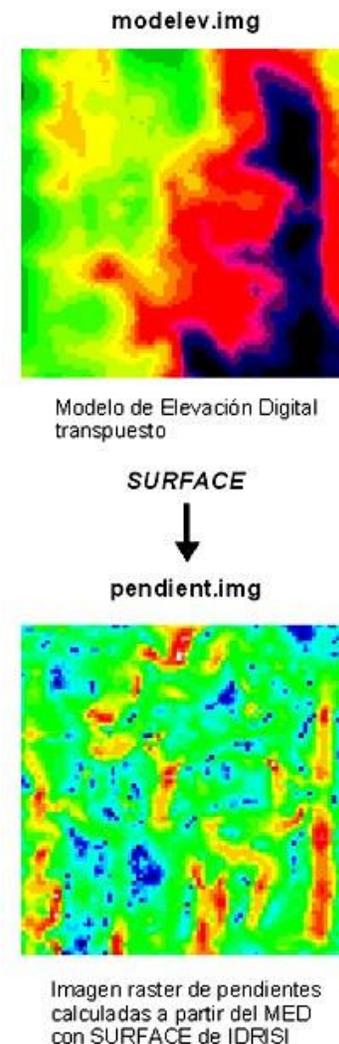


Fuente: Wilkin, T. A., Garant, D., Gosler, A. G., & Sheldon, B. C. (2007). Edge effects in the great tit: analyses of long-term data with GIS techniques. *Conservation Biology*, 21(5), 1207-1217.



# Análisis de superficie

- El análisis de superficies es uno de los más potentes de cuantos encontramos en un SIG. Desde parámetros básicos como la pendiente o la orientación hasta parámetros morfométricos muy específicos, pasando por todas las herramientas del análisis hidrológico, la batería de operaciones disponibles es muy amplia.
- Aunque este análisis de superficies se entiende como el de la superficie terrestre (es decir, el relieve), gran parte de estas operaciones pueden aplicarse a cualquier otra superficie, entendiendo esta en su sentido matemático.
- Así, la pendiente indica una tasa de variación y puede aplicarse a capas con valores distintos de la elevación, tales como temperaturas, densidades, etc.



