

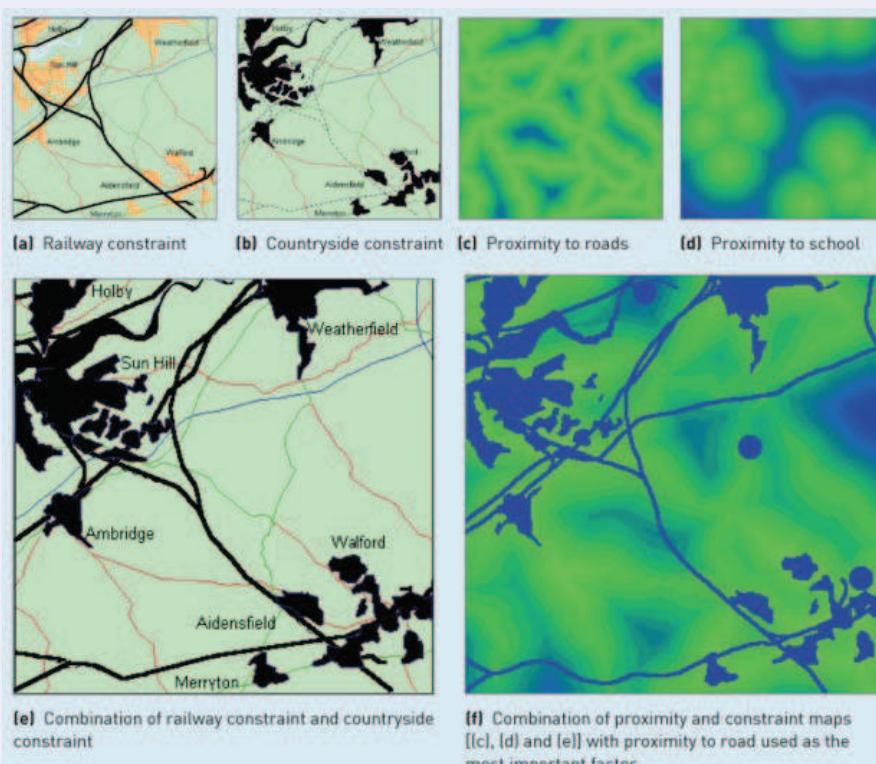
SIG. Tema 5: Análisis Espacial

José Samos Jiménez

2020 jsamos (Isi-ugr)
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Granada

Curso 2020-21

Ejemplo: Buscar casa



Contenido

- 1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica
- 2 Operaciones fundamentales de SIG
- 3 Análisis de superficies
- 4 Análisis de redes
- 5 Interpolación espacial
- 6 Estadística espacial
- 7 Conclusiones
- 8 Bibliografía

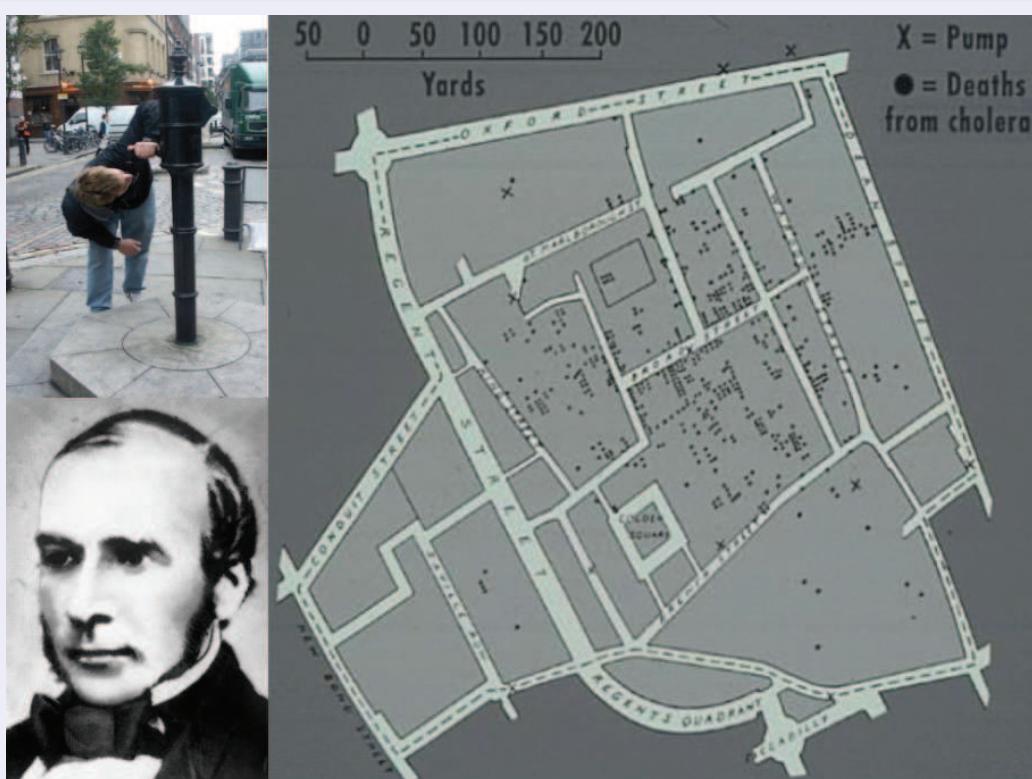
En qué consiste el Análisis de Información Geográfica

- 1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica
 - Historia de los SIG
 - Concepto de análisis en SIG
 - Flujo de operaciones
 - Tipos de operaciones
 - Clasificación de técnicas
- 2 Operaciones fundamentales de SIG
- 3 Análisis de superficies
- 4 Análisis de redes
- 5 Interpolación espacial
- 6 Estadística espacial
- 7 Conclusiones
- 8 Bibliografía

Historia de los SIG

Hitos en la historia

Causas del cólera en Soho, Londres, John Snow (1850)



Concepto de análisis en SIG

Qué es *Análisis de Información Geográfica*

Objetivo del Análisis de Información

Hacer evidentes al analista hechos que, de otra forma, habrían permanecido invisibles.

- Requiere a un usuario inteligente (no sólo un ordenador potente).

Definición de Análisis de Información Geográfica

- Conjunto de métodos de análisis de información cuyo resultado depende de la ubicación de los objetos analizados.
 - ▶ Análisis basado en la ubicación.
- Conjunto de técnicas que, aplicadas a información geográfica, ayudan a revelar patrones o anomalías que no eran evidentes, relevantes para el soporte a la toma de decisiones.

Objetivo de los SIG

Añadir valor a los datos geográficos para transformarlos en *Información Geográfica útil*.

Ejemplos

El cólera en Soho

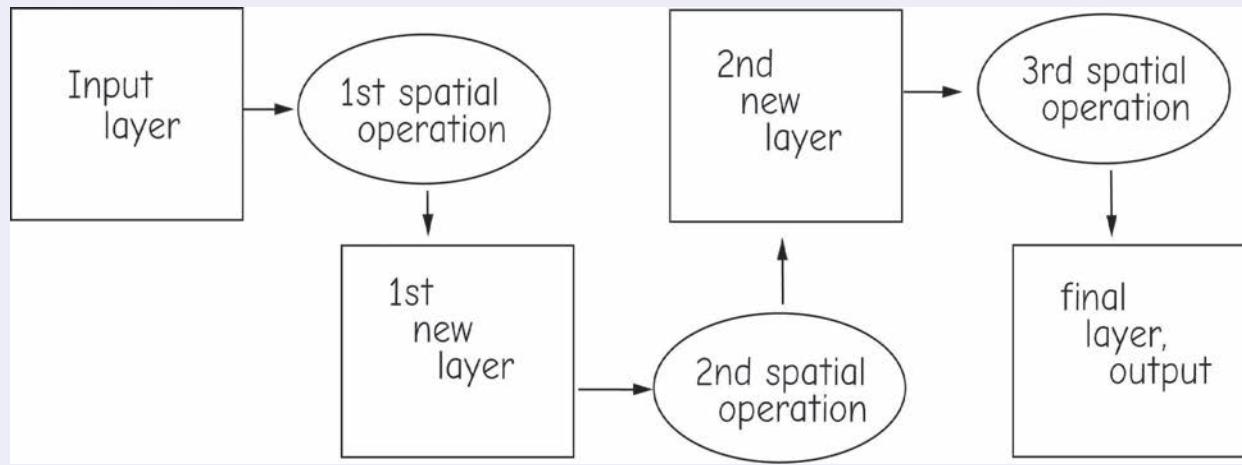


Filariosis (en mascotas) <http://catdog.es>



Flujo de operaciones

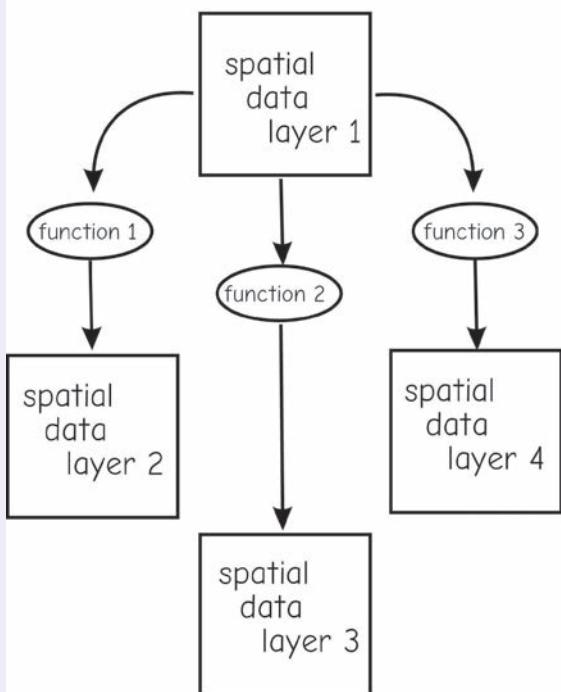
Secuencia de operaciones de análisis



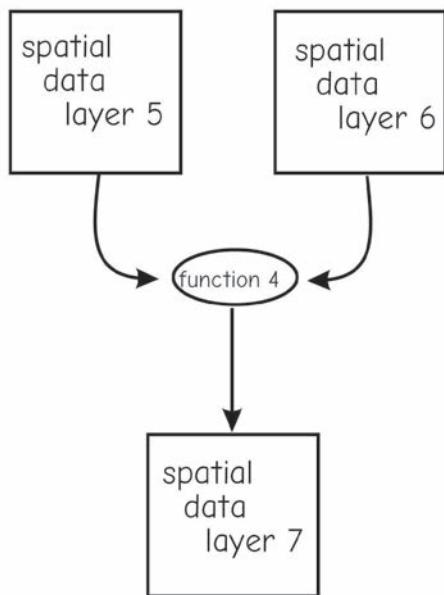
Tipos de operaciones

Según las capas de entrada y salida

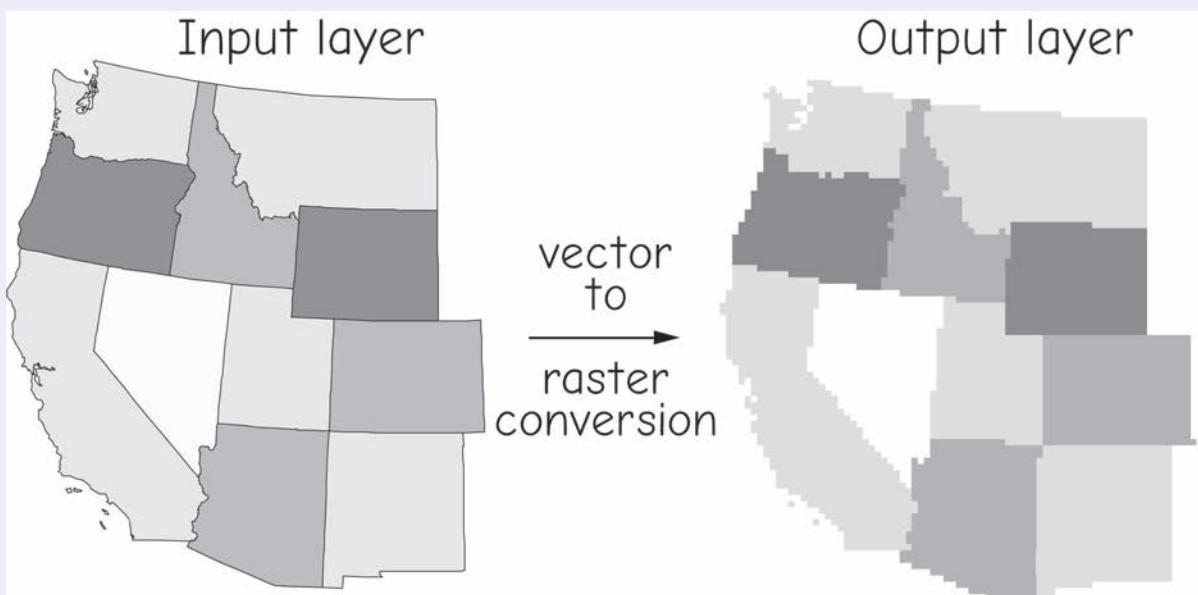
One input - Many outputs



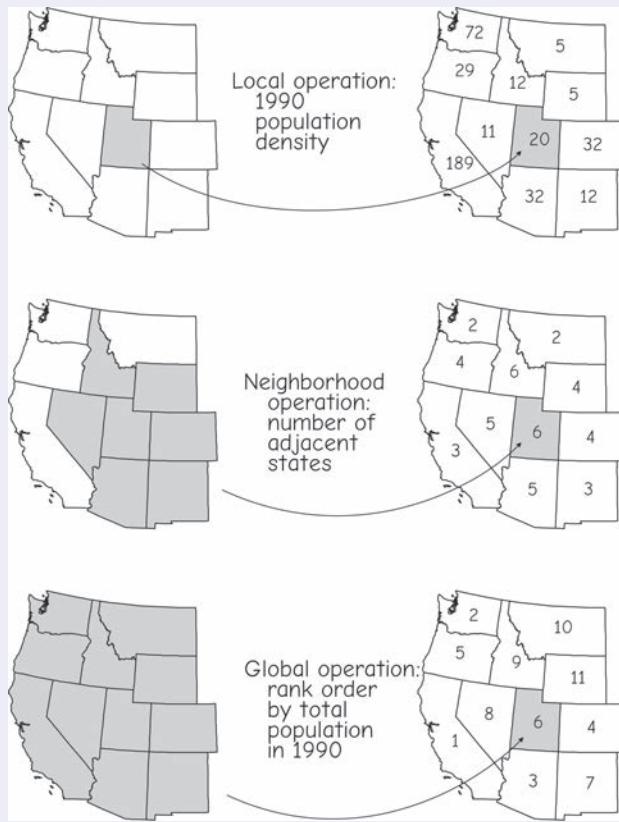
Many inputs - One output



Operaciones de conversión

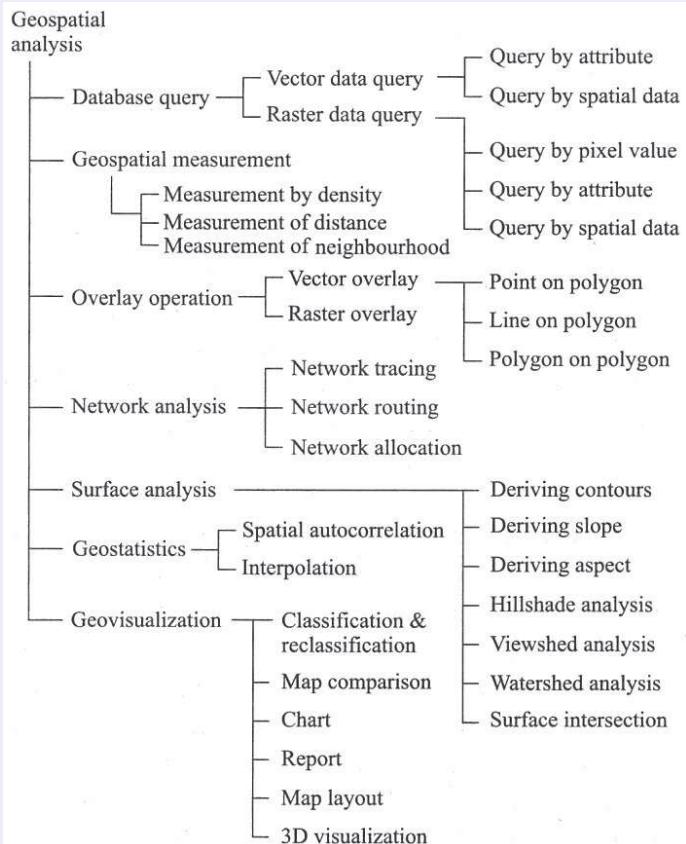


Según el ámbito



Clasificación de técnicas

Una clasificación de técnicas [Bha11]



Una clasificación de técnicas [Zhu16]

Category	Tools
GIS fundamental operations	Spatial query Reclassification Geometric measurements Buffering and proximity measurements Overlay
Network analysis	Finding shortest path Finding closest facilities Finding service areas
Surface analysis	Slope Aspect Curvature Visibility Profiling

Category	Tools
Spatial interpolation	Inverse distance weighted Spline Trend surface Kriging
Spatial statistics	Spatial descriptive statistics Spatial inferential statistics Spatial regression Spatial clustering
Spatial decision analysis	Multi-criteria analysis Multi-objective optimisation
Spatial modelling	Cellular automata Agent-based modelling Weights-of-evidence

Operaciones fundamentales de SIG

1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica

2 Operaciones fundamentales de SIG

- Consultas espaciales
- Reclasificación
- Medidas geométricas y de distancia
- Buffering y medidas de proximidad
- Análisis de superposición y álgebra de mapas

3 Análisis de superficies

4 Análisis de redes

5 Interpolación espacial

6 Estadística espacial

7 Conclusiones

8 Bibliografía

Consultas espaciales

Consultas espaciales

Consultas por atributo

```
SELECT * FROM w_mains  
WHERE year < 2010 AND diameter < 30
```

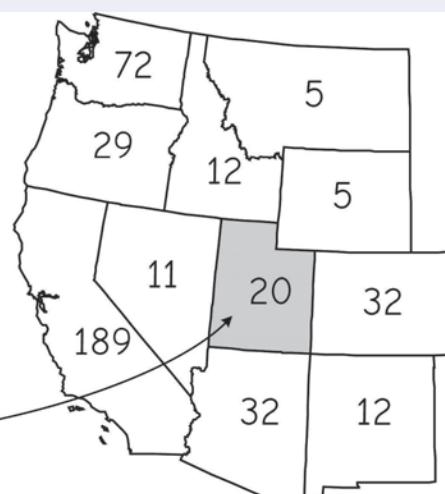
Consultas por posición

- Operadores espaciales:
 - ▶ *equals, disjoint, intersects, touches, crosses, within, contains, overlaps, relate*, etc.
- Generalmente interviene más de una capa.

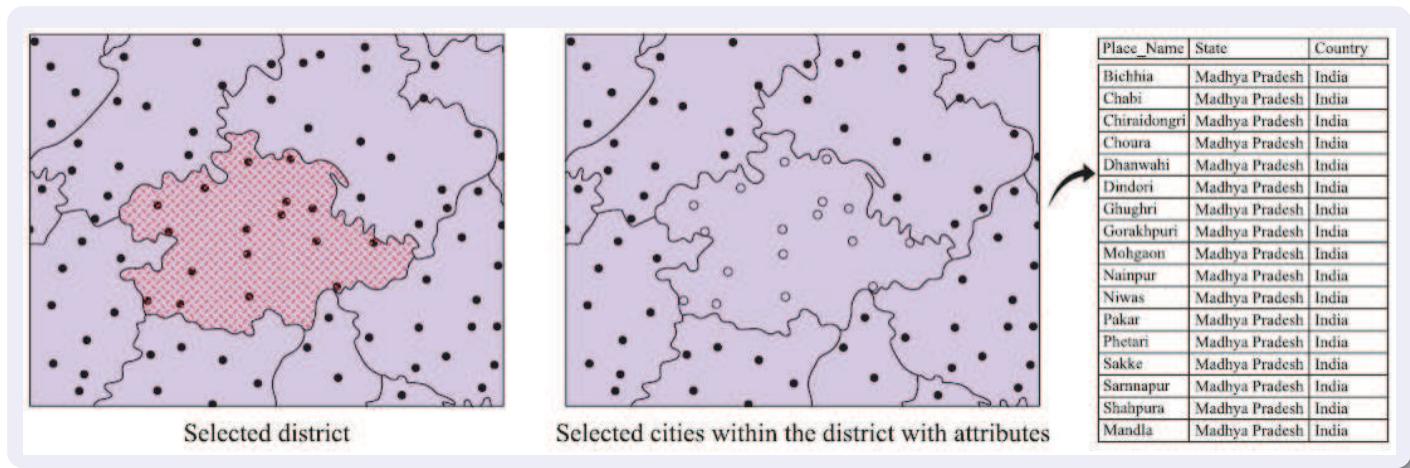
Ejemplo (i): Densidad de población



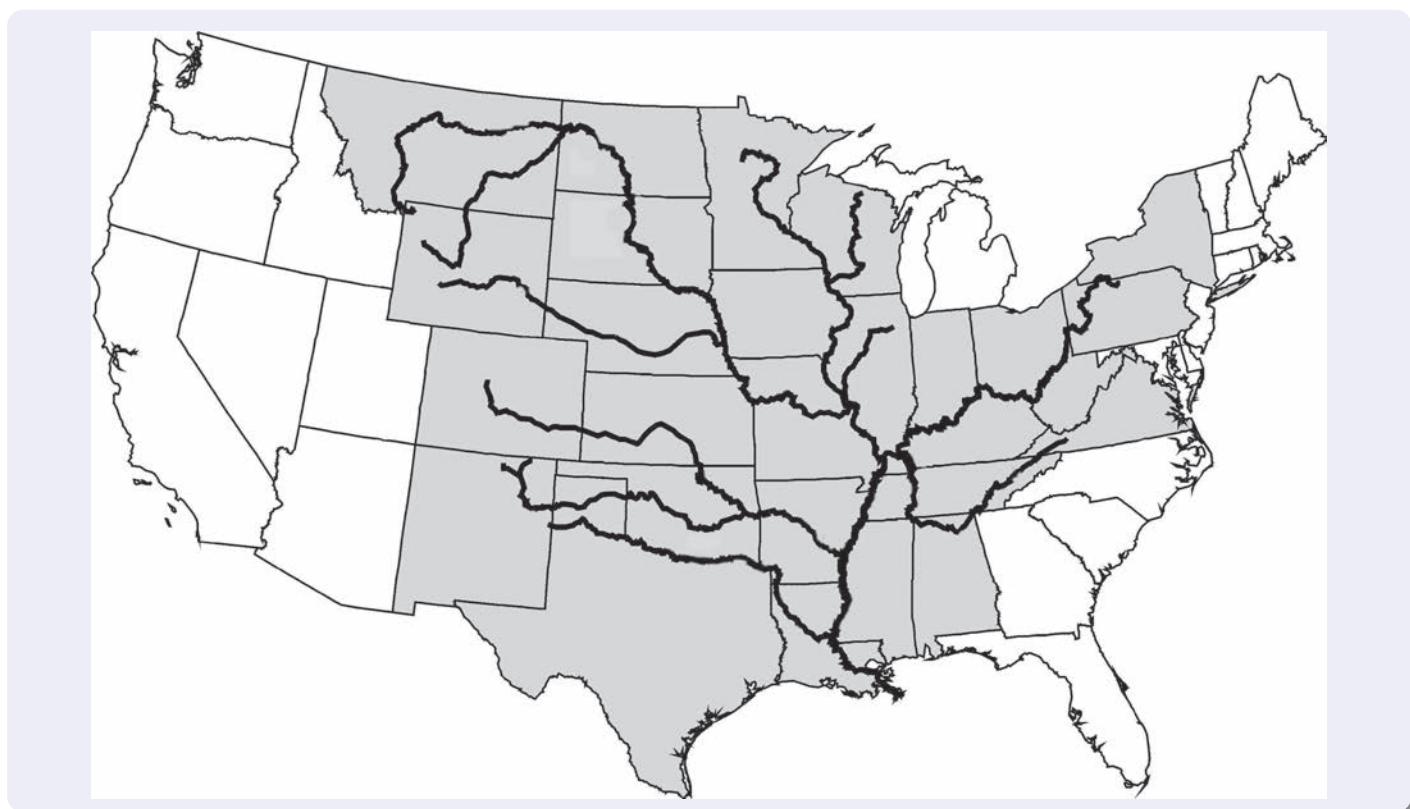
Local operation:
1990
population
density



Ejemplo (ii): Relación de inclusión

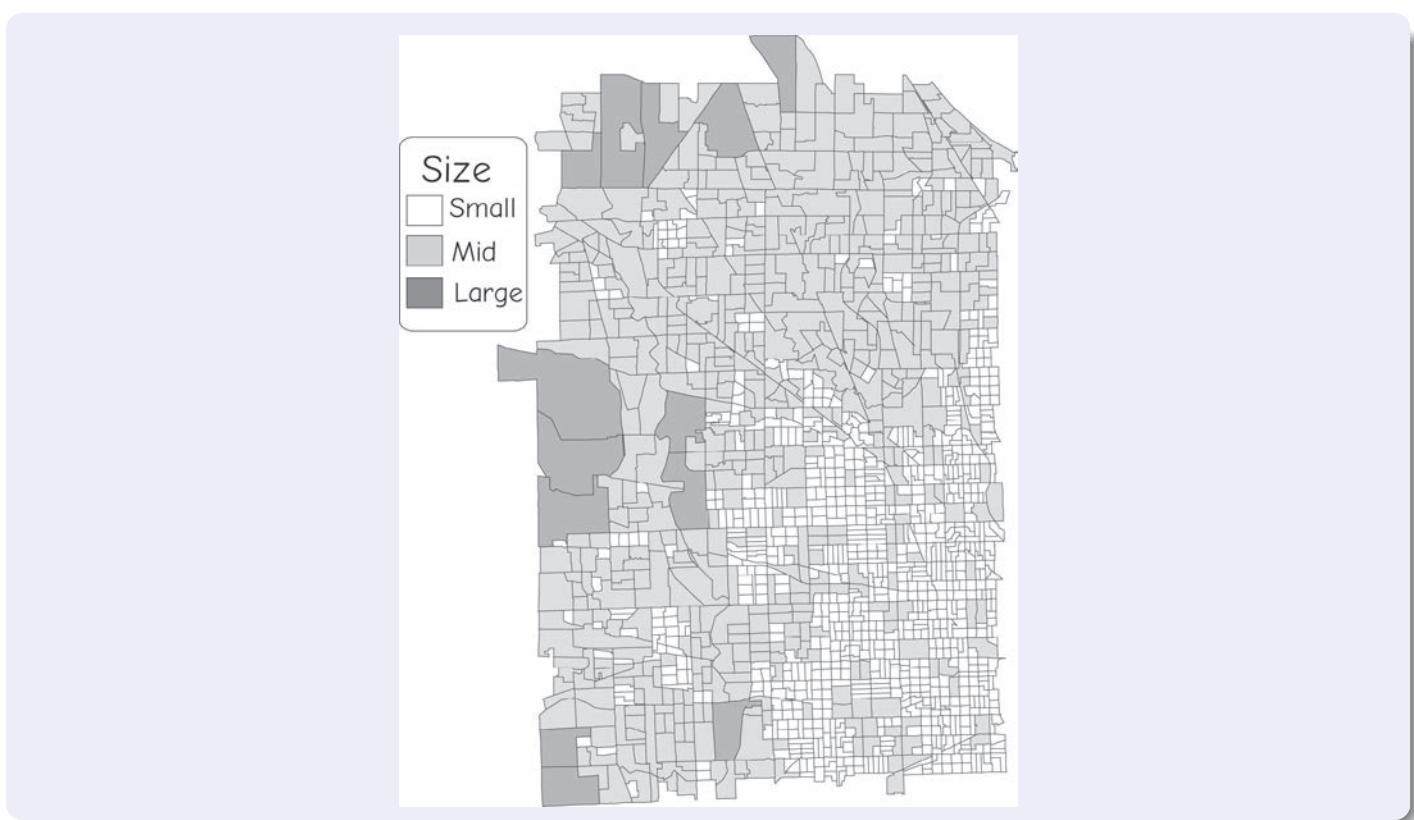


Ejemplo (iii): Selección basada en la relación

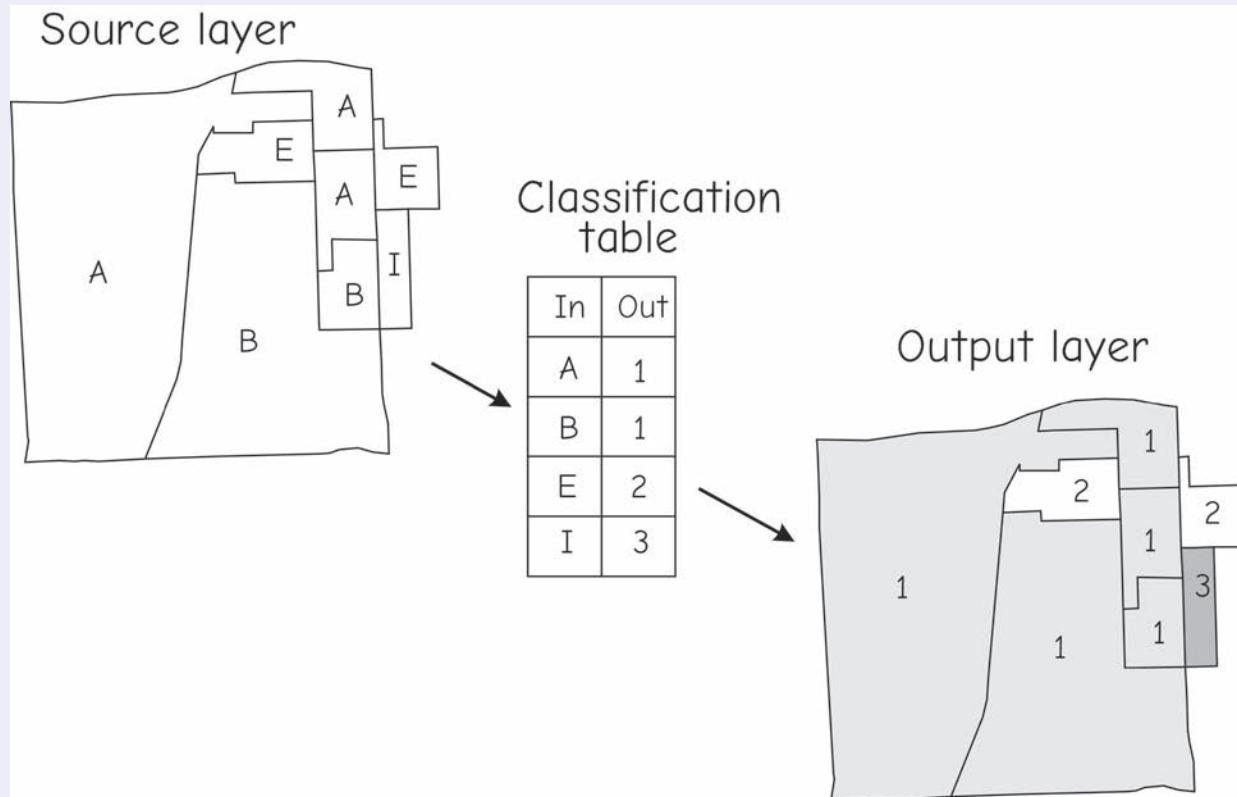


Reclasificación

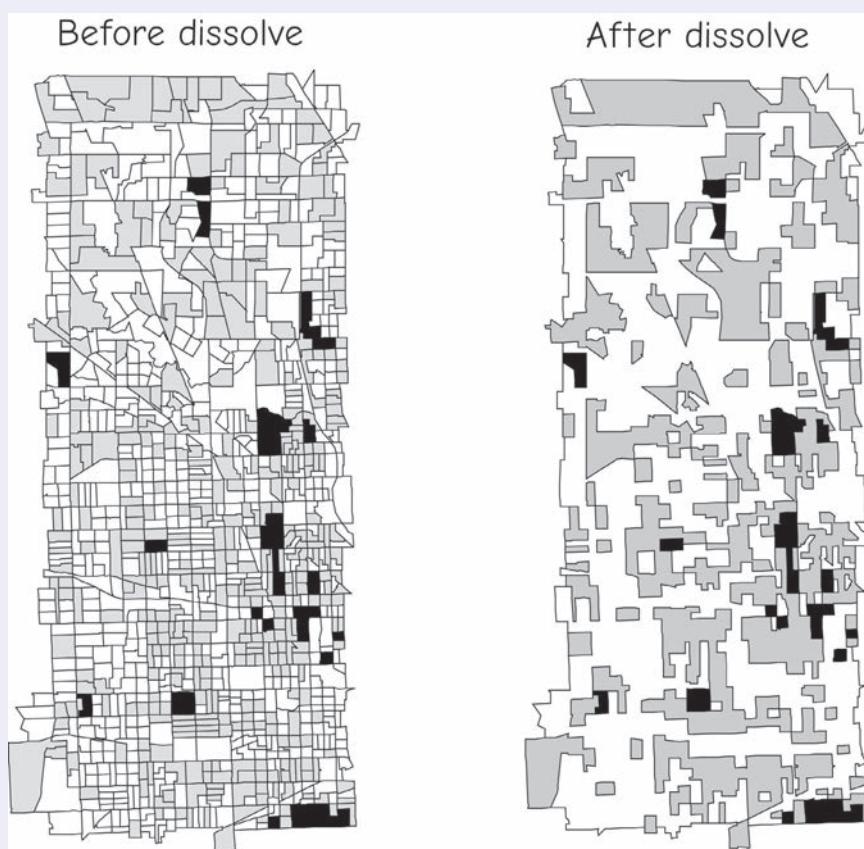
Ejemplo (i): Clasificación



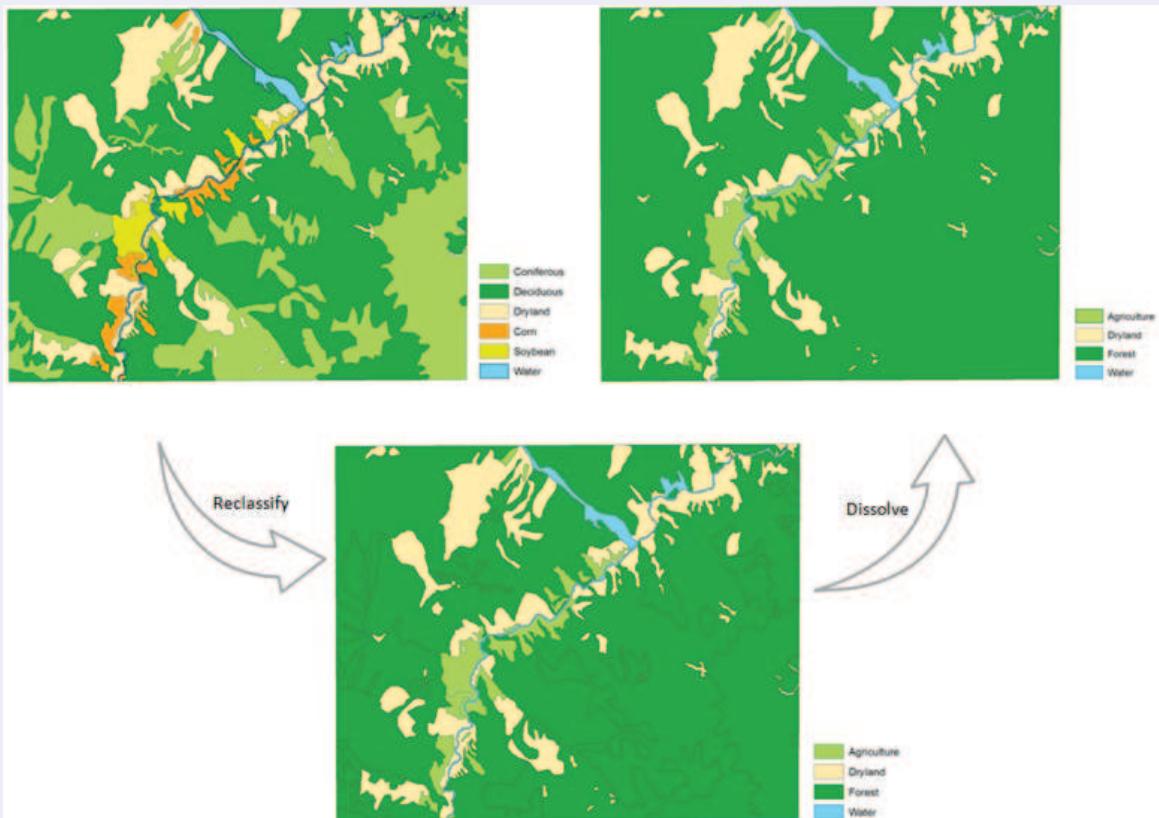
Ejemplo (ii): Reclasificación



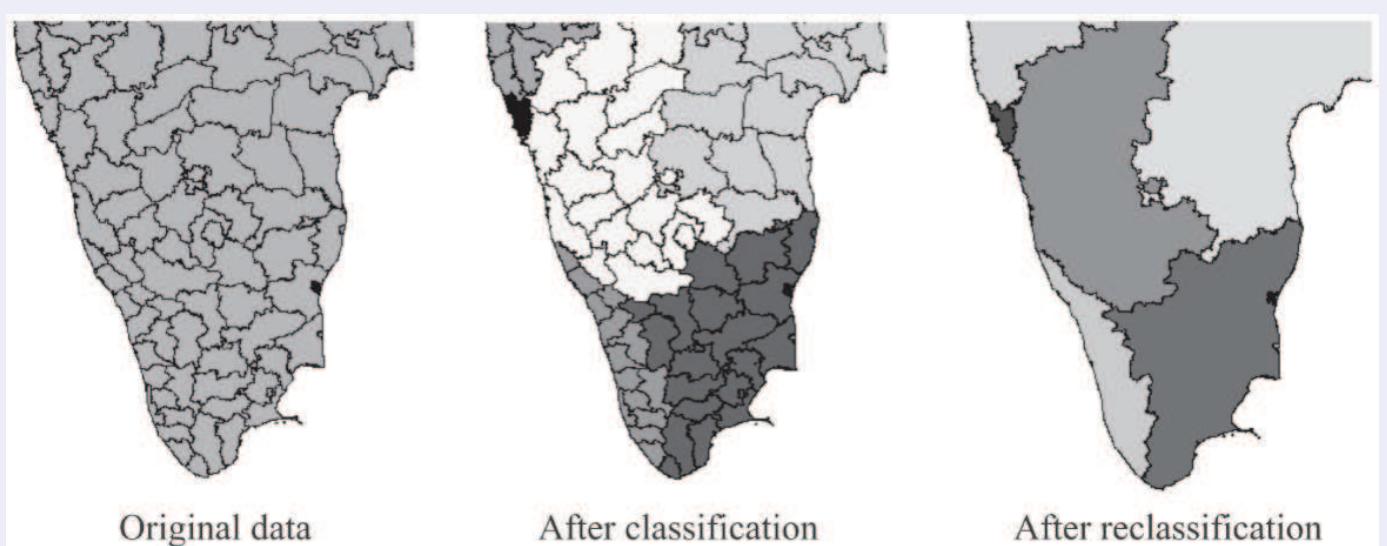
Ejemplo (iii): Disolución



Ejemplo (iv): Reclasificación y Disolución



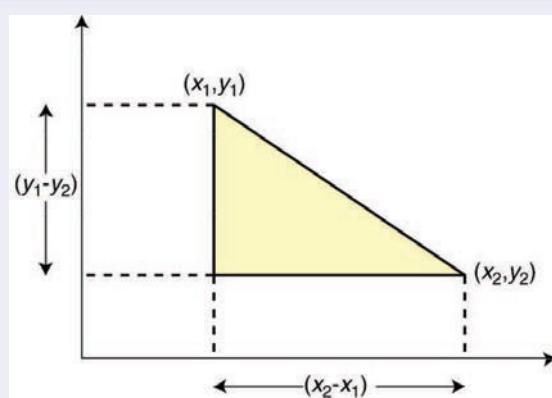
Ejemplo (v): Clasificación y Reclasificación (disolución)



Medidas geométricas y de distancia

Longitud

Proyectado



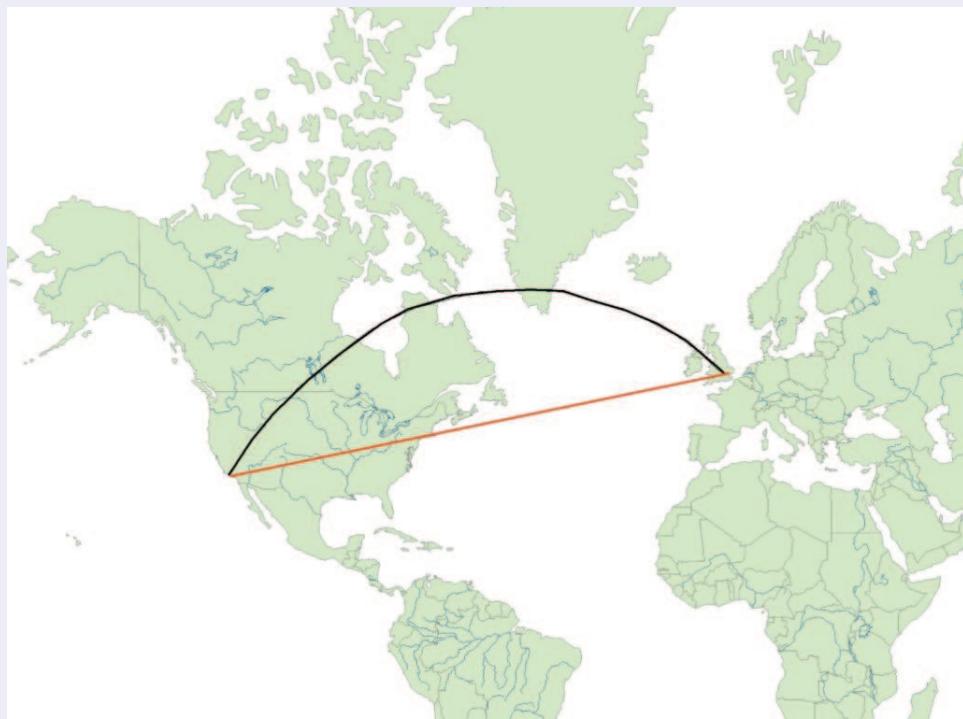
$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Geográfico

$$D_{geodesic} = r \cos^{-1}[\sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 (\lambda_2 - \lambda_1)]$$

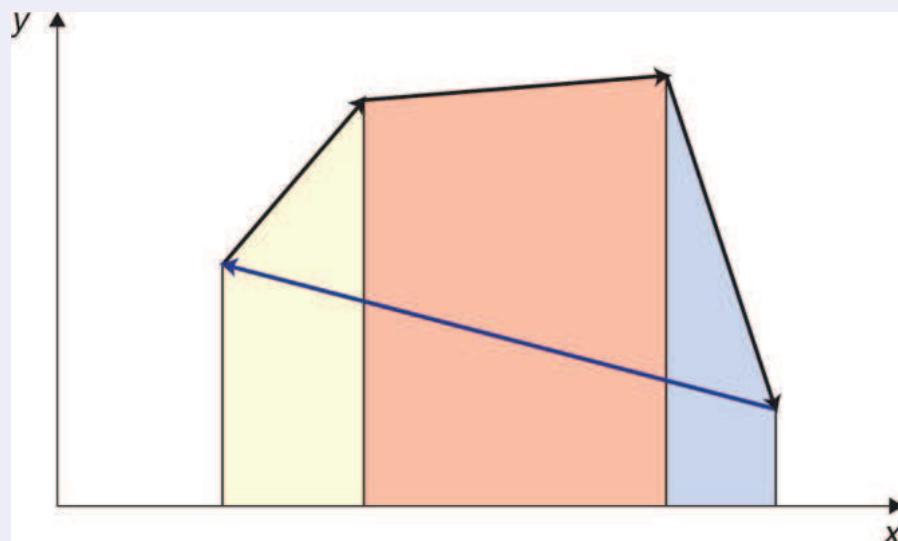
Efecto de la curvatura de la tierra

8800 Km o bien 9807 Km



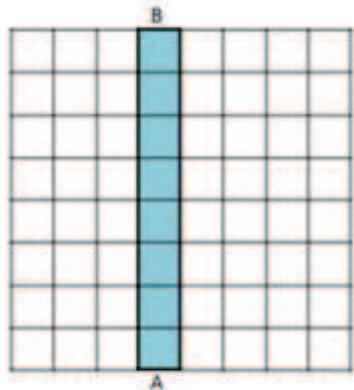
Cálculo del perímetro y del área

Considerando el sistema de coordenadas adecuado

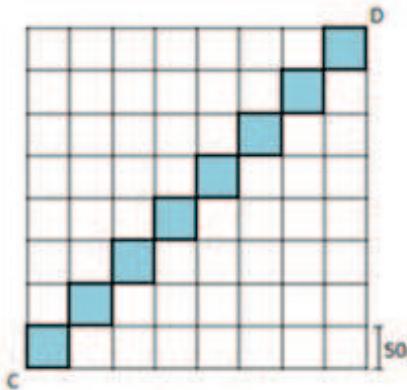


- Trivial con el soporte informático.
- Procurar no obtener “grados cuadrados”: muchos sistemas no lo soportan.