# Estructura determinada

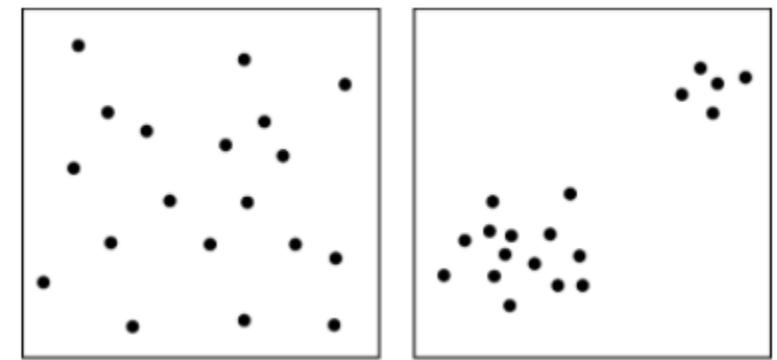
Disposición de los datos

Propiedades de la variable estudiada

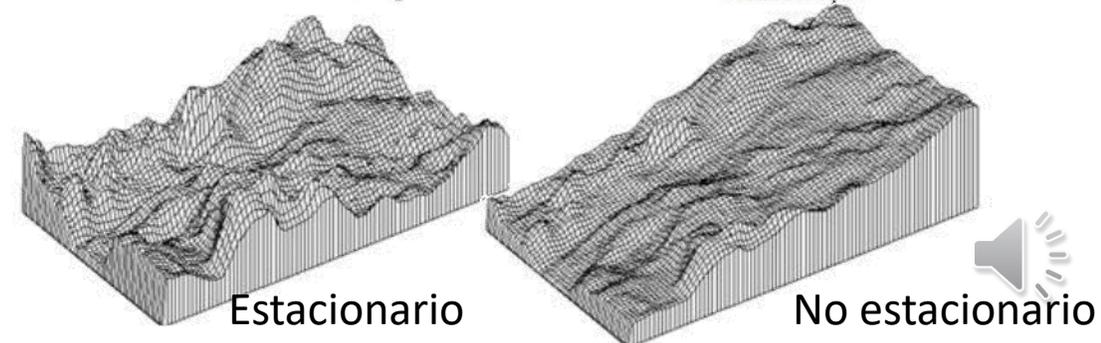
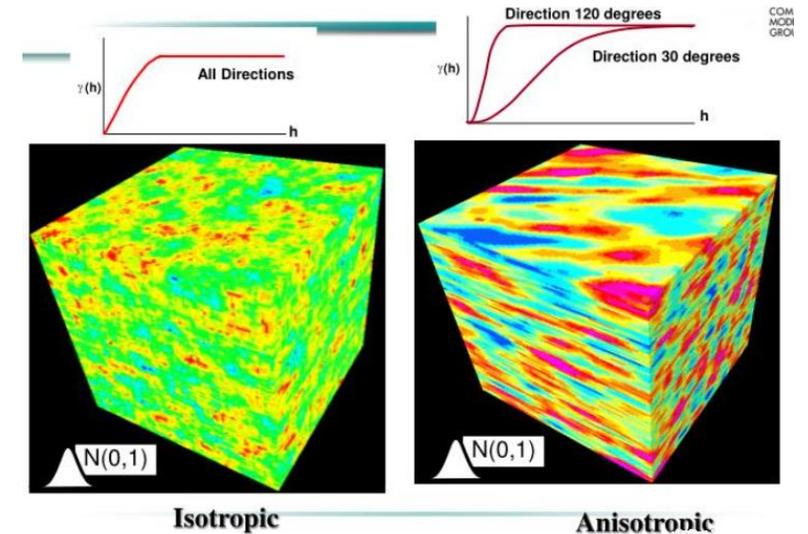
Los dos principales conceptos estadísticos que definen la estructura espacial de los datos:

*Estacionaridad* indica que el proceso es invariante a la traslación. Es decir, que las propiedades son constantes en el espacio y no existe tendencia alguna. Esta vinculado al efecto de primer orden es el valor esperado, es decir, la media.

*Isotropía* indica que el proceso es invariante a la rotación. Un proceso cuyas propiedades de segundo orden son isotrópicas es aquel en el que la covarianza presenta la misma variación en todas direcciones.



Dos estructuras distintas con diferentes implicaciones a la hora del análisis de los datos que representan



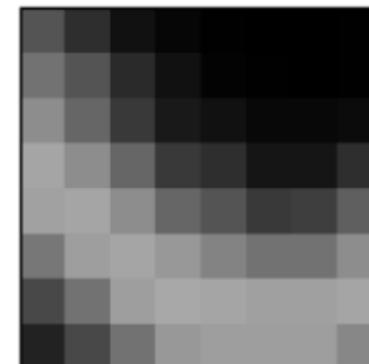
# Autocorrelación espacial

*Primera Ley Geográfica de Tobler*, establece que «todo está relacionado con todo, pero las cosas próximas entre sí están más relacionadas que las distantes».

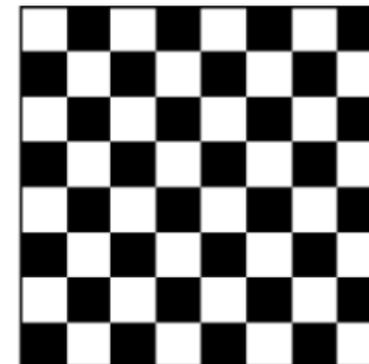
El término *autocorrelación espacial* hace referencia a la existencia de una correlación de la variable consigo misma, de tal modo que los valores de esta variable en un punto guardan relación directa con los de esa misma variable en otros puntos cercanos.

La autocorrelación espacial esta directamente vinculada al concepto de escala, y un cambio de escala puede hacer que la autocorrelación cambie de signo

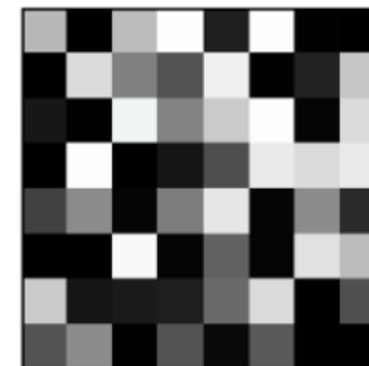
*Autocorrelación espacial positiva.*



*Autocorrelación espacial negativa.*

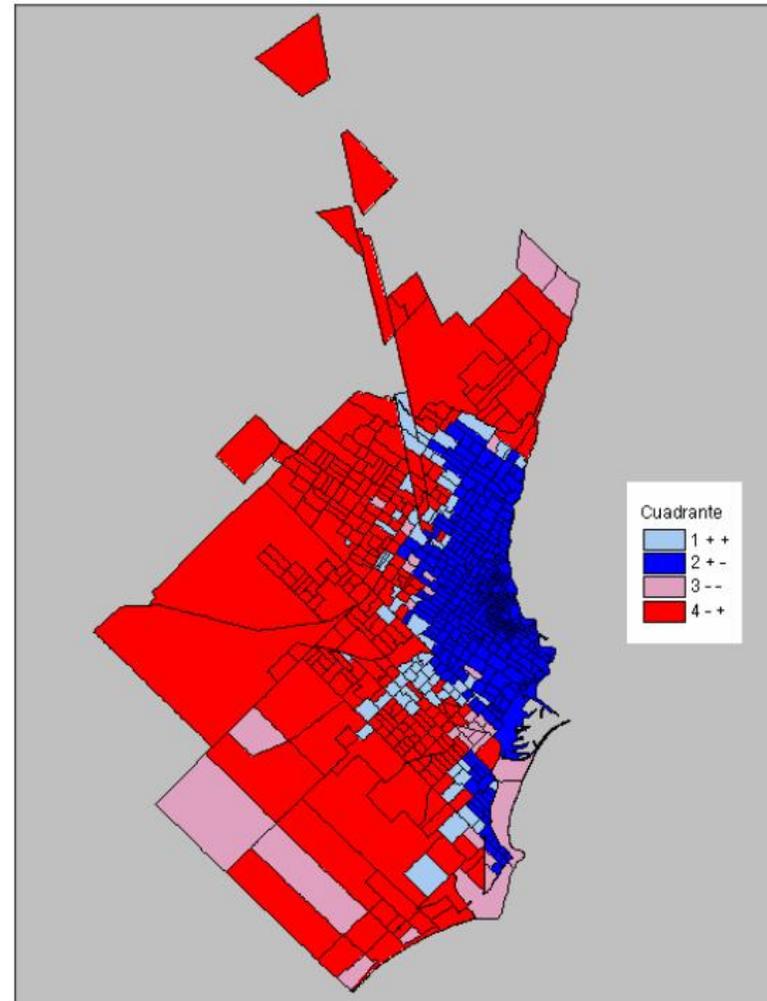


*Ausencia de autocorrelación espacial (independencia)*

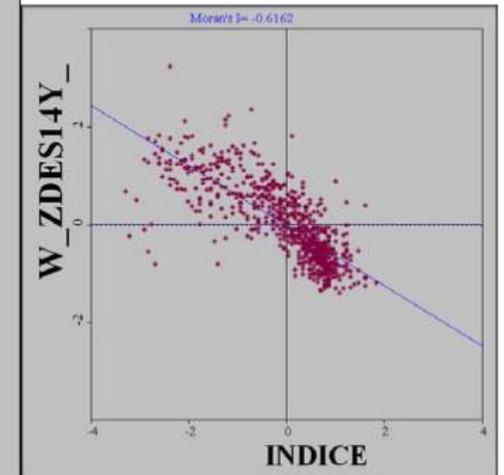


# Inferencia

- Proceso por el cual se derivan conclusiones a partir de determinadas premisas.
- EL análisis estadístico a tomado gran importancia en los SIG dado que permite inferir comportamientos de las distintas variables y estudiar, por ejemplo, la forma en que estas van a evolucionar a lo largo del tiempo.
- El establecimiento de modelos de cambio y variación representa una de las herramientas más actuales en el campo de los SIG, y un campo en abundante desarrollo.