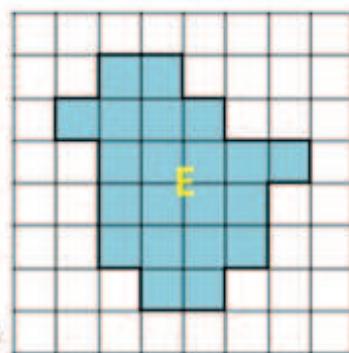
Longitud, perímetro y área para ráster



The length of line AB
= 8 cells × (50m / cell)
= 400m



The length of line CD
= 8 cells × (50m × 1.414 / cell)
≈ 565.6m



The area of polygon E
= 21 cells × (50m × 50m / cell) =
52500m²

The perimeter of E
= (4 × 21 cells - 2 × 30 sides) × 50m
= 1200m

Medidas de caracterización de la forma

Compacidad (1: círculo para vector, cuadrado para ráster, > 1: otras menos compactas)

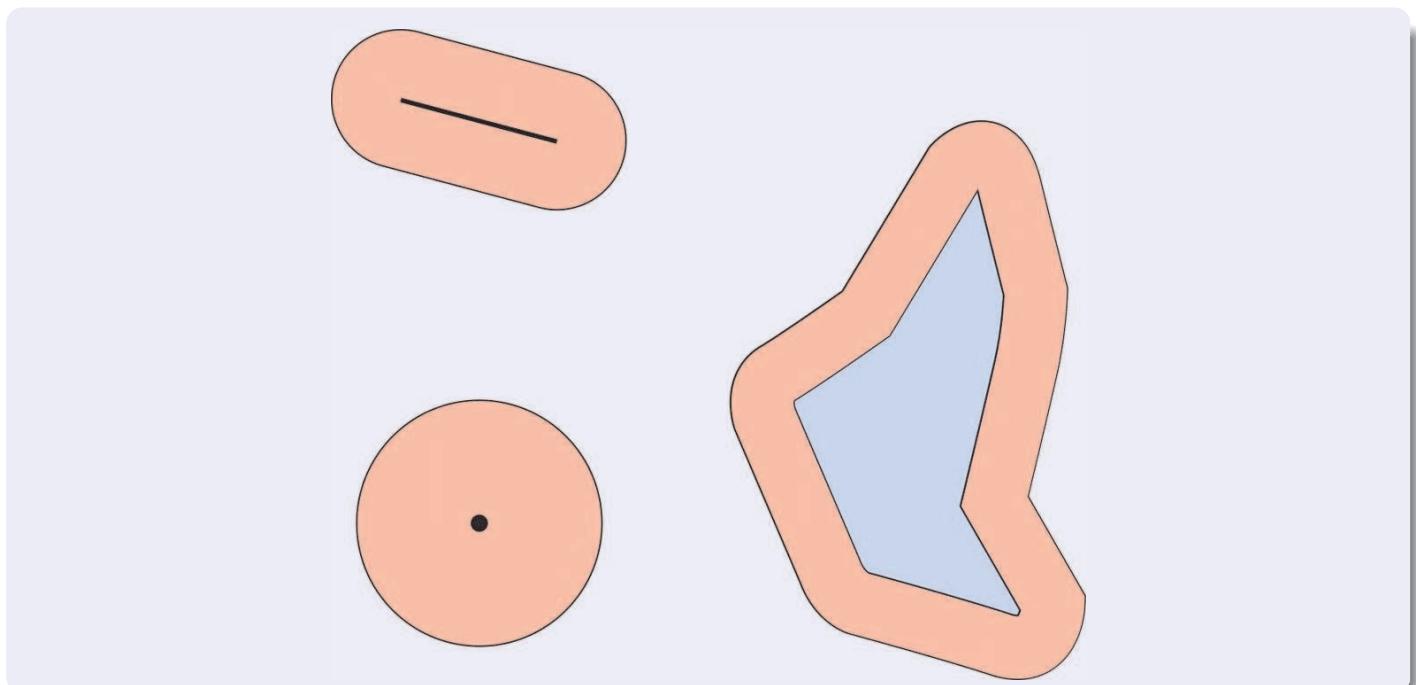
$$SI_c = \begin{cases} \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} & \text{for vector data} \\ \frac{P}{4\sqrt{\pi A}} & \text{for raster data} \end{cases}$$

Aspereza o suavidad (1: simple como círculo o cuadrado, 2: compleja)

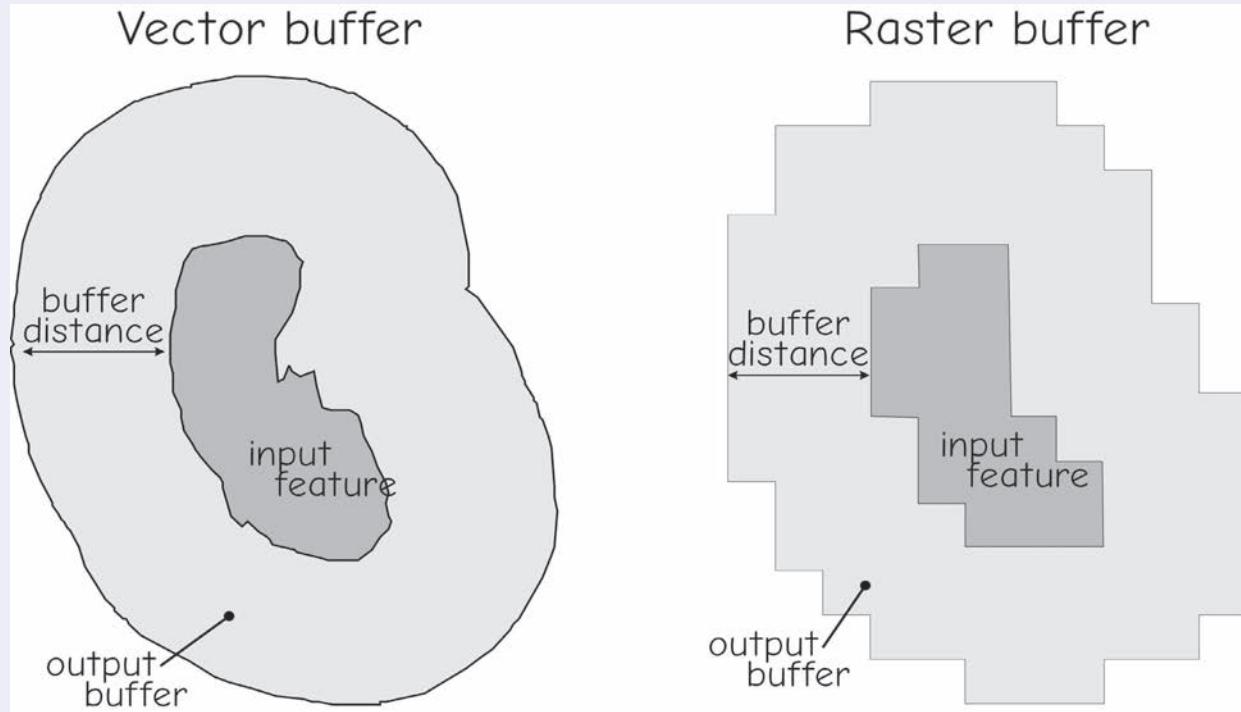
$$SI_f = \frac{2 \ln P}{\ln A}$$

Buffering y medidas de proximidad

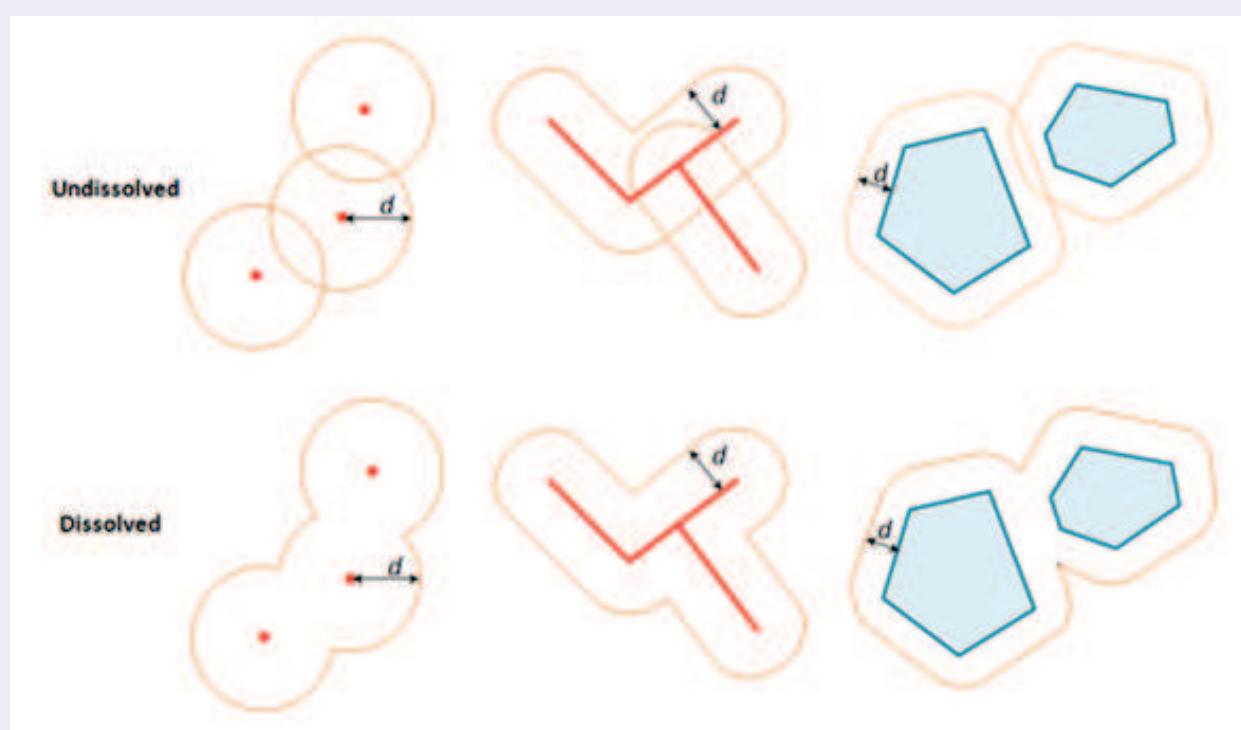
Distancia alrededor de un elemento: Areas de influencia



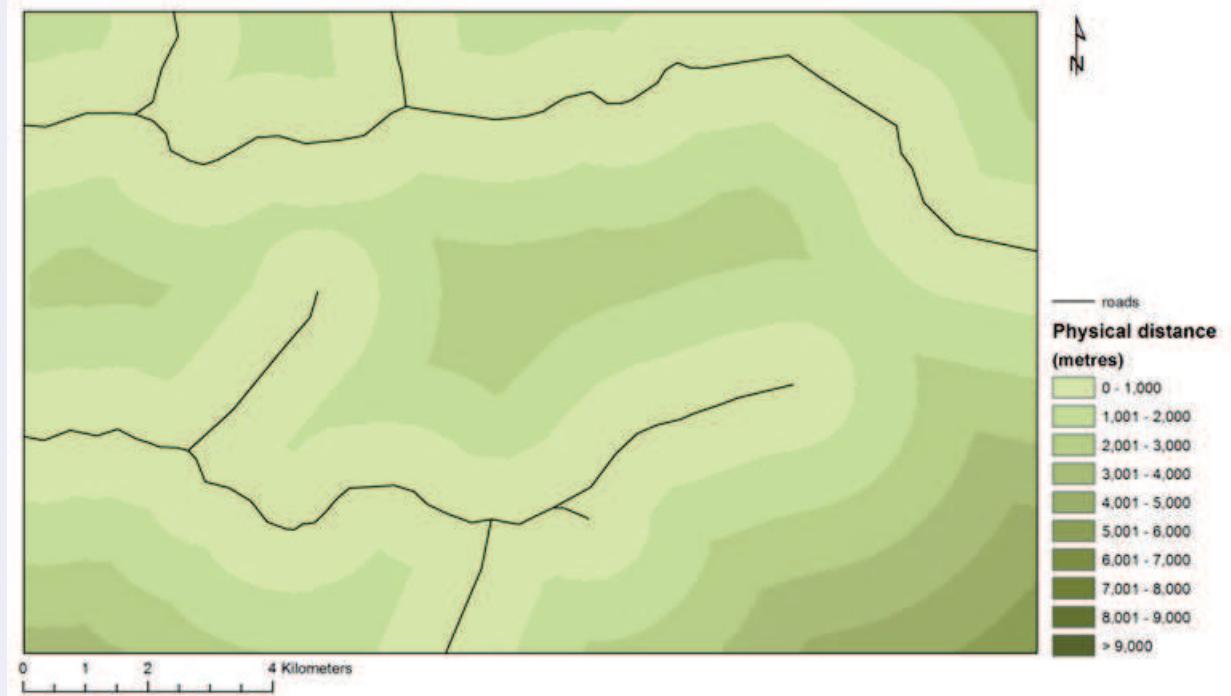
Buffer para vector y para raster



Buffering y disolución



Distancia física

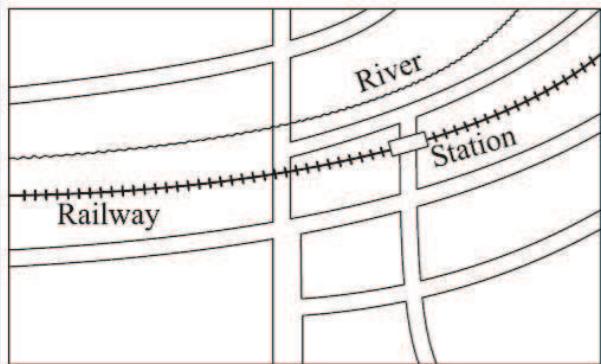


Distancia dependiendo del camino y la pendiente

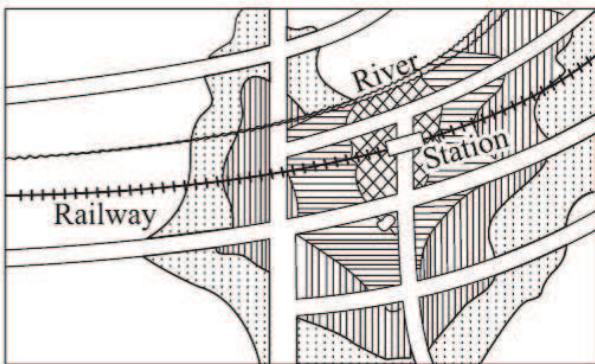


- La longitud y el área dependen de la pendiente.

Distancia dependiendo del tiempo



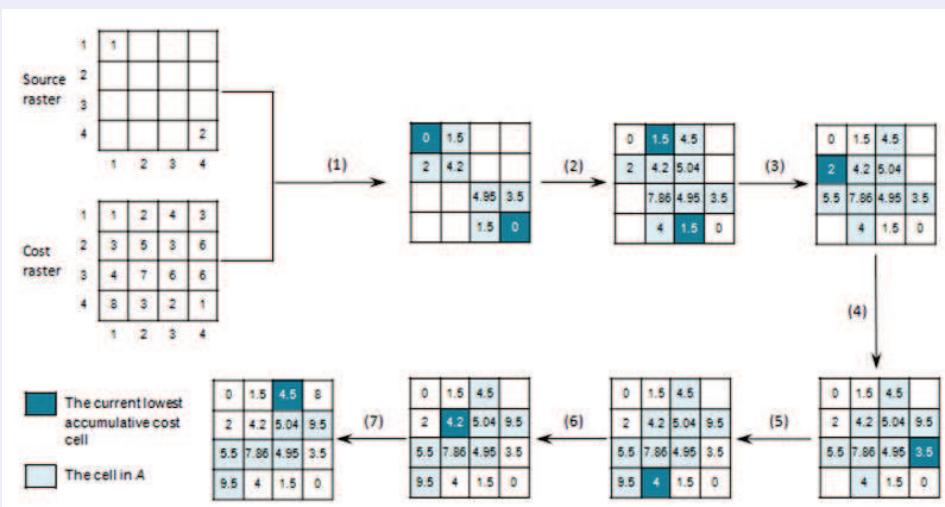
(a) Access to railways station



(b) Walking distance in time to railway station

■ 10 min ■ 20 min ■ 30 min ■ 40 min

Cálculo de la distancia coste



$$c_{1,2} = 0 + (1 + 2) / 2 = 1.5$$

$$c_{2,1} = 0 + (1 + 3) / 2 = 2$$

$$c_{2,2} = 0 + [(1 + 5) / 2] \times 1.414 = 4.24$$

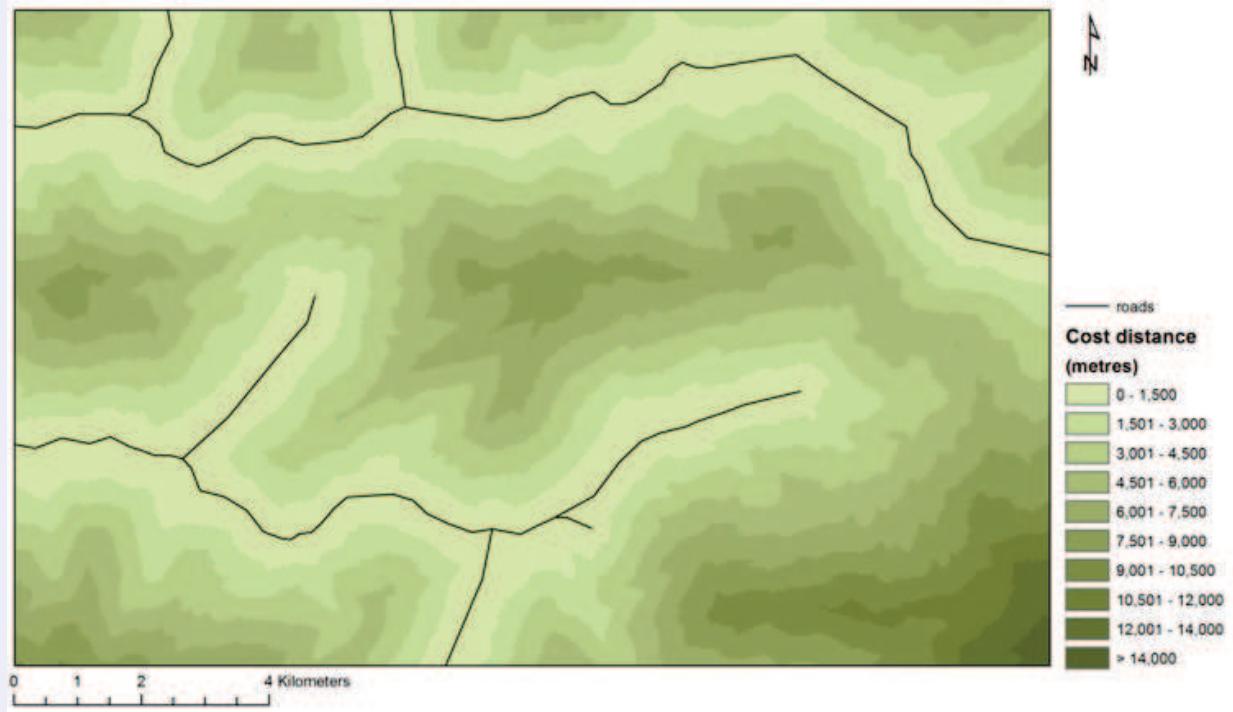
$$c_{1,3} = c_{1,2} + (2 + 4) / 2 = 1.5 + 3 = 4.5$$

$$c_{2,1} = c_{1,2} + [(2 + 3) / 2] \times 1.414 = 1.5 + 3.535 = 5.04$$

$$c_{2,2} = c_{1,2} + (2 + 5) / 2 = 5$$

$$c_{2,3} = c_{1,2} + [(2 + 3) / 2] \times 1.414 = 5.04$$

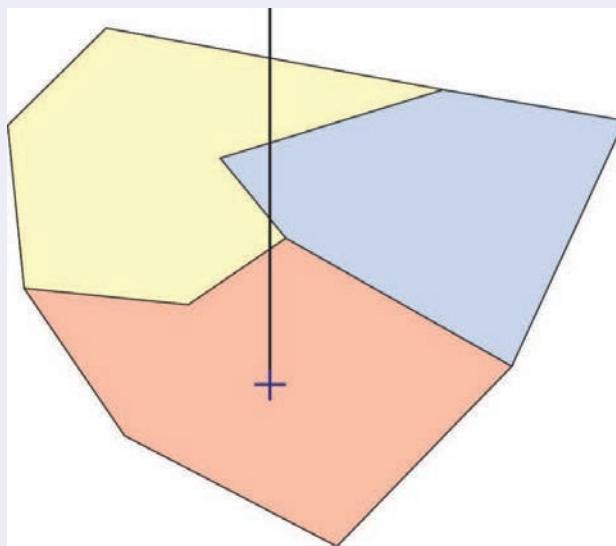
Distancia coste



Análisis de superposición y álgebra de mapas

Relaciones entre puntos, líneas y polígonos

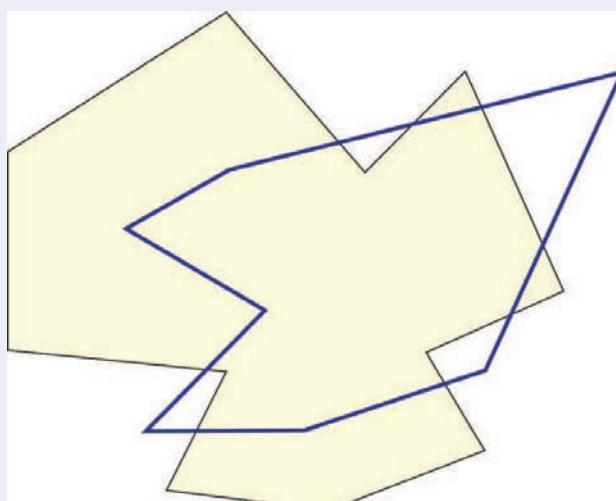
Determinar si un punto está dentro o fuera de un polígono



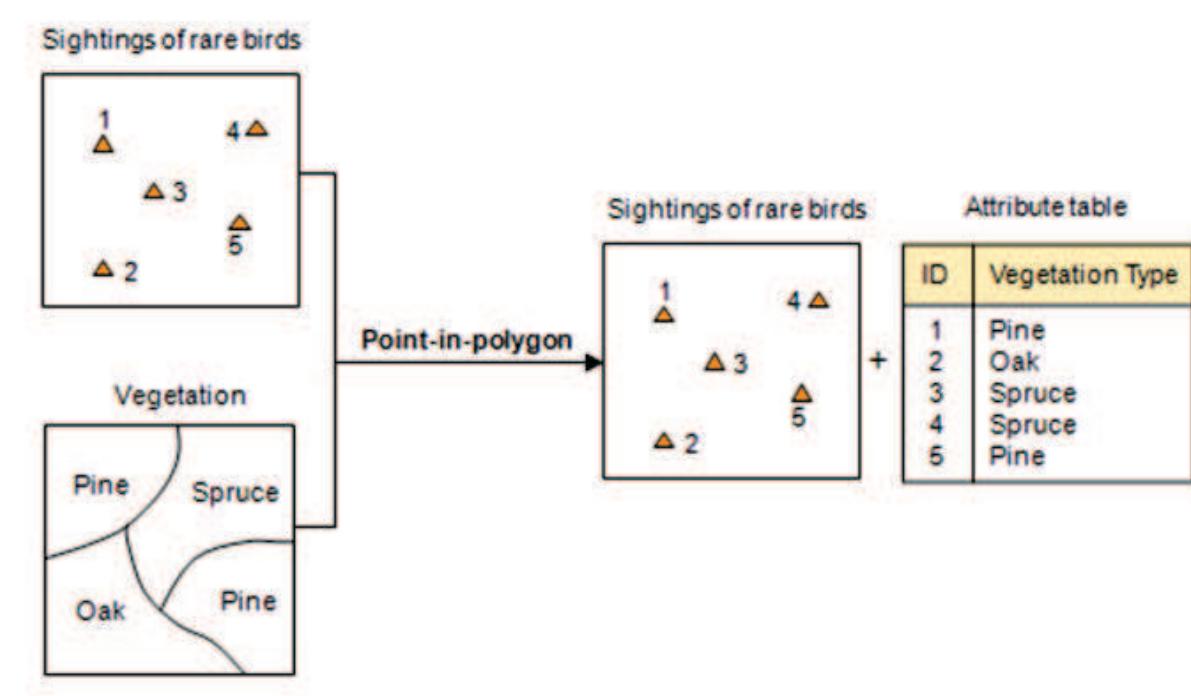
- Algoritmo: Número de cortes entre el polígono y una línea vertical a partir del punto.

Superposición de polígonos

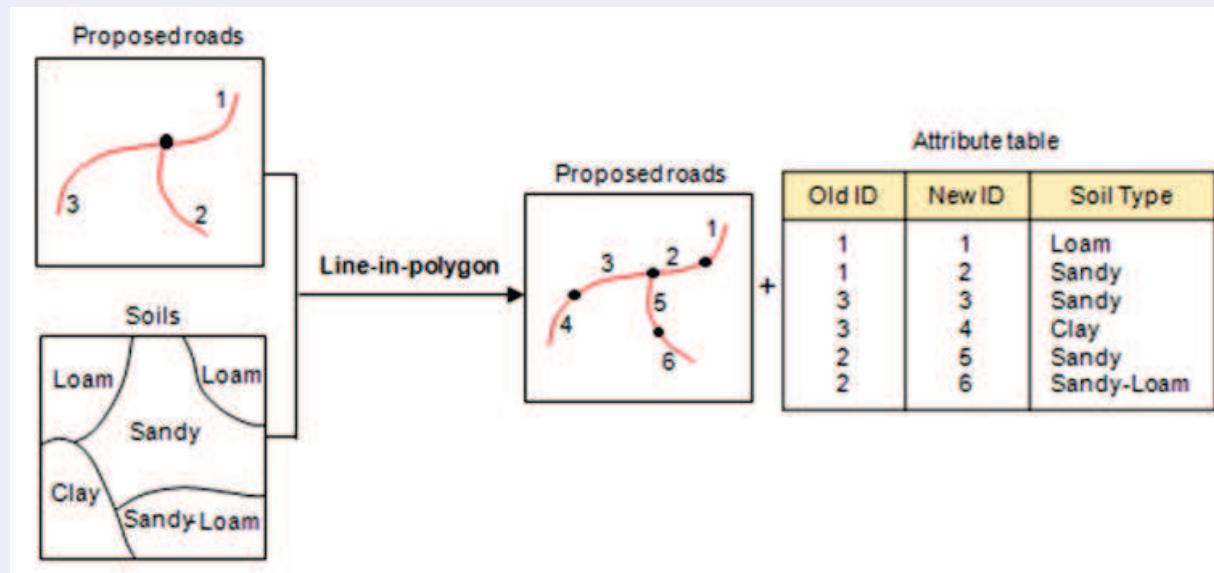
Superposición de dos polígonos (en el ejemplo se generan 9 polígonos)



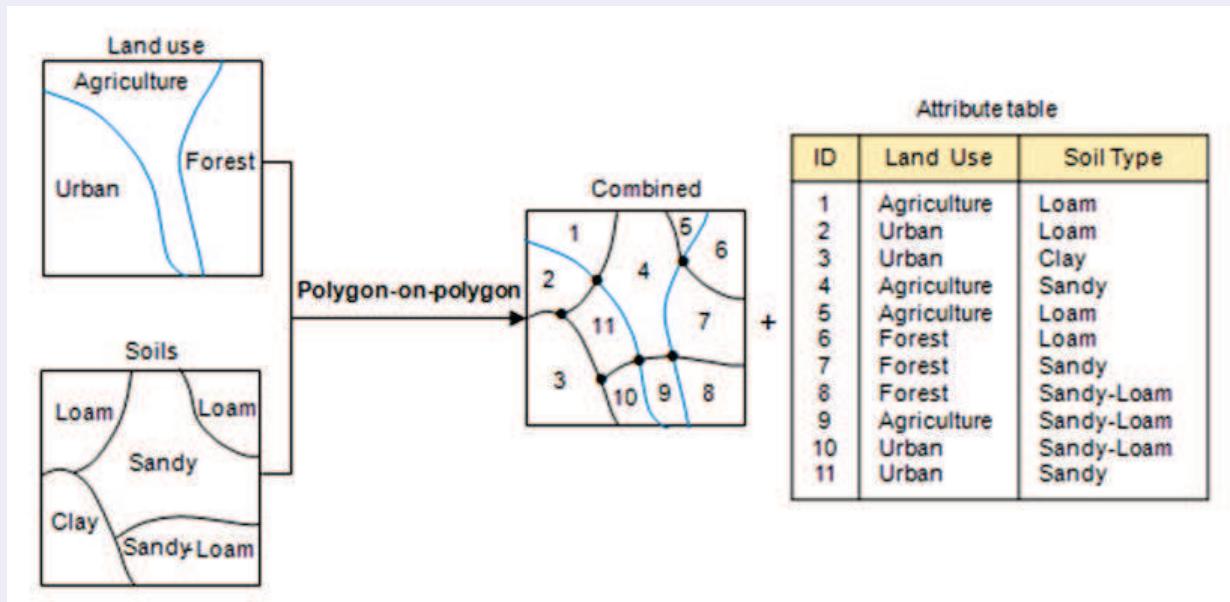
Superposición de puntos sobre polígonos



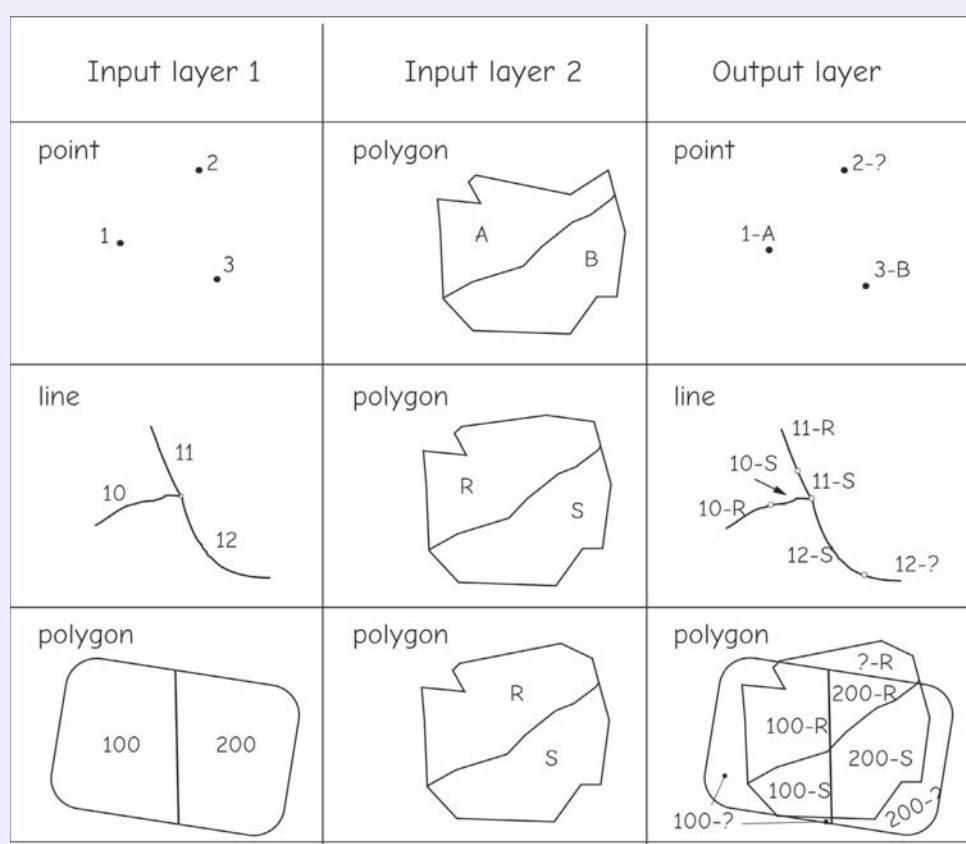
Superposición de líneas sobre polígonos



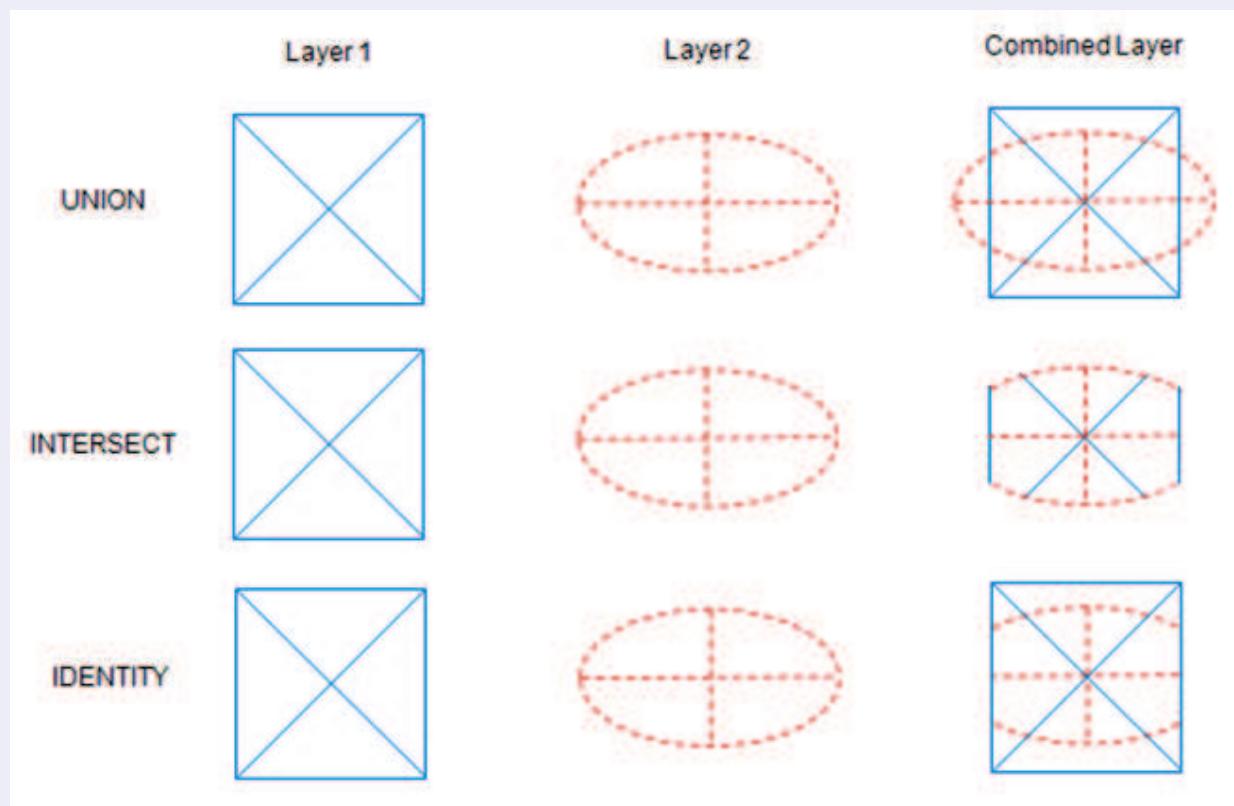
Superposición de polígonos sobre polígonos



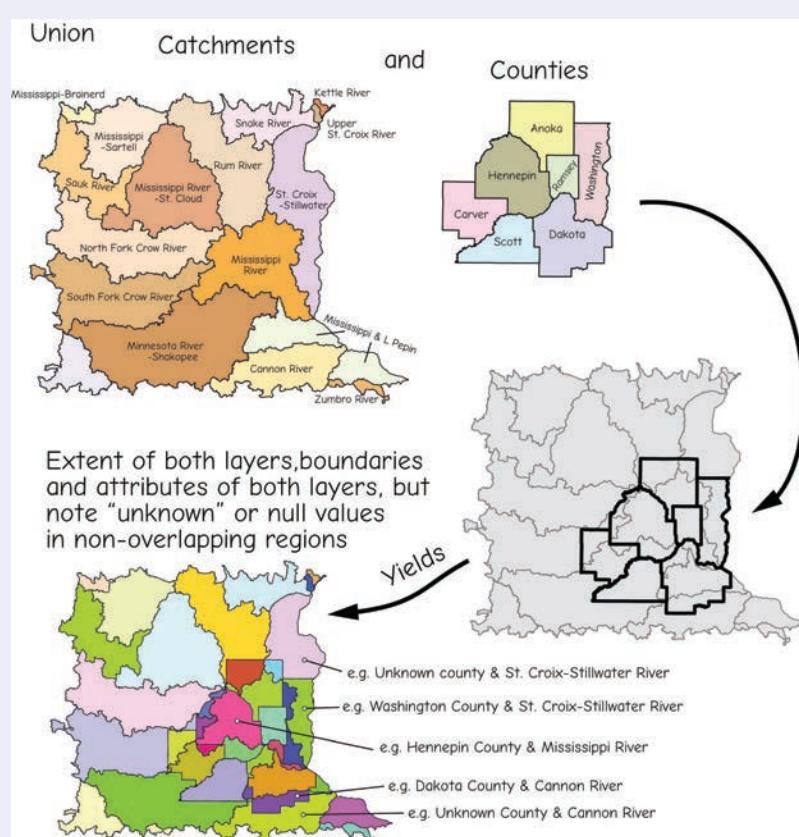
Superposición de vectores



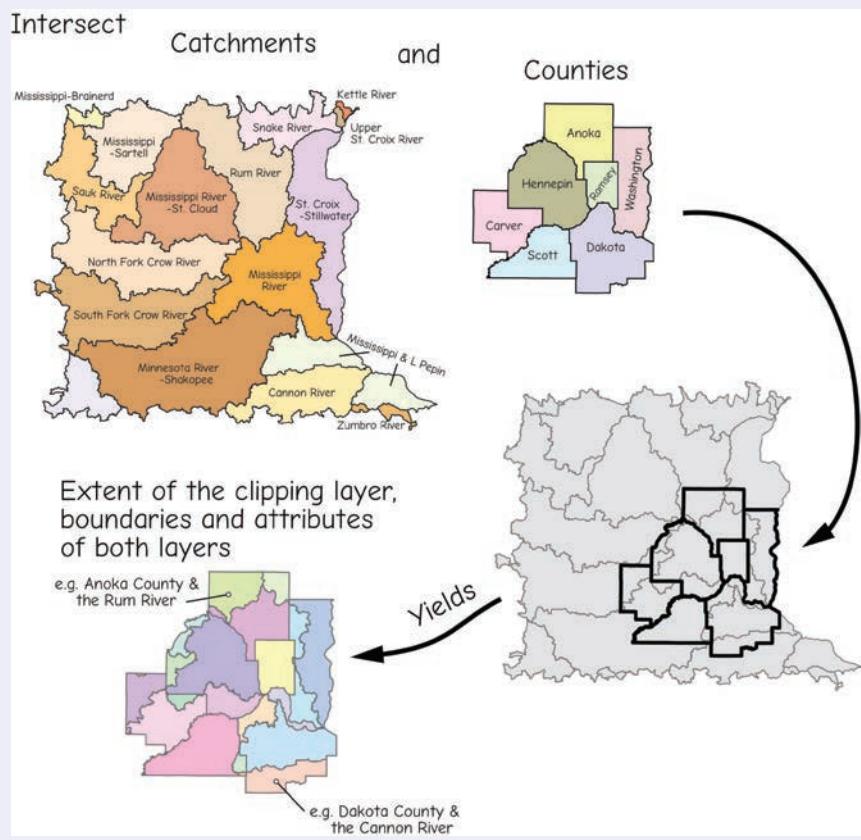
Métodos de superposición de vectores



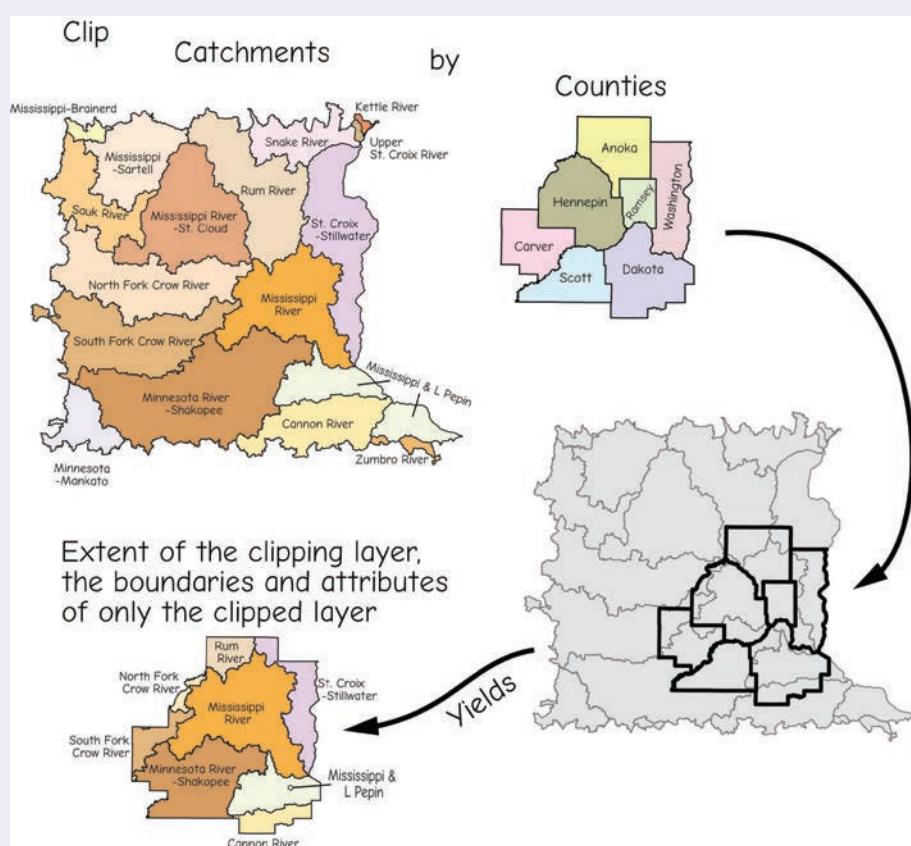
Unión de vectores



Intersección de vectores



Recorte de vectores



Superposición de rásters

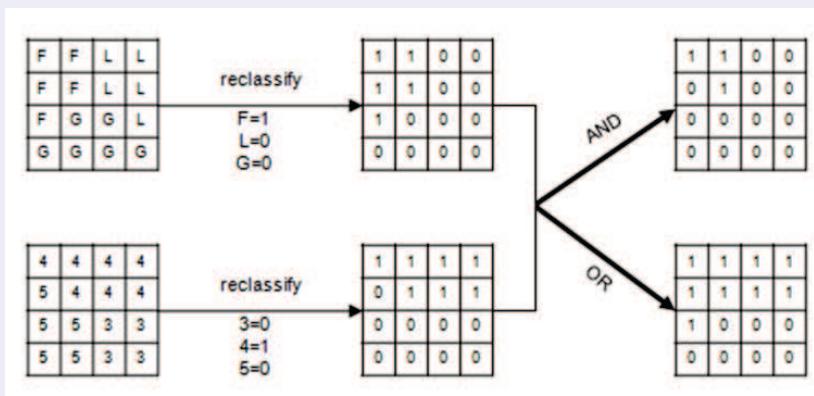
5	8	3	6
7	4	2	8
7	8	9	4
6	7	4	2

+

12	6	45	23
20	11	28	9
6	7	3	10
21	15	12	8

=

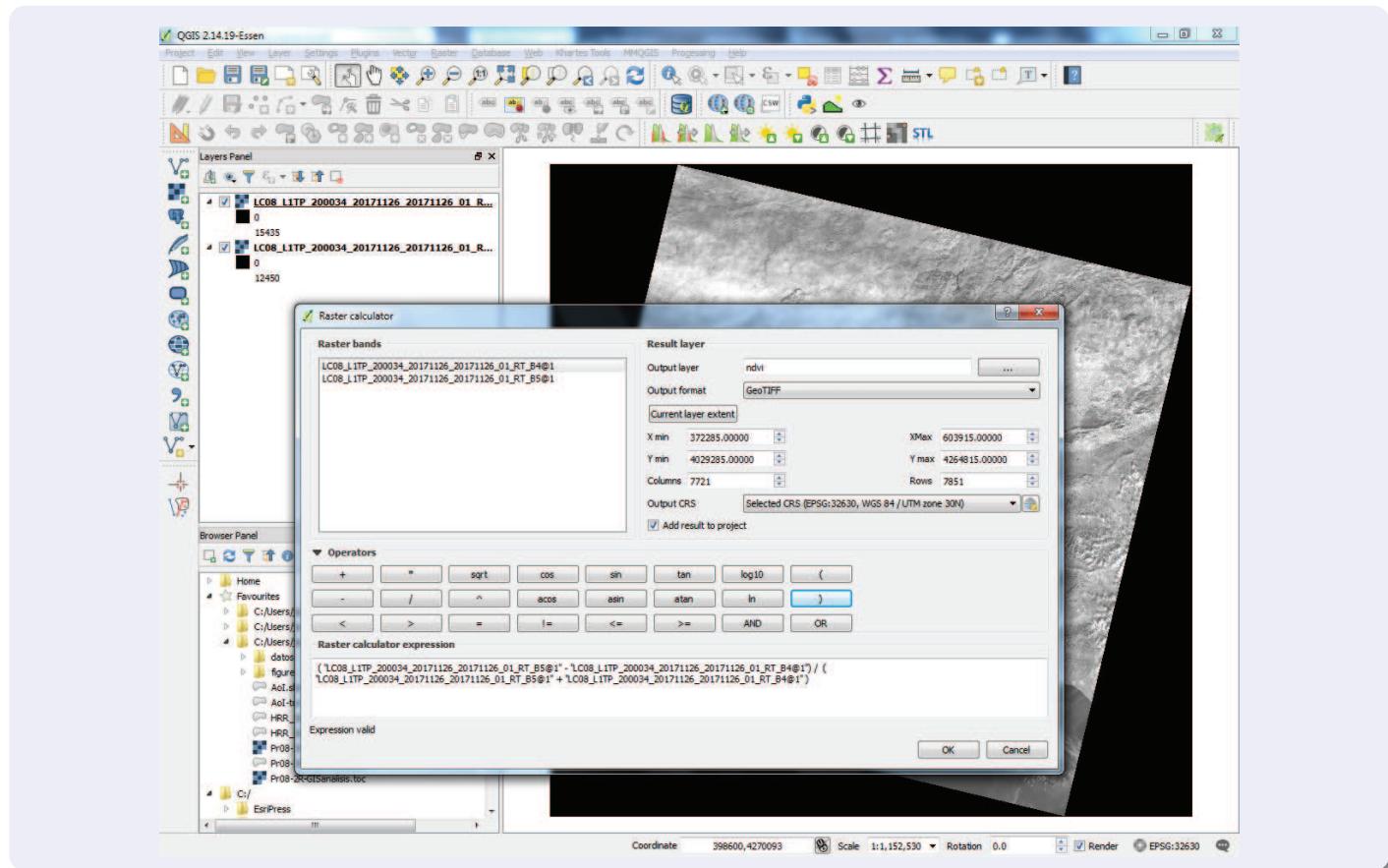
17	14	48	29
27	15	30	17
13	15	12	14
27	22	16	10