Autocorrelación entre el índice de calidad de vida y los desocupados de 14 y más años y gráfico de dispersión



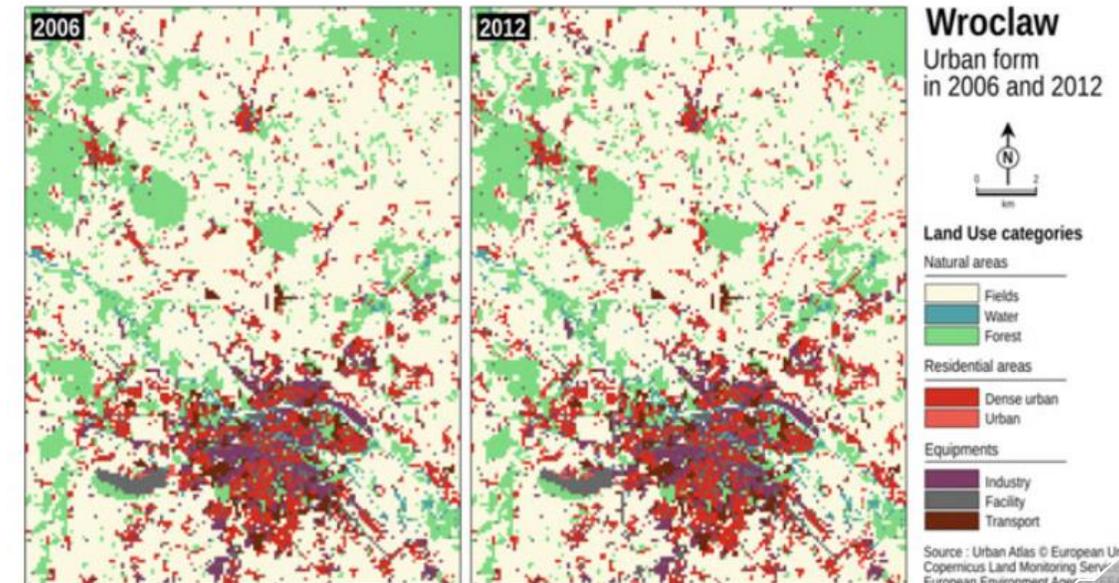
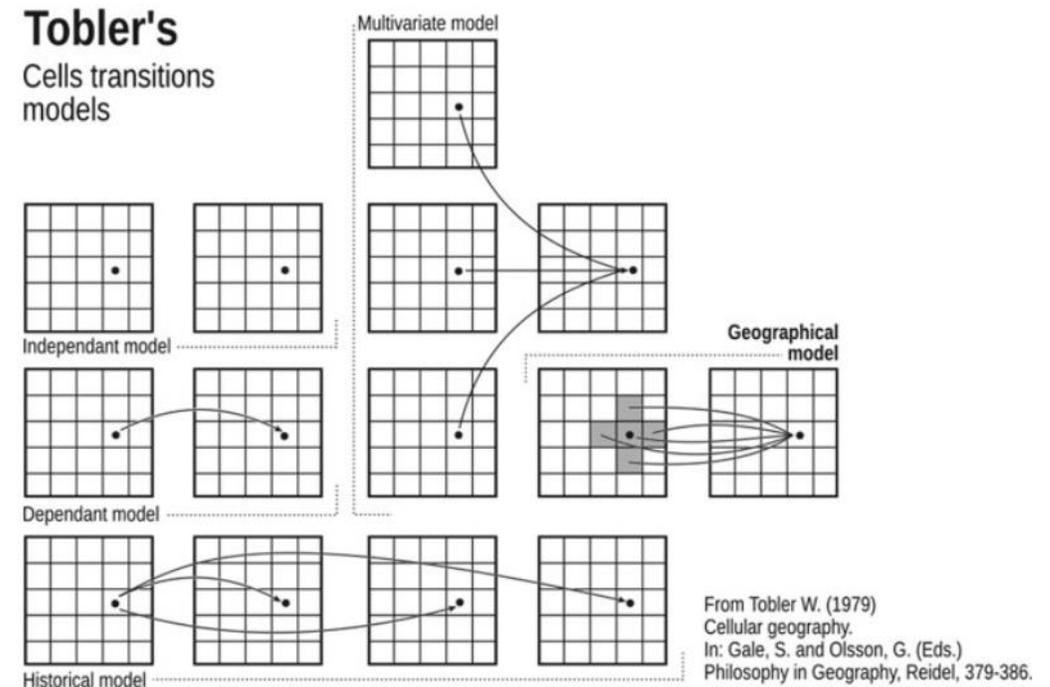
# Modelos

Representación conceptual o física a escala de un proceso o sistema (fenómeno), con el fin de analizar su naturaleza, desarrollar o comprobar hipótesis o supuestos y permitir una mejor comprensión del fenómeno real al cual el modelo representa.