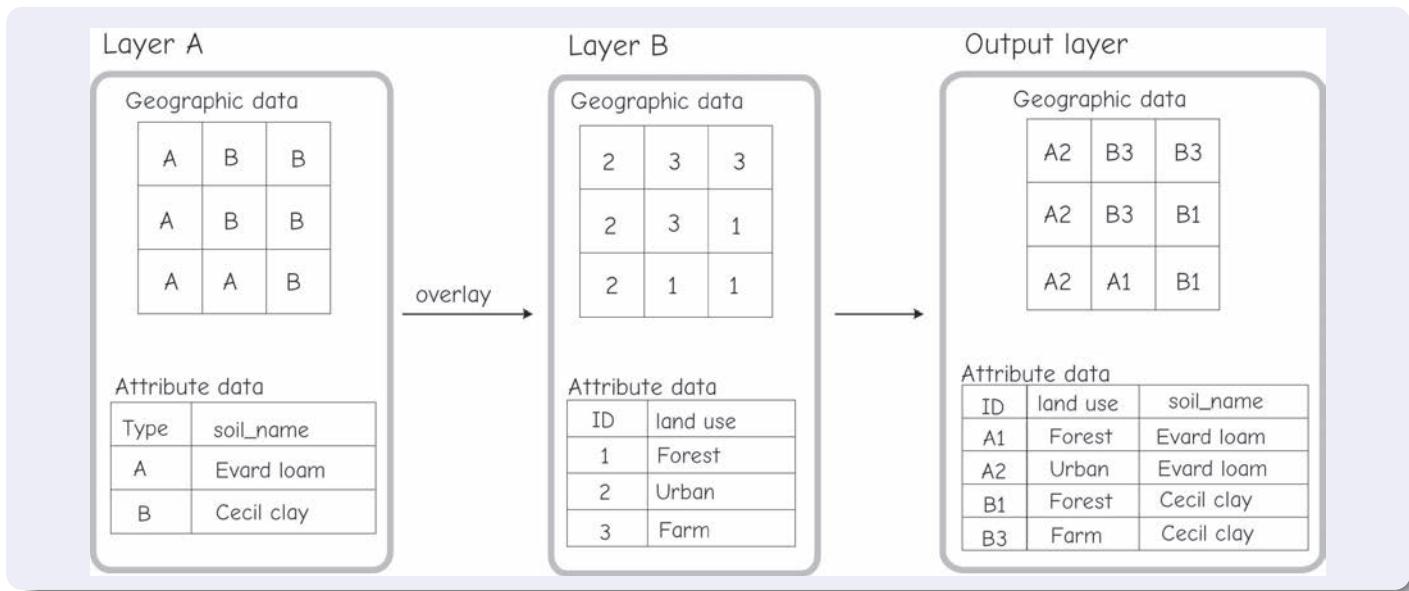
Álgebra de mapas

- Operadores y funciones aplicados a variables de tipo ráster.

Calculadora de rásters



Combinación de capas raster

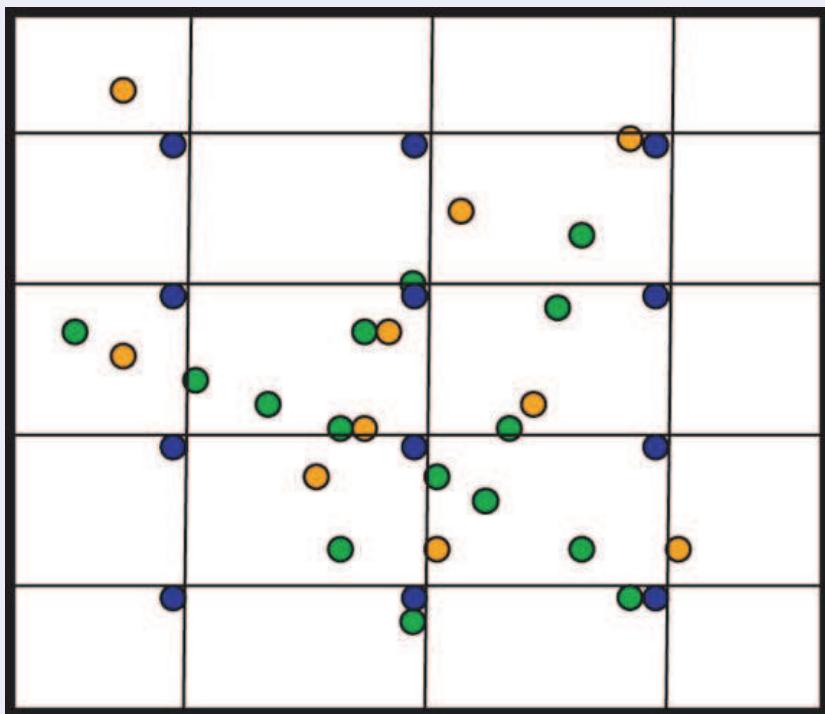


Simplificación de problemas de análisis vectorial

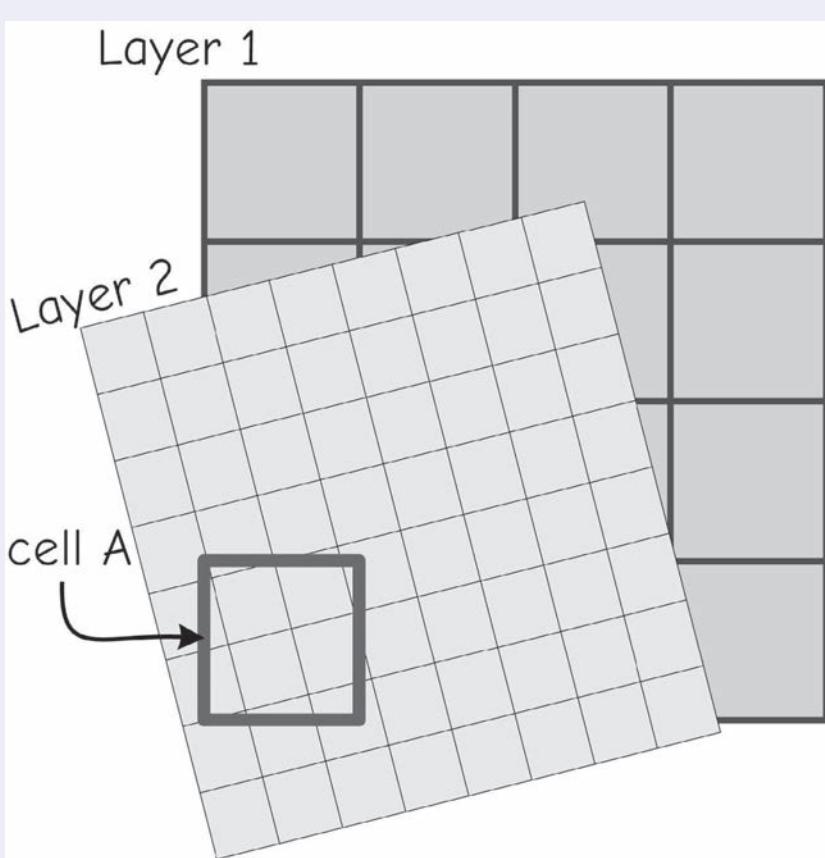
- Si las celdas de cada capa son idénticas geométricamente (del mismo tamaño), problemas complejos para análisis vectorial se solucionan fácilmente con análisis raster.
- Ejemplo: Análisis de la productividad de un terreno en función de capas de:
 - ▶ Cantidad de fertilizante aplicada.
 - ▶ Profundidad del agua.
 - ▶ Composición de la tierra.

No se necesitan operaciones de superposición de polígonos.

Ejemplo: Comparación de atributos cuando los puntos no coinciden



Problemas de discordancia de capas raster



Análisis de superficies

1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica

2 Operaciones fundamentales de SIG

3 Análisis de superficies

- Slope
- Aspect
- Profiling
- Curvature
- Visibility
- Solar radiation
- Hidrological Analysis

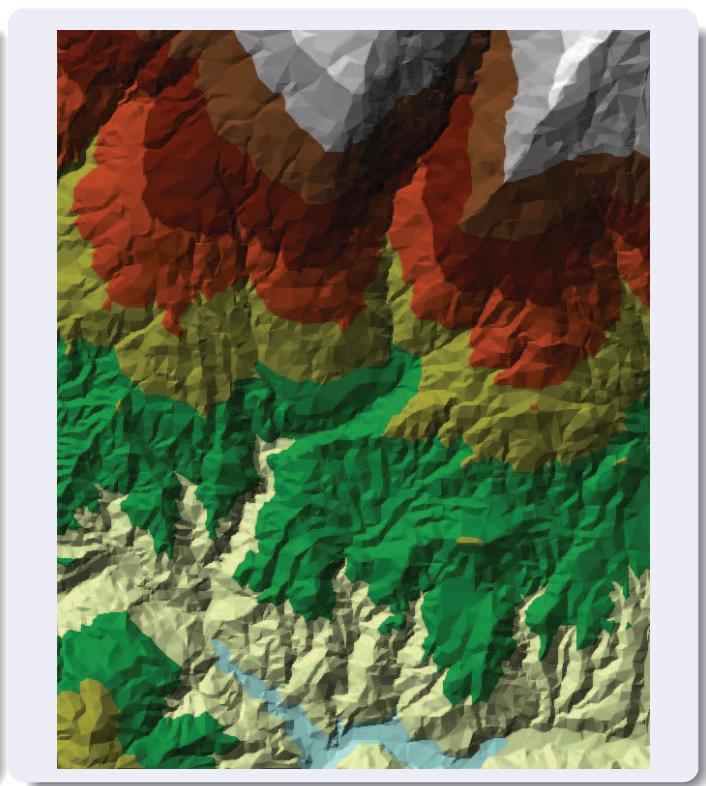
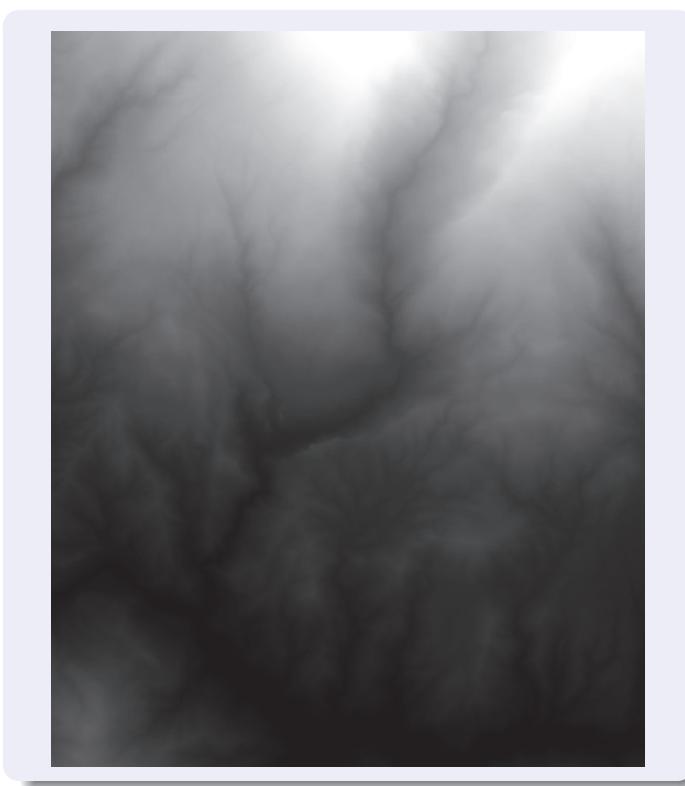
4 Análisis de redes

5 Interpolación espacial

6 Estadística espacial

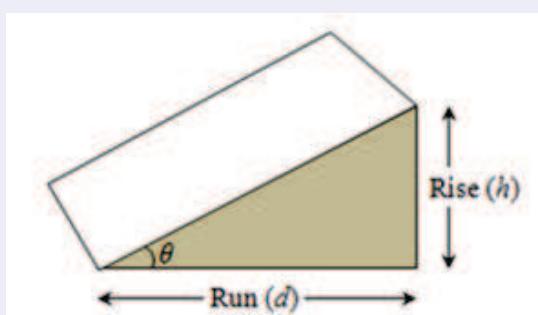
7 Conclusiones

MDT o TIN



Slope

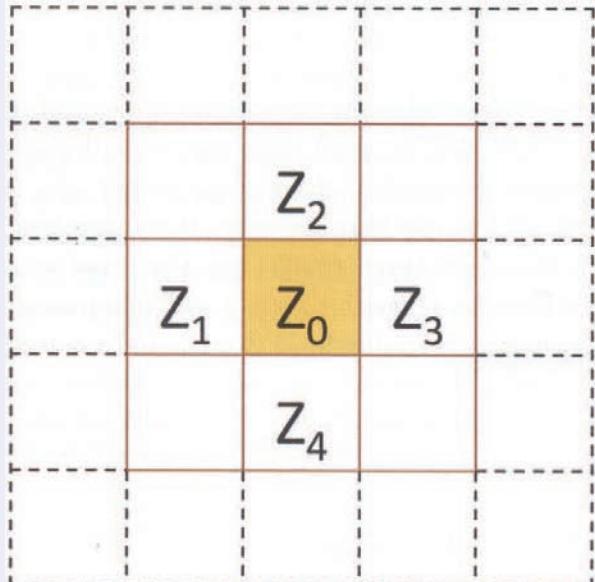
Expresión de la pendiente



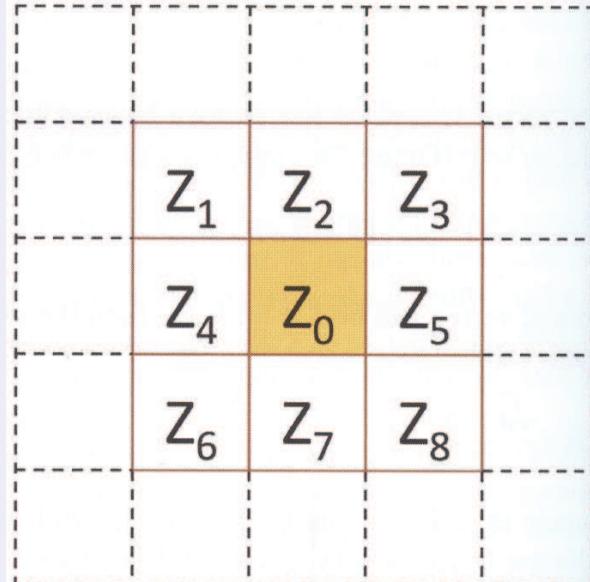
Percent slope: $\theta = 100 \times (h / d)$ (%)
Degree slope: $\theta = \arctan (h / d)$ (degree)

Cálculo de la pendiente

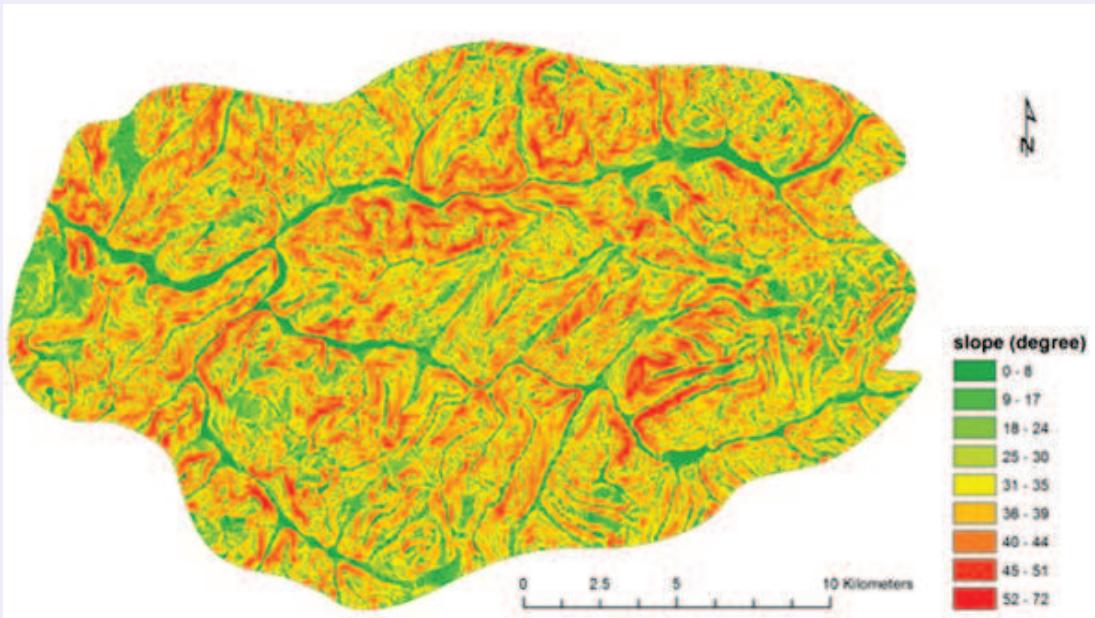
Ritter (1987)



Horn (1981)

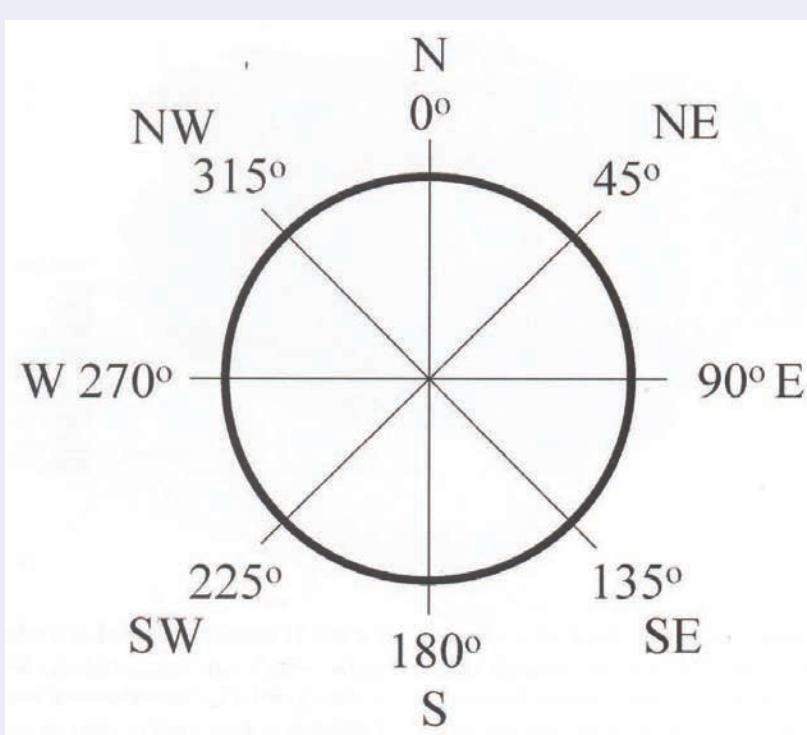


Mapa de pendientes



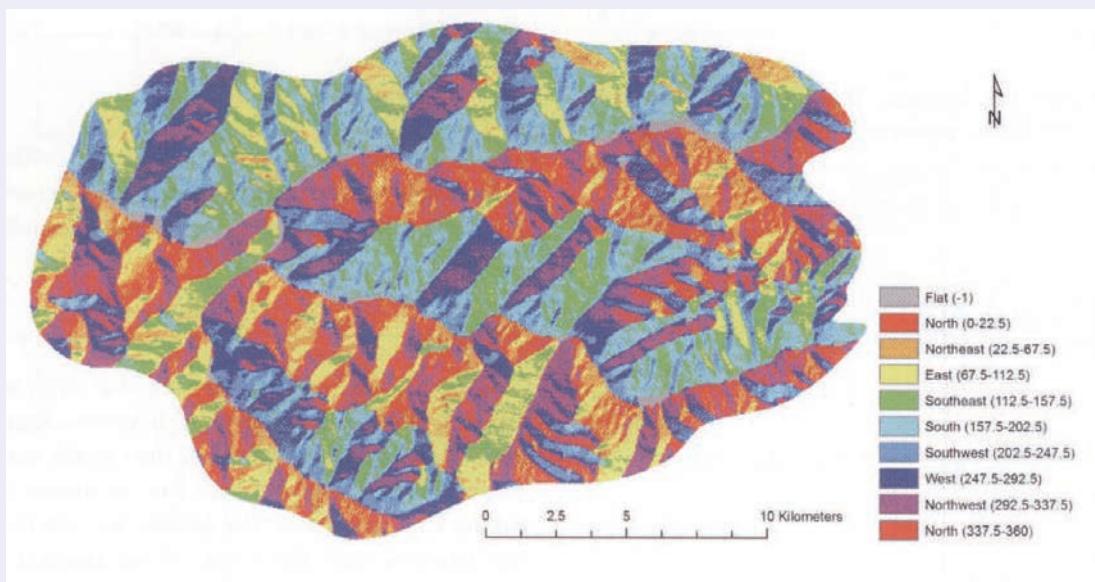
Aspect

Direcciones



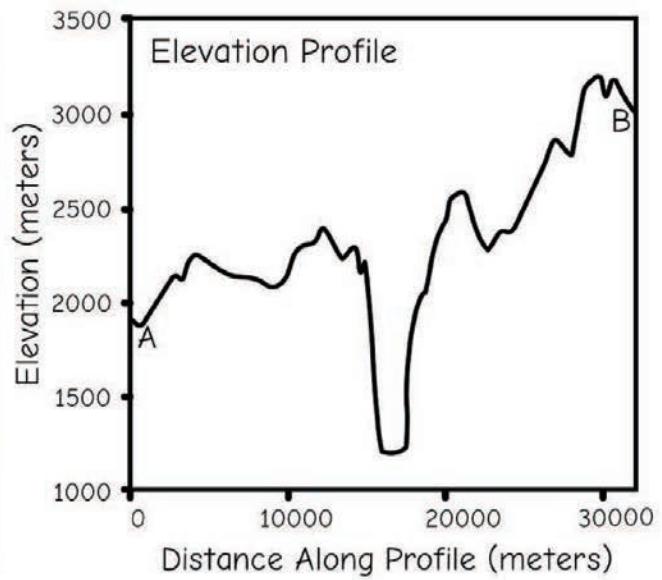
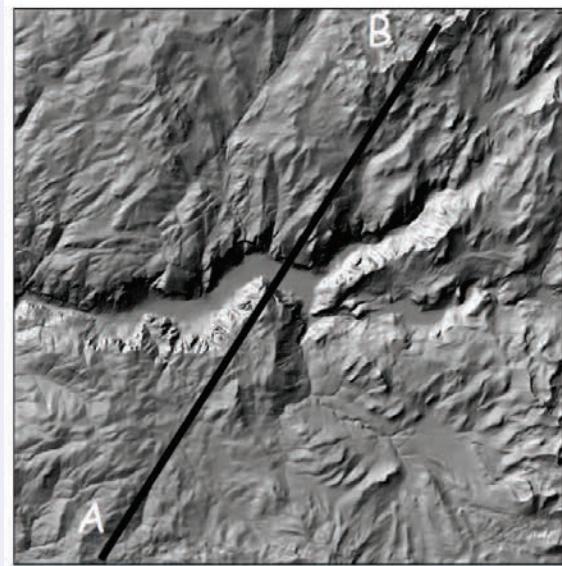
- Considerar 4 (Ritter) u 8 celdas (Horn).

Mapa de orientación



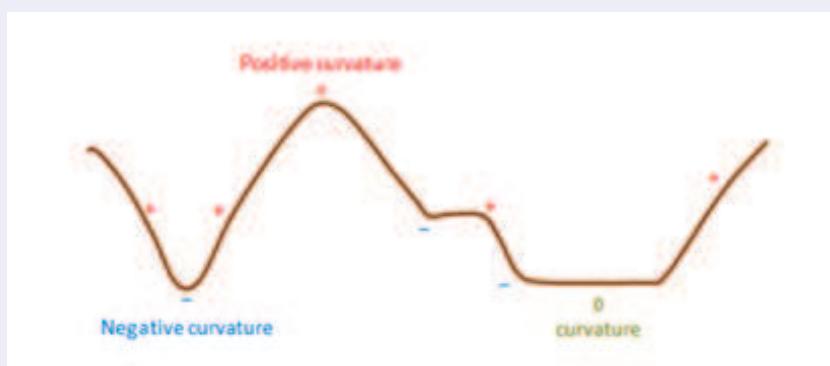
Profiling

Obtención de perfiles

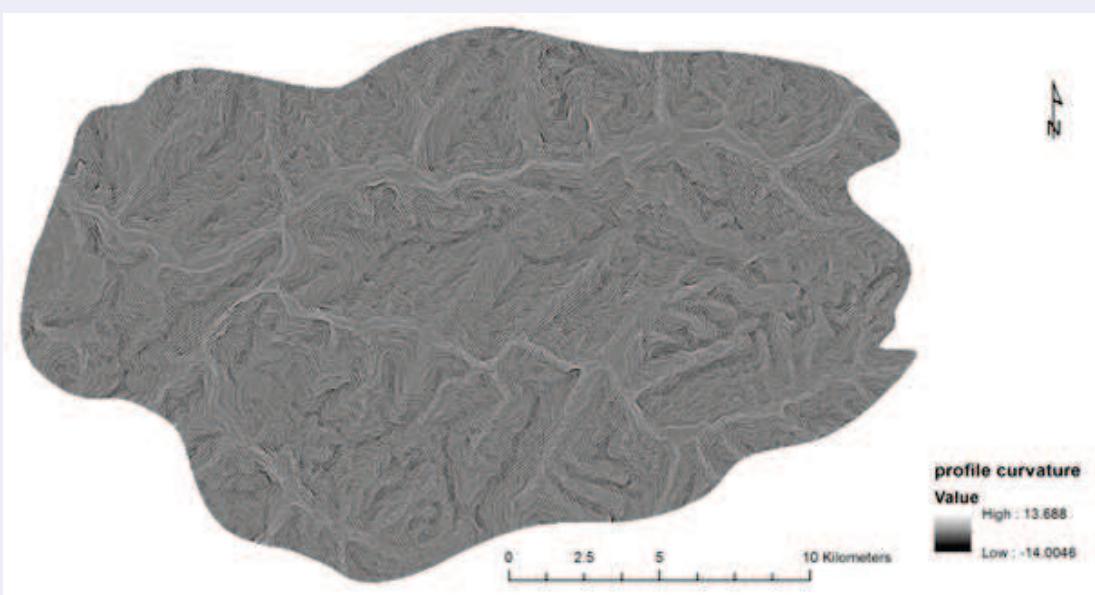


Curvature

Curvatura a lo largo de un perfil

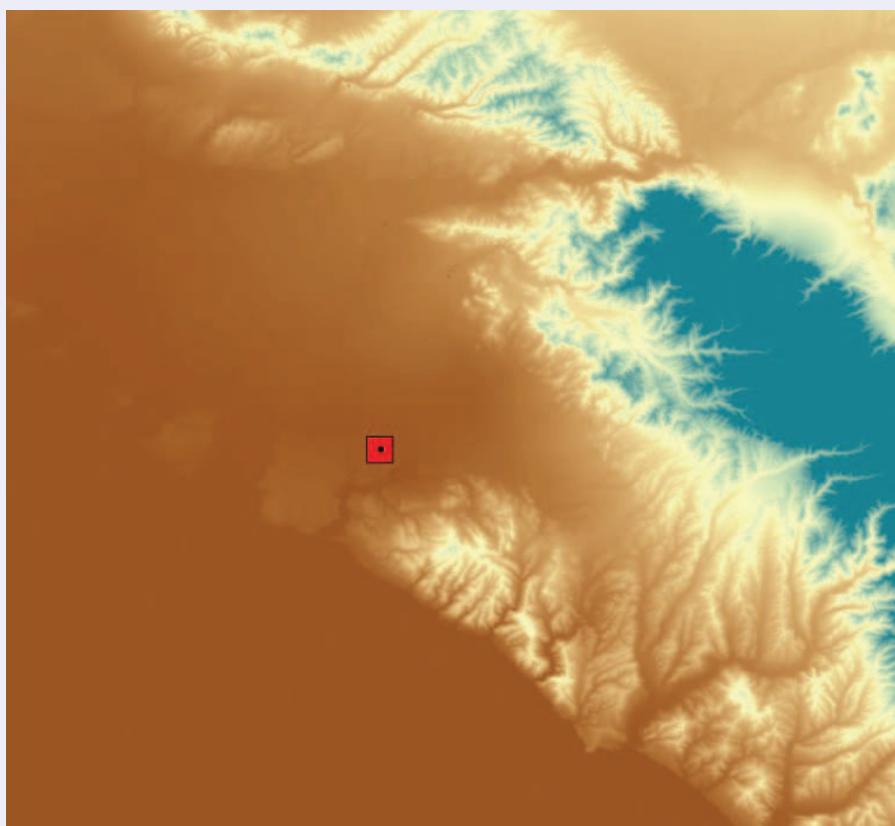


Mapa de curvatura

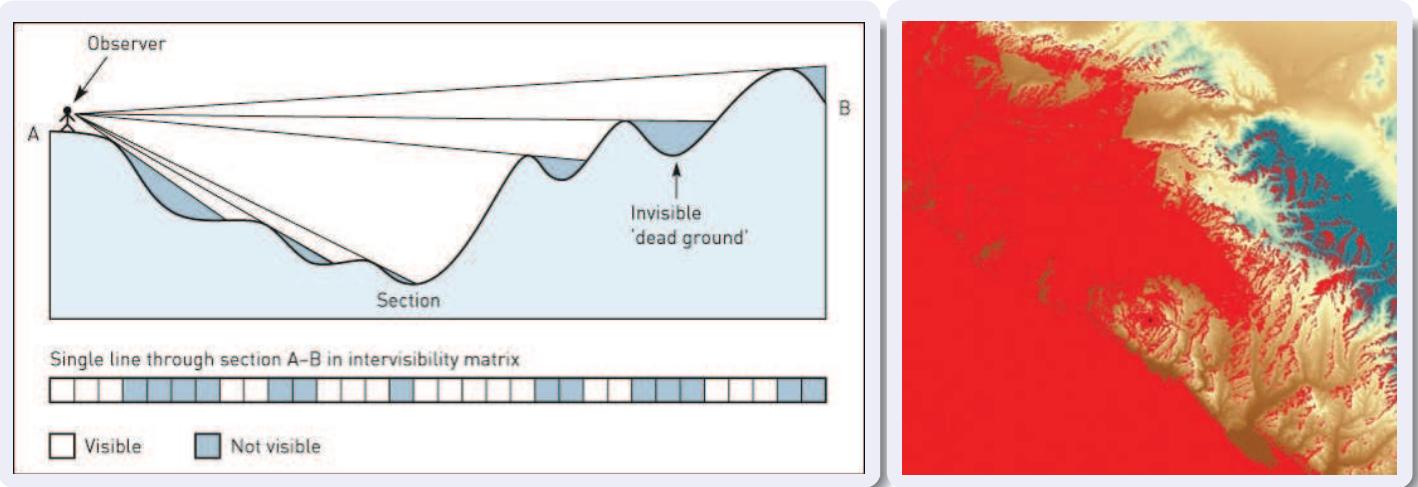


Visibility

Definición del punto de vista



Cálculo de la visibilidad



José Samos Jiménez (2020 jsamos (Isi-ugr))

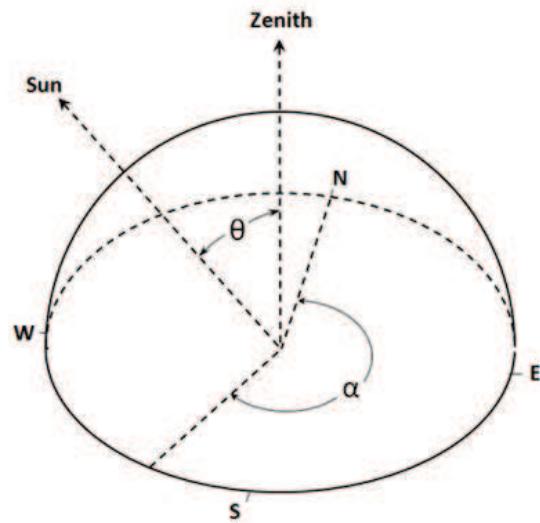
SIG. Tema 5: Análisis Espacial

Curso 2020-21

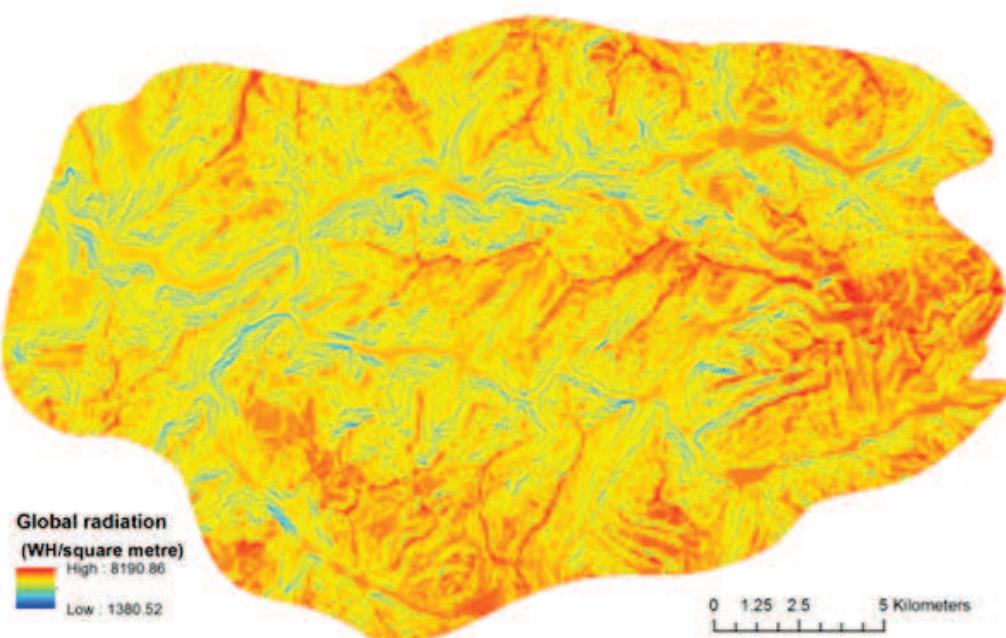
79 / 132

Solar radiation

Sistema de coordenadas hemisféricas



Mapa de radiación solar



Hidrological Analysis

Dirección del flujo

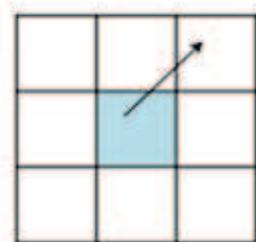
Identificación de la dirección

1180	1168	1162
1190	1210	1170
1200	1225	1180

(a) DEM

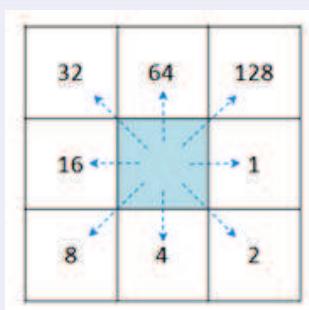
42	42	68
20		40
14	-15	30

(b) Weighted drops

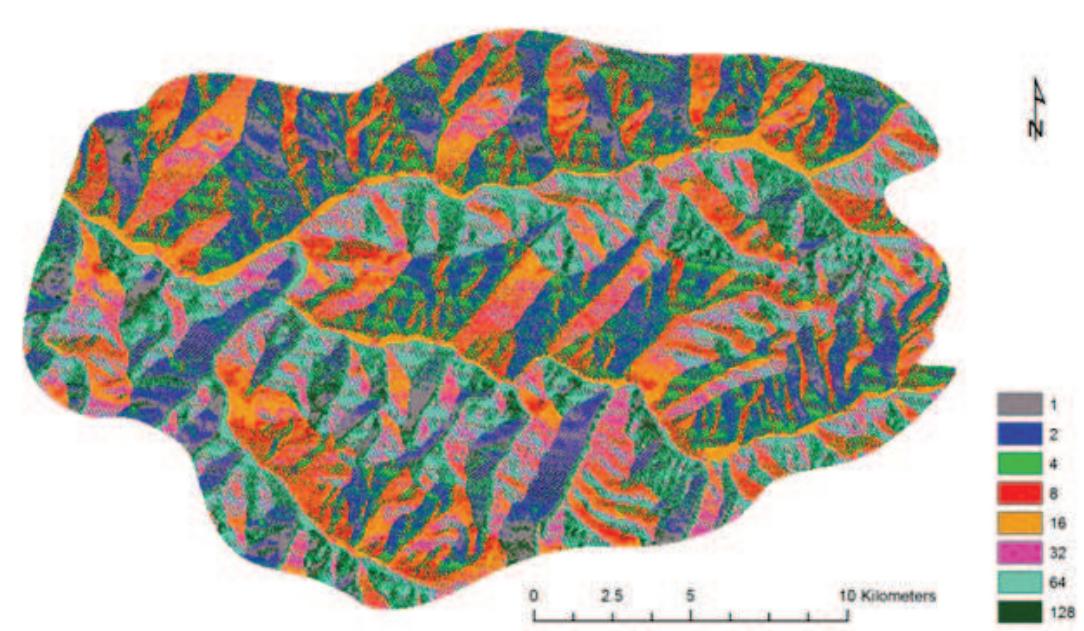


(c) Flow direction

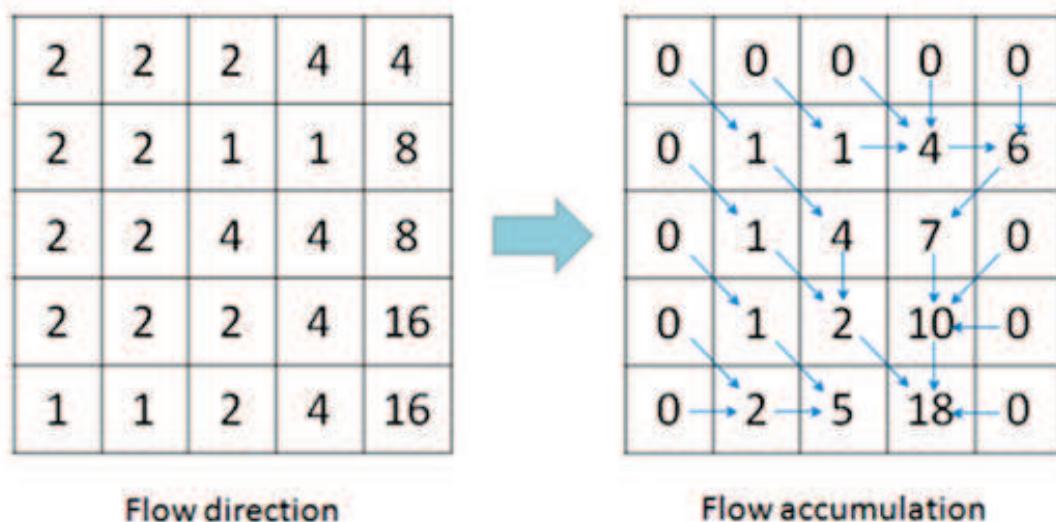
Codificación de la dirección



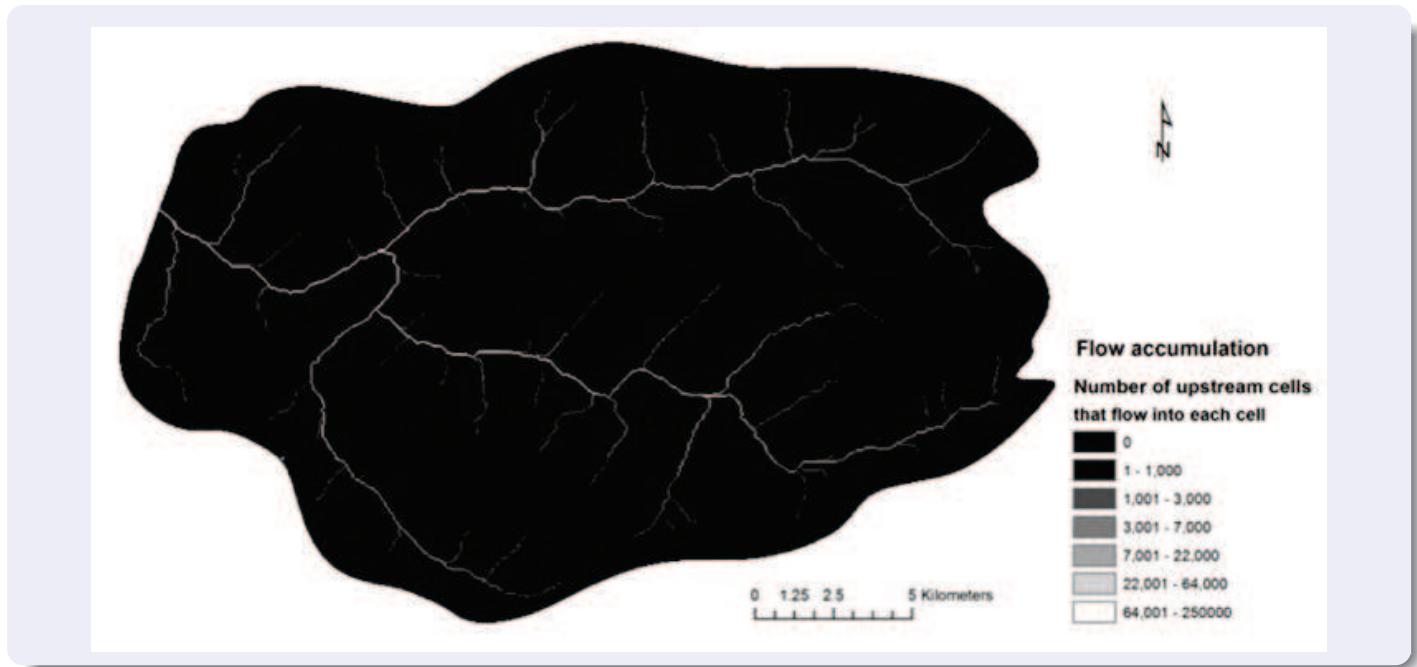
Mapa de dirección de flujo



Acumulación de flujo

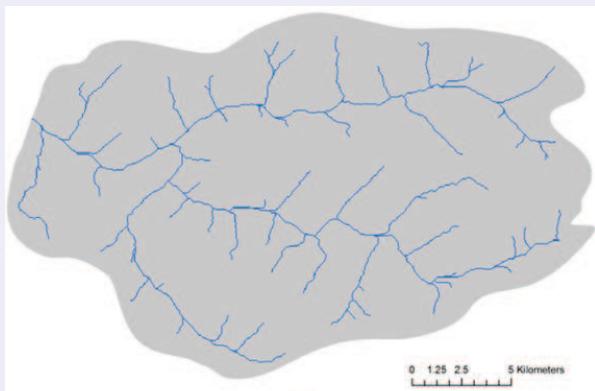


Mapa de acumulación de flujo



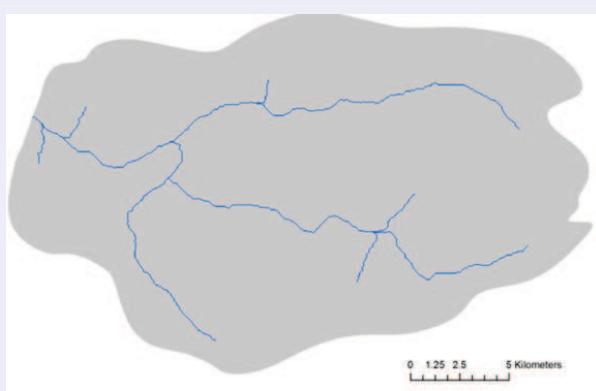
Redes de drenaje

Al menos 1000 celdas



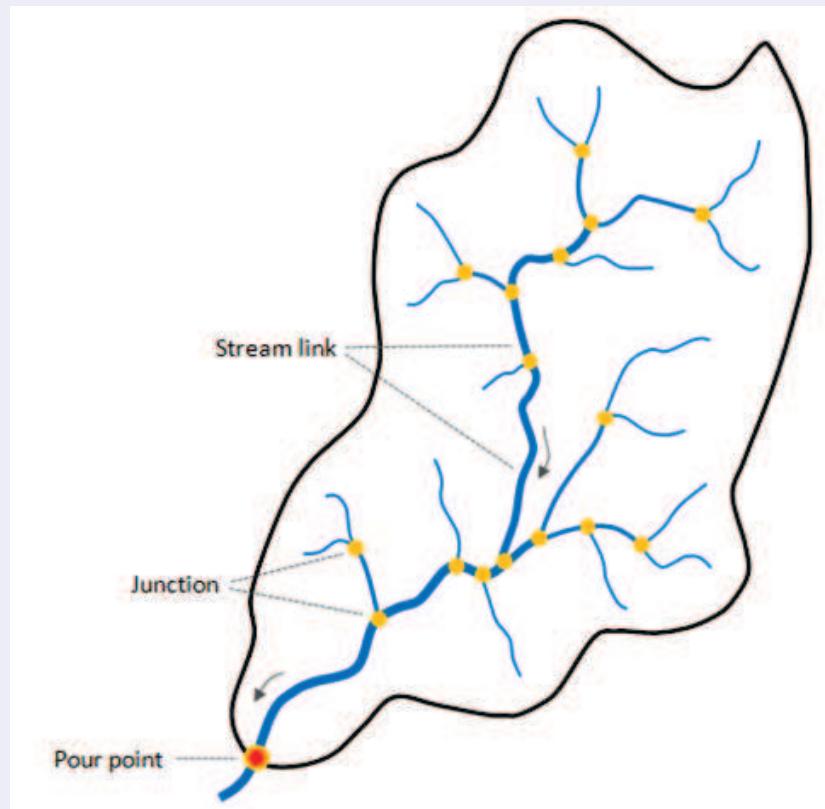
(a)