Un modelo científico es una representación provisoria, perfectible e idealizada de una entidad o fenómeno físico (Bunge, 1985).

Ejemplos:

- Modelos hidrológicos hidrológico (habitualmente asociados a SIG)
- Autómatas celulares
- Modelos de distribución de poblaciones
- Modelos de crecimiento y de expansión



# Segregación espacial

La segregación espacial es un reflejo de la estructura social existente como un mecanismo para hacer cumplir esa estructura.

Segregación es el grado en el que los individuos de diferentes grupos ocupan o experimentan diferentes entornos urbanos. (D. Massey & N. Denton, 1988)

En estos términos, la segregación espacial es definida como la separación en el territorio de diferentes grupos de población.

Un grupo está segregado espacialmente cuando sus miembros no se distribuyen en el territorio de manera uniforme respecto al resto de la población (Goodall, 1987; Gregory et al., 2009)

Para muchos autores la principal razón de tal segregación espacial radica en los vínculos económicos y las interacciones sociales que las personas tienen con los individuos de su grupo de referencia.

La prevalencia de tal segregación se ve agravada por la pobreza, ya que es más probable que las personas pobres vean que sus relaciones sociales mejoran dentro de su propio grupo social, cultural o étnico.

La concentración espacial también afecta las actividades comerciales y profesionales.



# Lecturas

Garrocho, C., & Campos-Alanís, J. (2013). Réquiem por los indicadores no espaciales de segregación residencial. *Papeles de población*, 19(77), 269-300.

[https://www.researchgate.net/publication/261295759\\_Requiem\\_por\\_los\\_indicadores\\_no\\_espaciales\\_de\\_segregacion\\_residencial](https://www.researchgate.net/publication/261295759_Requiem_por_los_indicadores_no_espaciales_de_segregacion_residencial)

Escolano, S. (2007). La medida de la segregación residencial urbana: análisis multiescala mediante índices de lagunaridad. *Geofocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (7), 216-234.

<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/118/280>



# Bibliografía

- Anselin, L. (1989). What is Special About Spatial Data? Alternative Perspectives on Spatial Data Analysis (89-4).
- Buzai, Gustavo (2010) Capítulo 7: Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: Sus cinco conceptos fundamentales. En: Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos Conceptuales y Aplicaciones. GESIG - Universidad Nacional de Luján. (704 páginas). ISBN 978-987-05-7535-1
- Buzai, Gustavo (2011) Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Evolución teórica-metodológica hacia campos emergentes. Ponencia Egal 2011, Costa Rica
- Buzai, Gustavo; Ruiz, Ernest. (2012) Geotecnósfera. Tecnologías de la información geográfica en el contexto global del sistema mundo. *Anekumene*. No. 4, pp. 88–106.
- Chorley R.J. (1972). Spatial Analysis in Geomorphology. Methuen & Co., London.
- Comas, D., & Ruiz, E. (1993). Fundamentos de los sistemas de información geográfica.
- Goodchild, Michael F.; Haining, Robert P. (2005) *SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes. Investigaciones Regionales*, num. primavera, pp. 175-201.
- Longley, P.; Goodchild, M.; Maguire, D.; Rhind, D. (2013) *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. Editora Bookman. 3ra. Ed. Porto Alegre.
- Nyerges, T. L. (1991). Analytical map use. *Cartography and Geographic Information Systems*, 18(1), 11-22.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica Tomo I. España: Creative Commons*.
- Pullar DV and Egenhofer MJ (1988), "Toward formal definitions of topological relations among spatial objects", In Proceedings Third International Symposium on Spatial Data Handling, Sydney, Australia, August 17-19, pp. 225-241.
- Sitjar i Suñer, Josep (2009) *Los Sistemas de Información Geográfica al servicio de la sociedad. Localización: Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano, ISSN-e 1885-8104, Nº. 8. W.R.*
- Tobler. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46(2):234–240, 1970
- Wilkin, T. A., Garant, D., Gosler, A. G., & Sheldon, B. C. (2007). Edge effects in the great tit: analyses of long-term data with GIS techniques. *Conservation Biology*, 21(5), 1207-1217