Al menos 7000 celdas



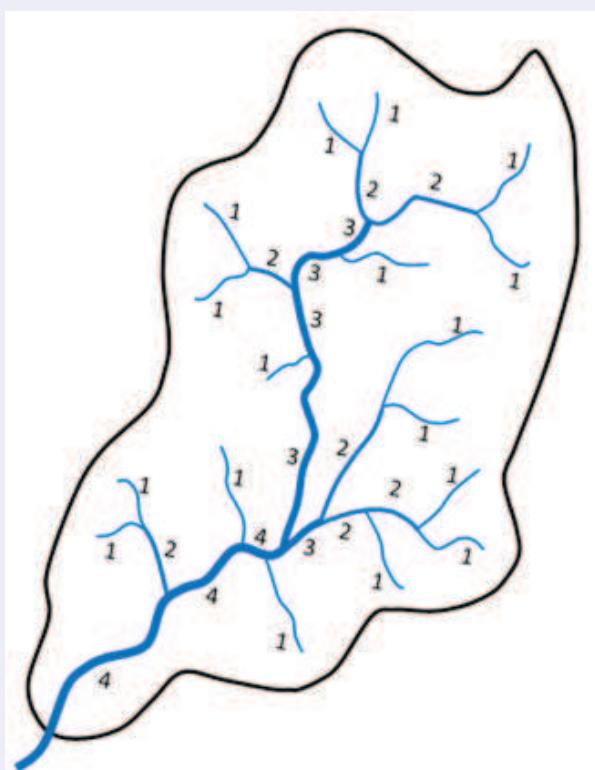
(b)

Elementos de una cuenca de drenaje

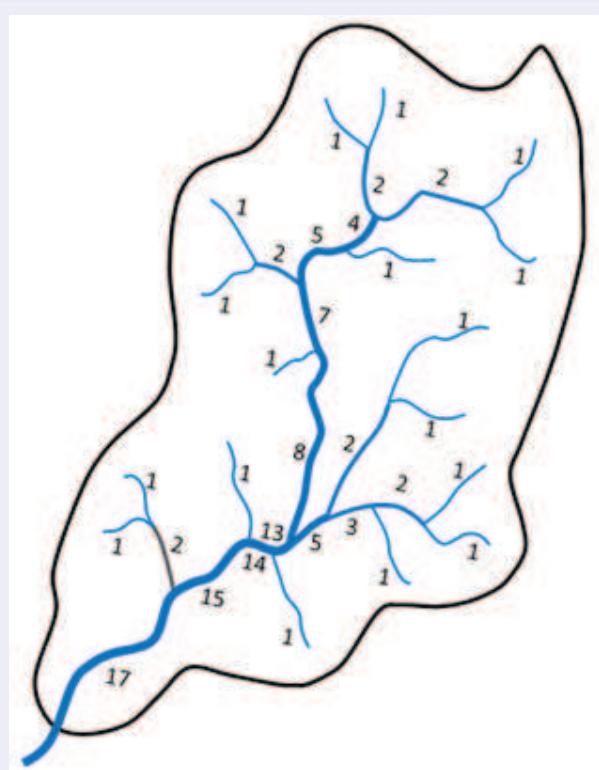


Clasificación de arroyos

Método Strahler

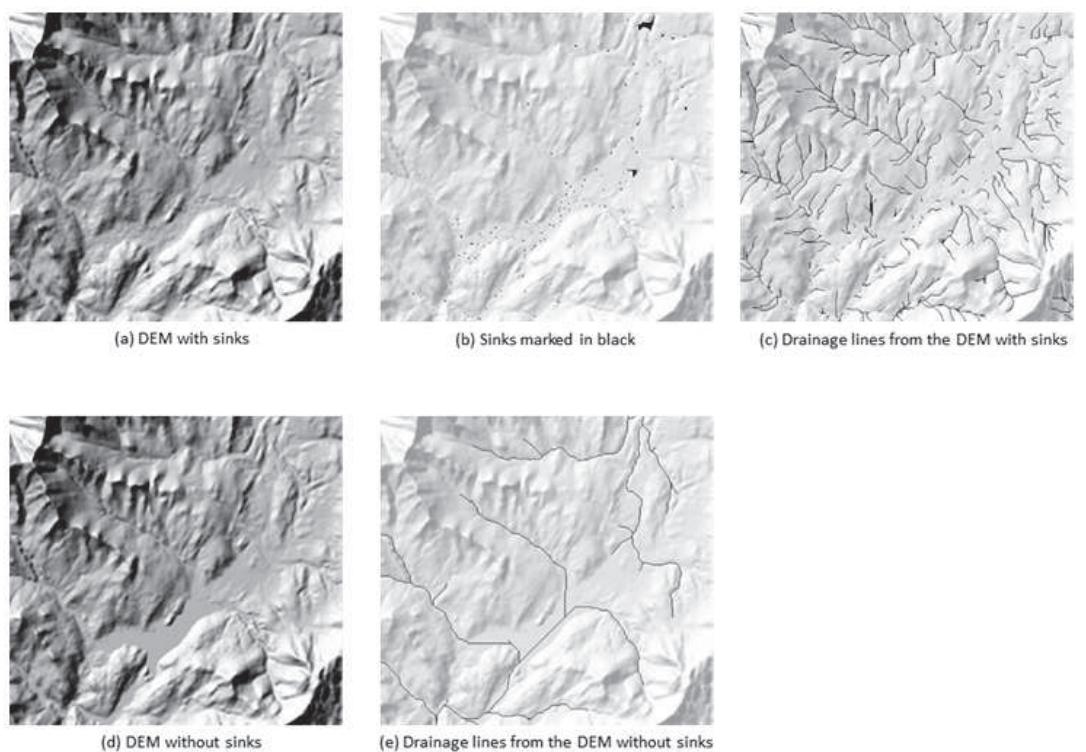


Método Shreve



Redes de drenaje y sumideros

Efecto de los sumideros



Operación *Fill*

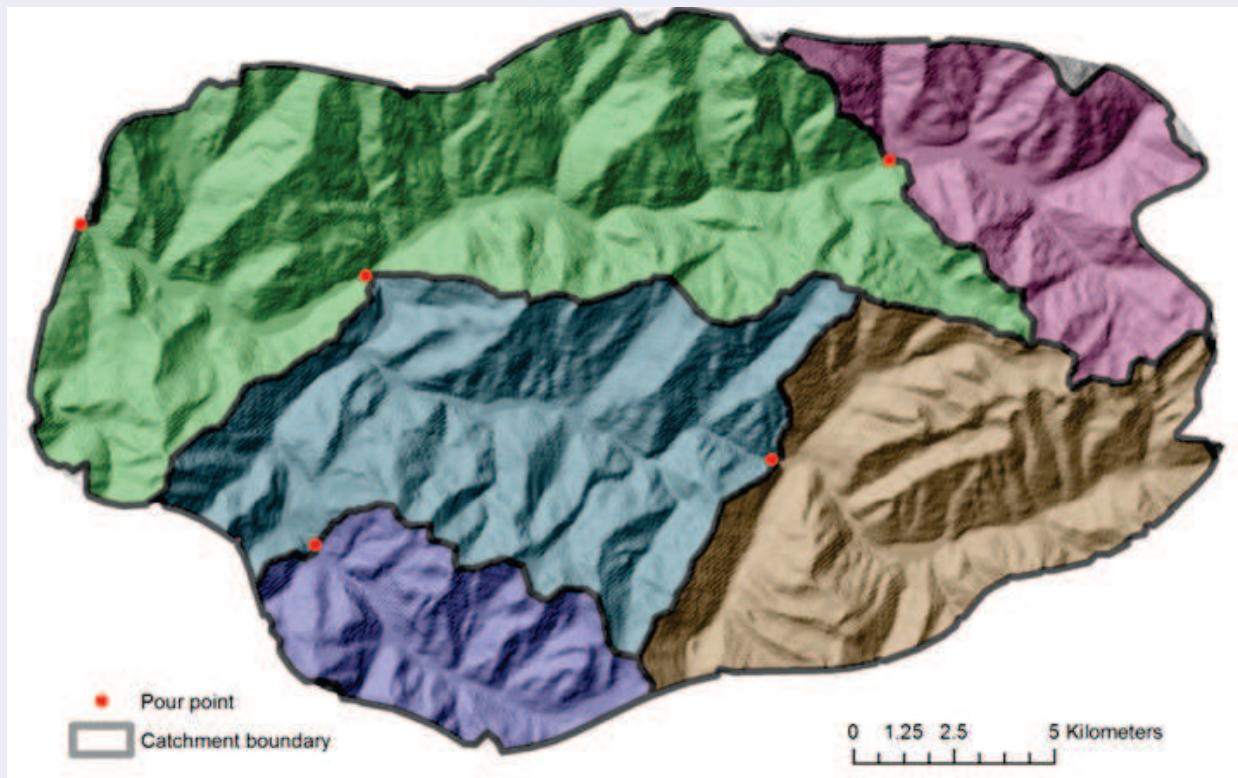
Operación previa al análisis

1531	1520	1514	1498
1525	1523	1507	1500
1508	225	1485	1475
1510	1511	1490	1482



1531	1520	1514	1498
1525	1523	1507	1500
1508	1485	1485	1475
1510	1511	1490	1482

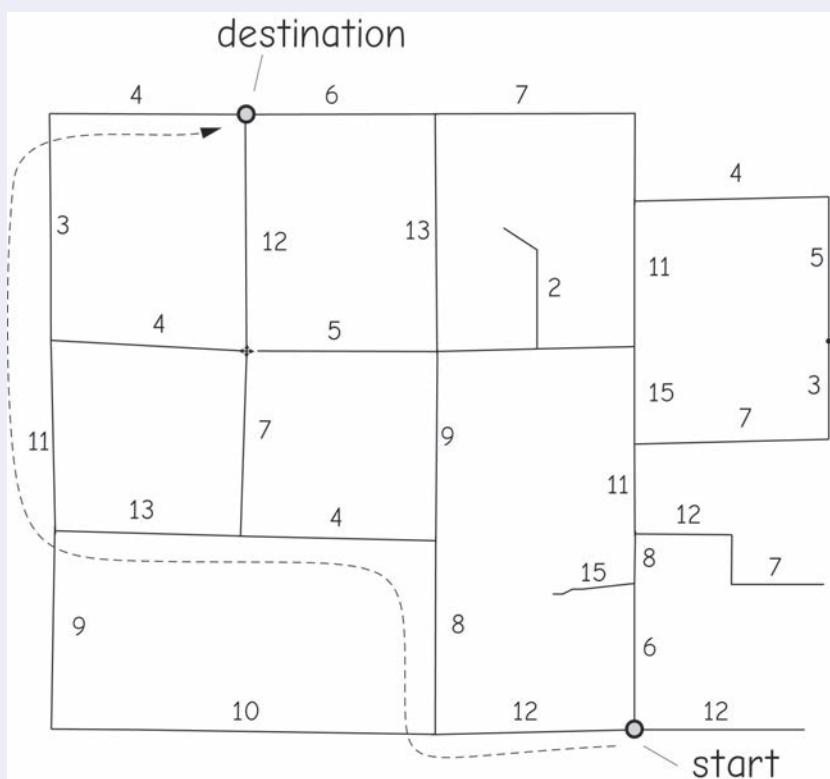
Obtención de cuencas de drenaje



Análisis de redes

- 1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica
- 2 Operaciones fundamentales de SIG
- 3 Análisis de superficies
- 4 **Análisis de redes**
- 5 Interpolación espacial
- 6 Estadística espacial
- 7 Conclusiones
- 8 Bibliografía

Camino óptimo



José Samos Jiménez (2020 jsamos (Isi-ugr))

SIG. Tema 5: Análisis Espacial

Curso 2020-21

95 / 132

Recorrido de redes



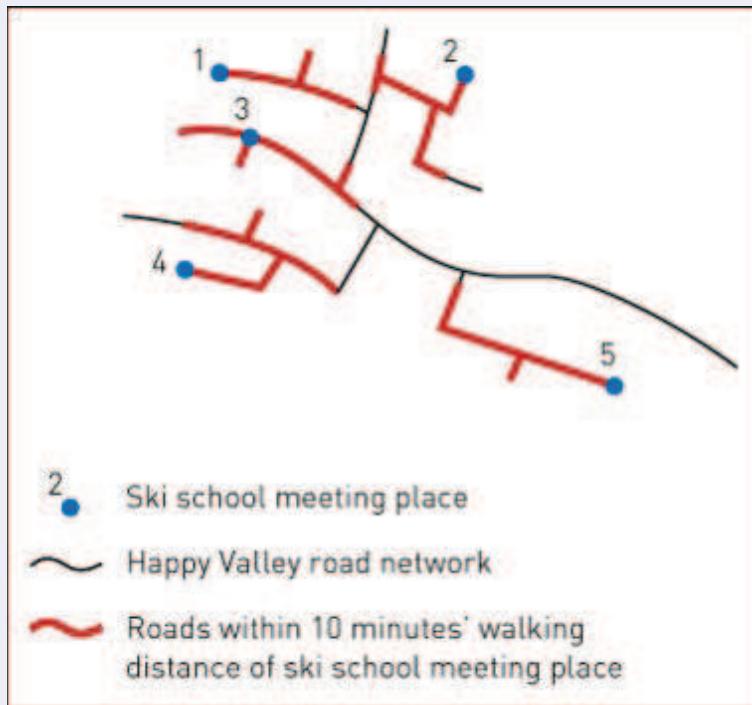
José Samos Jiménez (2020 jsamos (lsi-ugr))

SIG. Tema 5: Análisis Espacial

Curso 2020-21

96 / 132

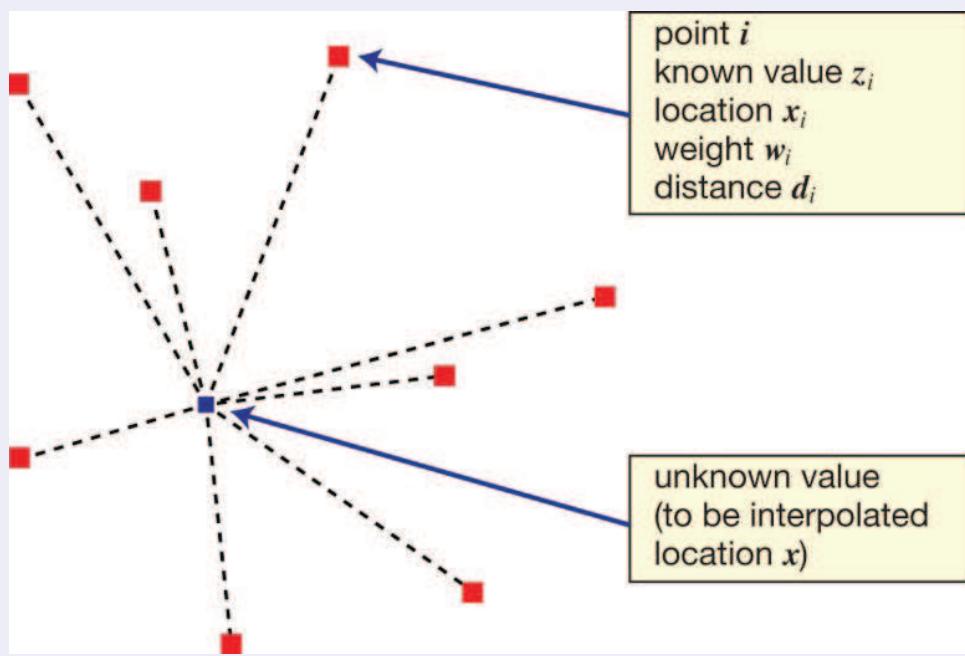
Estudio de ubicaciones



Interpolación espacial

- 1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica
- 2 Operaciones fundamentales de SIG
- 3 Análisis de superficies
- 4 Análisis de redes
- 5 Interpolación espacial
 - Método IDW (*inverse distance-weighted*)
 - Método del vecino natural
 - Spline
 - Kriging
- 6 Estadística espacial
- 7 Conclusiones
- 8 Bibliografía

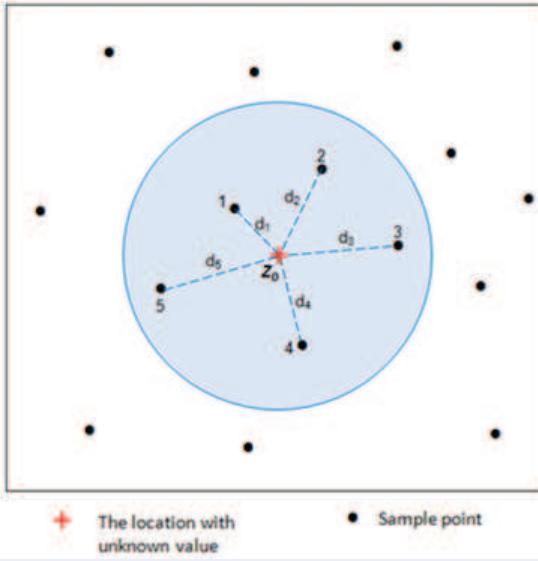
Ejemplo: Interpolación en estaciones de medición



Objetivo

- Crear variables continuas.

Método IDW (*inverse distance-weighted*)



$$Z_0 = \sum_{i=1}^n w_i Z_i$$

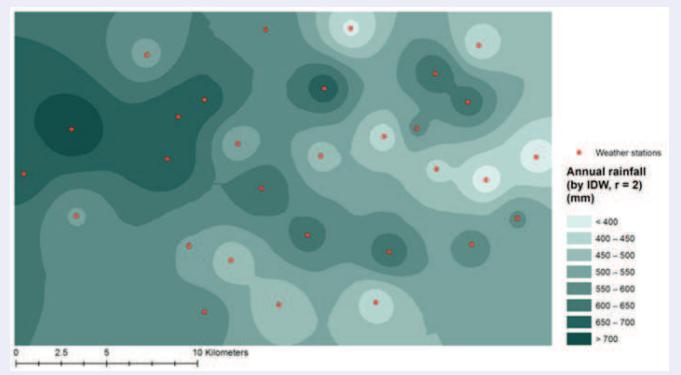
$$w_i = \frac{d_i^r}{\sum_{j=1}^n (1/d_j^r)}$$

Ejemplo: IDW para distintos valores del parámetro r

$r = 1$



$r = 2$

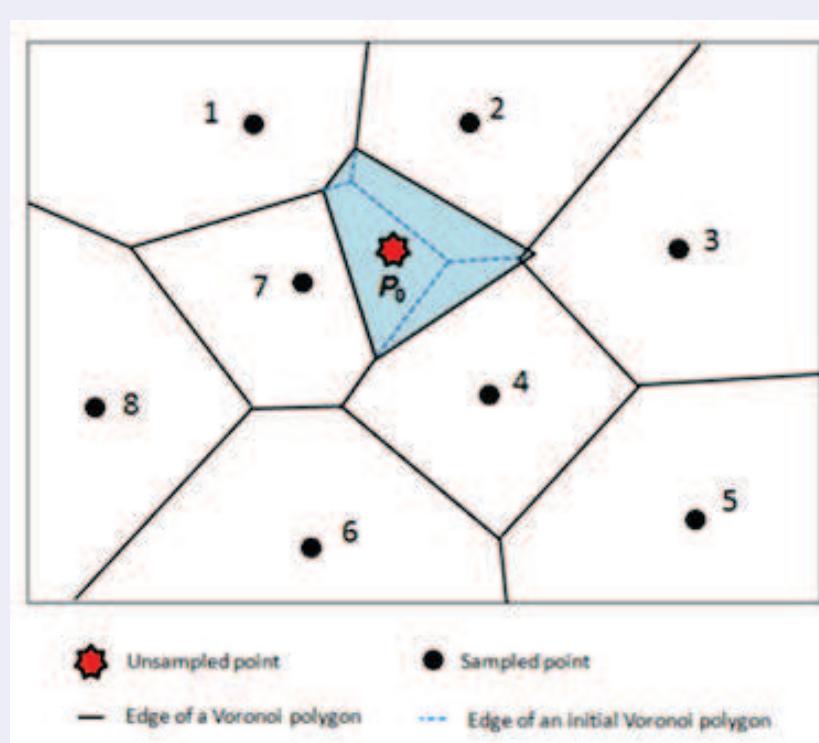


$$Z_0 = \sum_{i=1}^n w_i Z_i$$

$$w_i = \frac{d_i^r}{\sum_{j=1}^n (1/d_j^r)}$$

Método del vecino natural

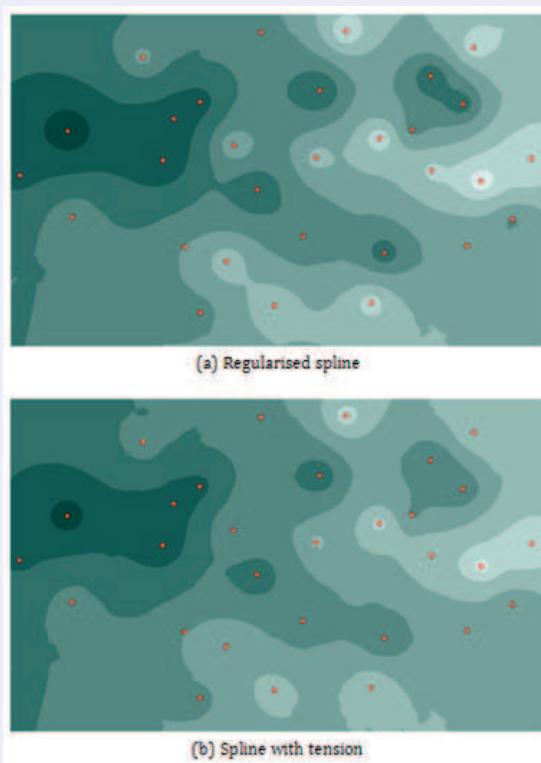
Teselación de Voronoi



Spline

Spline

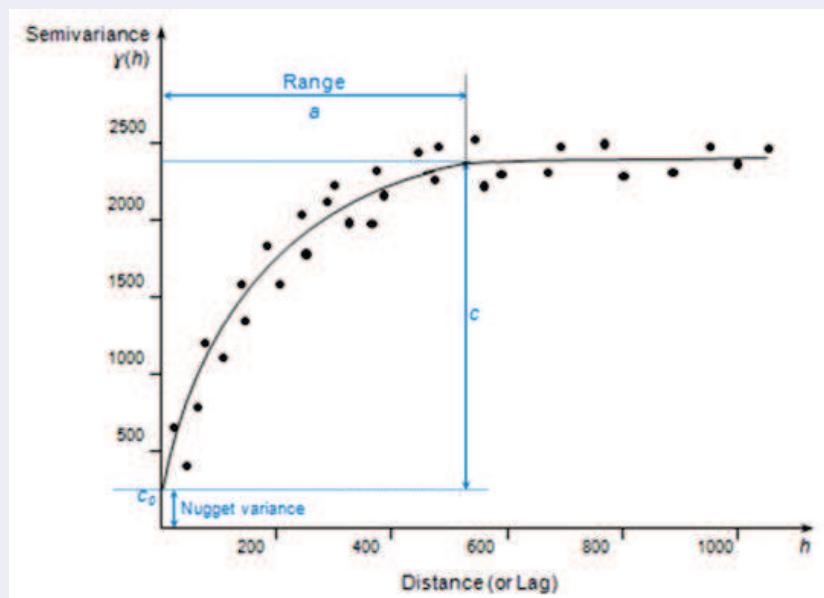
Pasa por las observaciones minimizando la curvatura



Kriging

Semivariograma

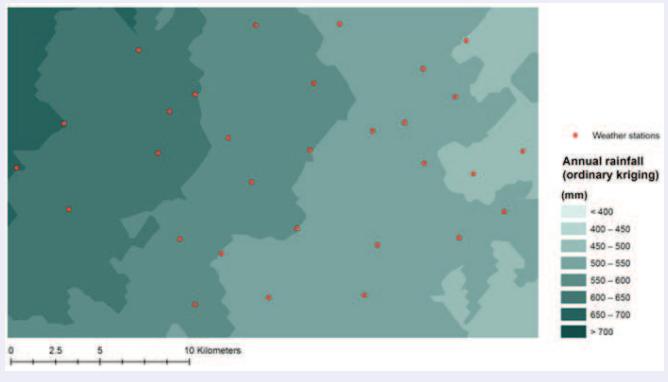
Considera la autocorrelación espacial



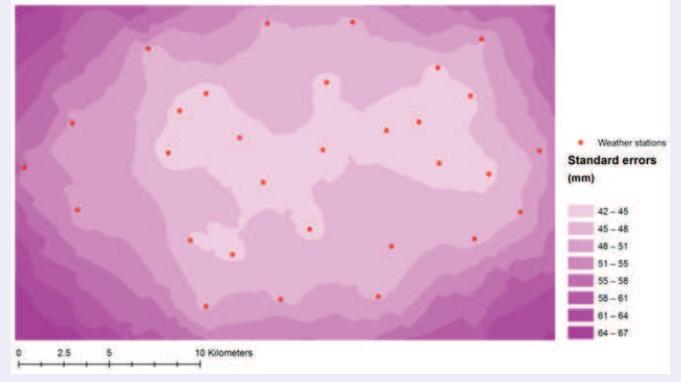
$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$

Kriging

Estimación



Error estándar



Estadística espacial

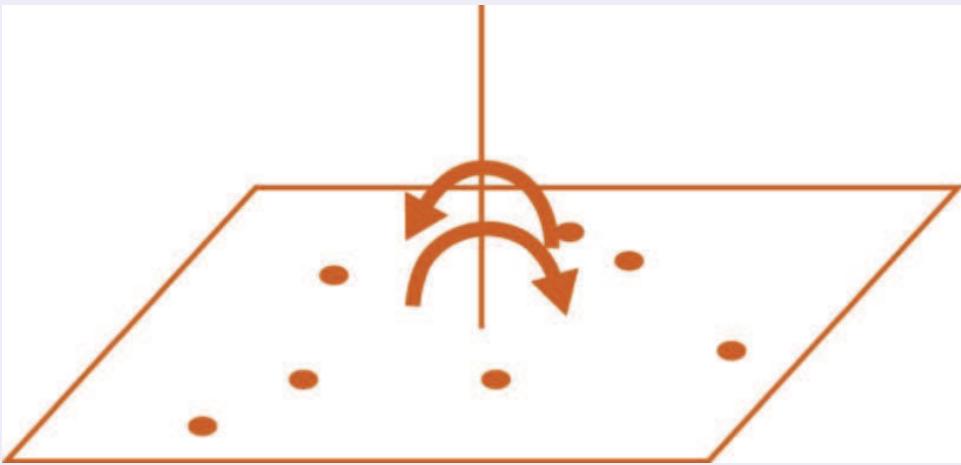
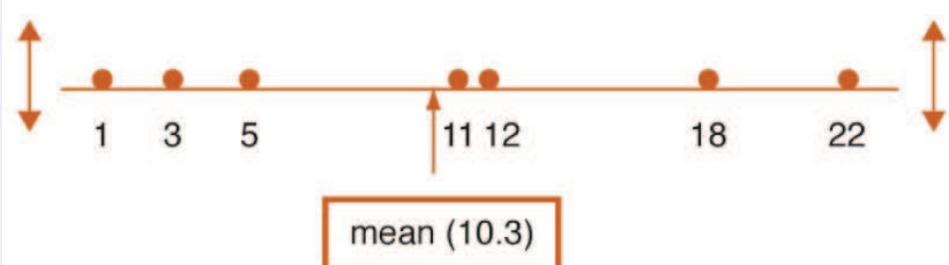
- 1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica
- 2 Operaciones fundamentales de SIG
- 3 Análisis de superficies
- 4 Análisis de redes
- 5 Interpolación espacial
- 6 Estadística espacial
 - Estadística Descriptiva
 - Muestreo Estadístico
 - Inferencia Estadística
 - Regresión espacial
- 7 Conclusiones
- 8 Bibliografía

Objetivos

- Conocer los datos.
- Detectar y cuantificar patrones.
- Establecer asociaciones espaciales.
- Definir hipótesis para investigarlas.

Estadística Descriptiva

El centro equivale a la media



Media y mediana

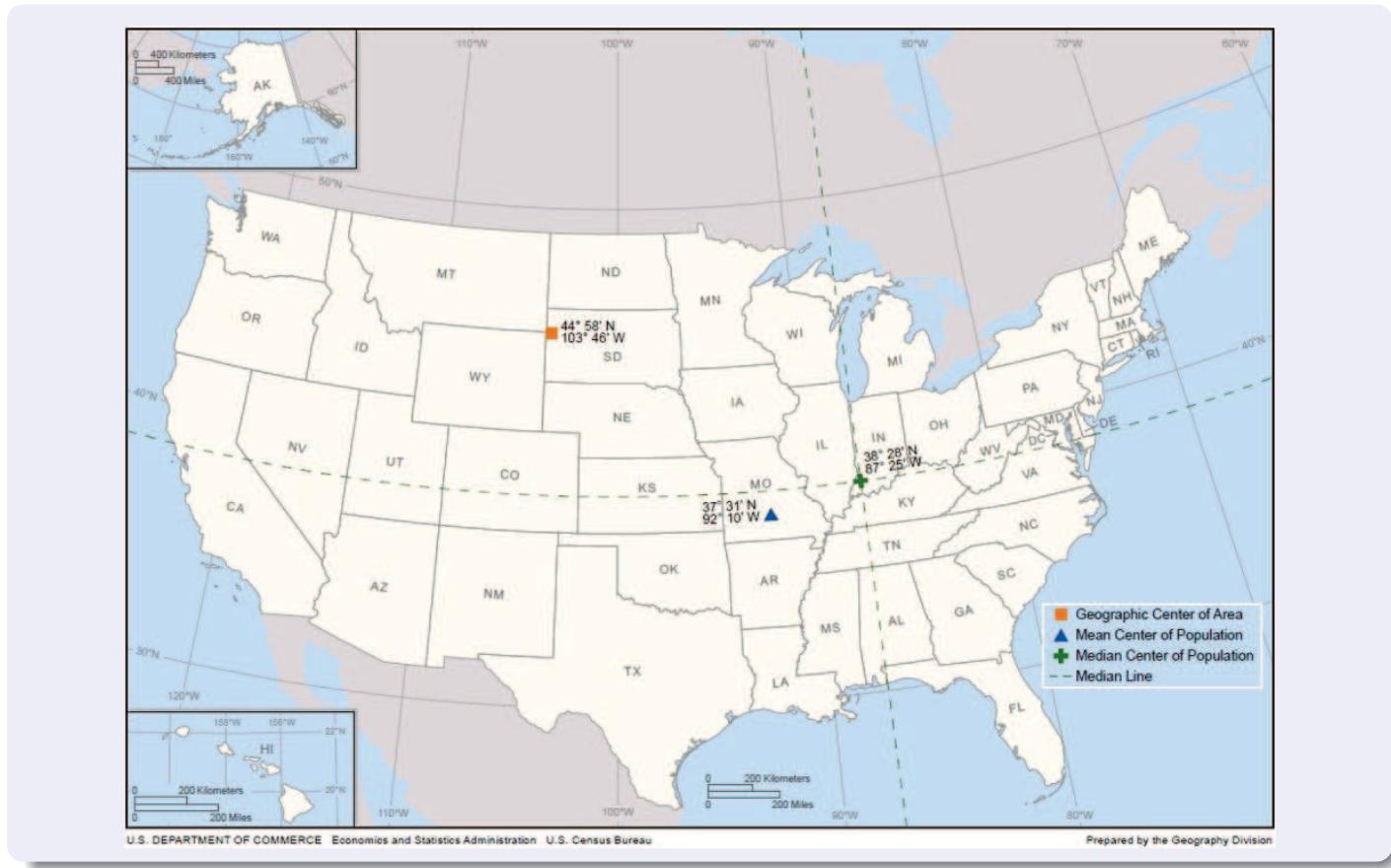
Media

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}; \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

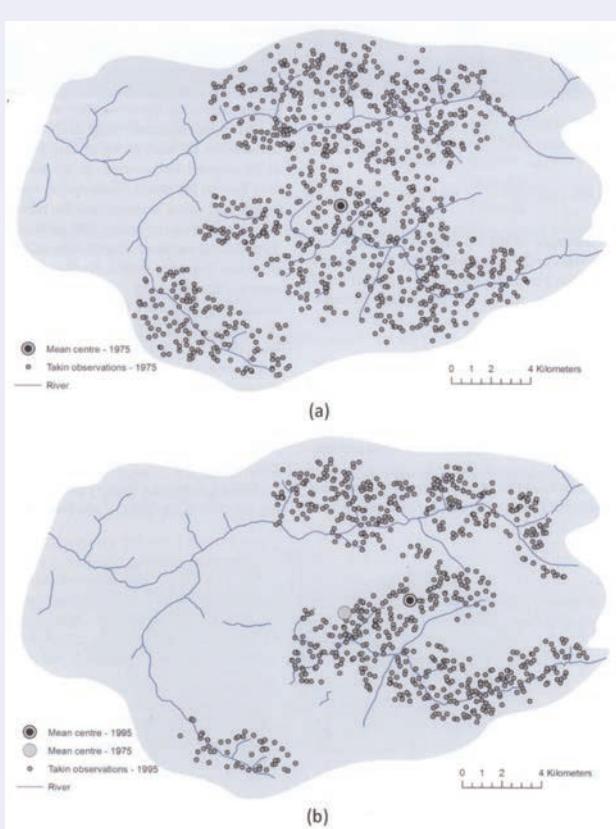
Mediana: parte de la media para calcular las distancias

$$\dot{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i / d_i}{\sum_{i=1}^n w_i / d_i}; \quad \dot{y} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i / d_i}{\sum_{i=1}^n w_i / d_i}$$

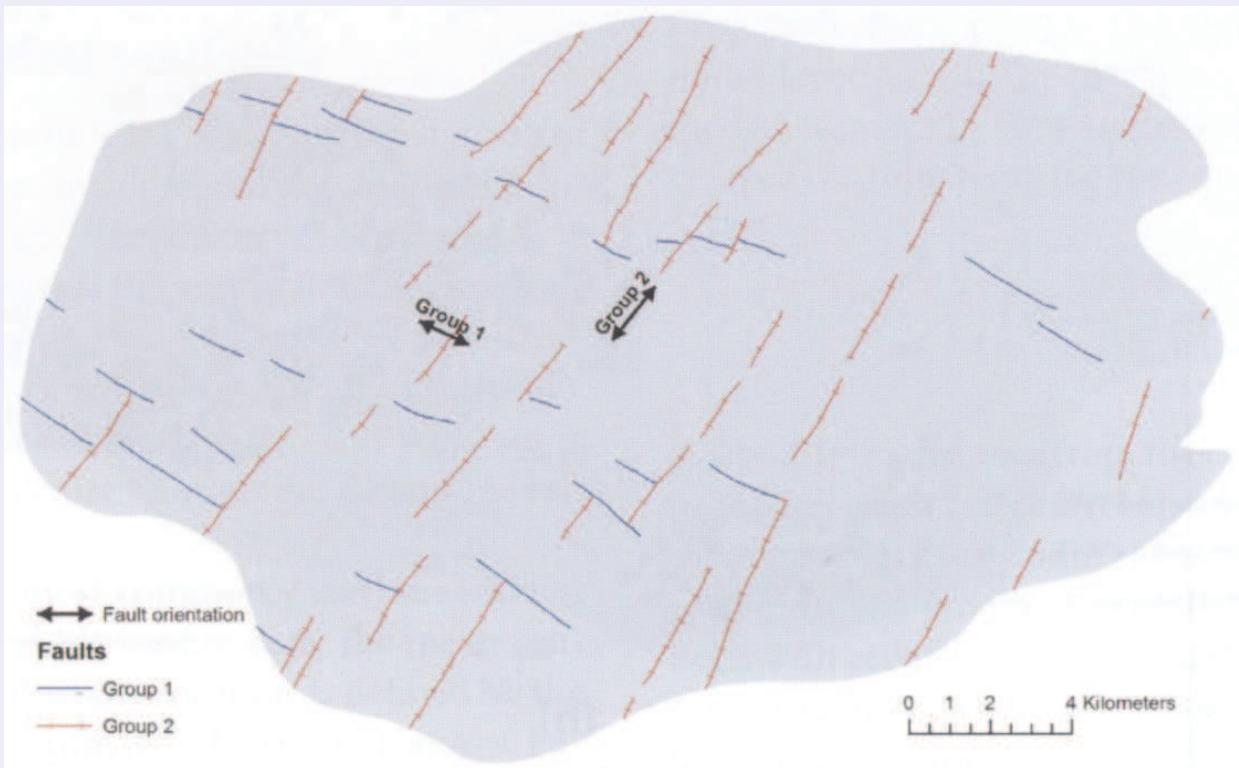
Ejemplo de media y mediana



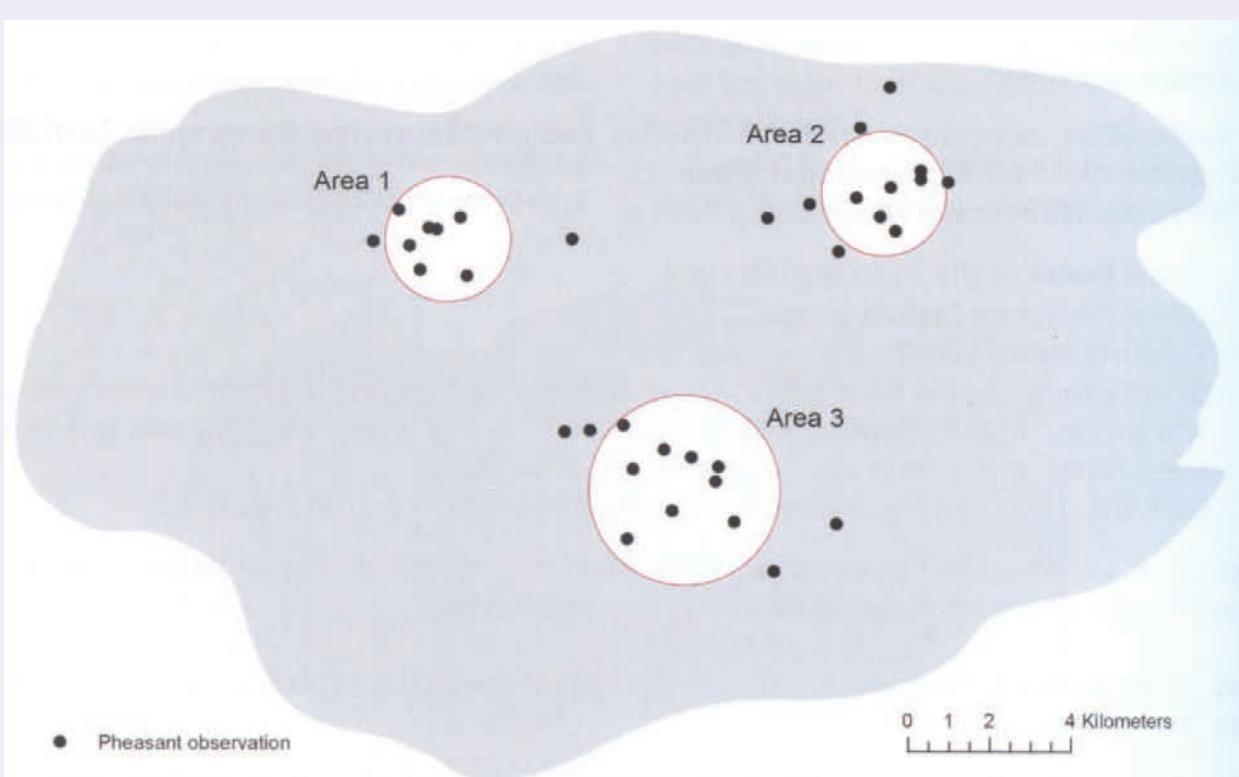
Media como resumen de la distribución



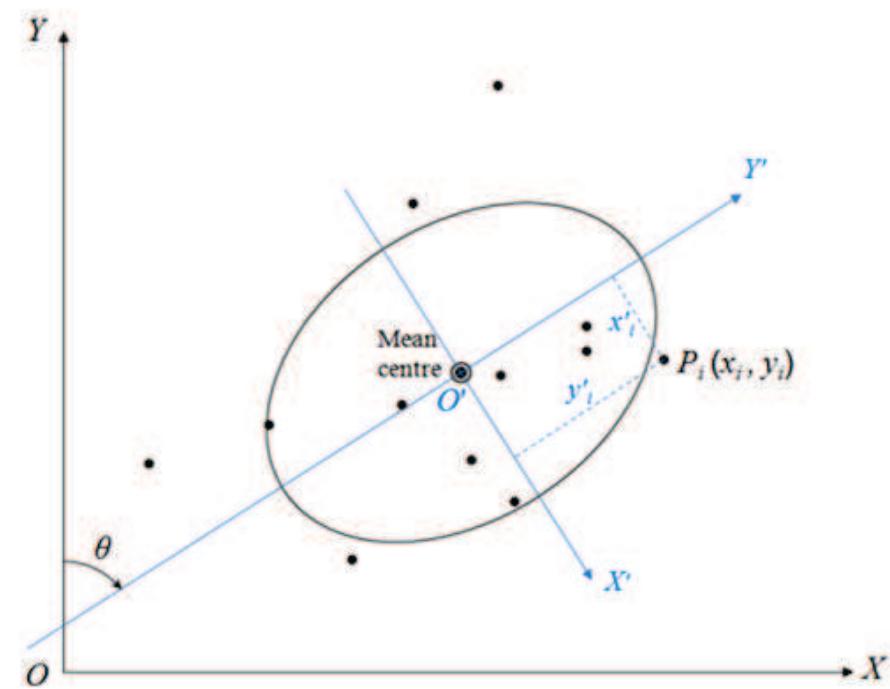
Media direccional



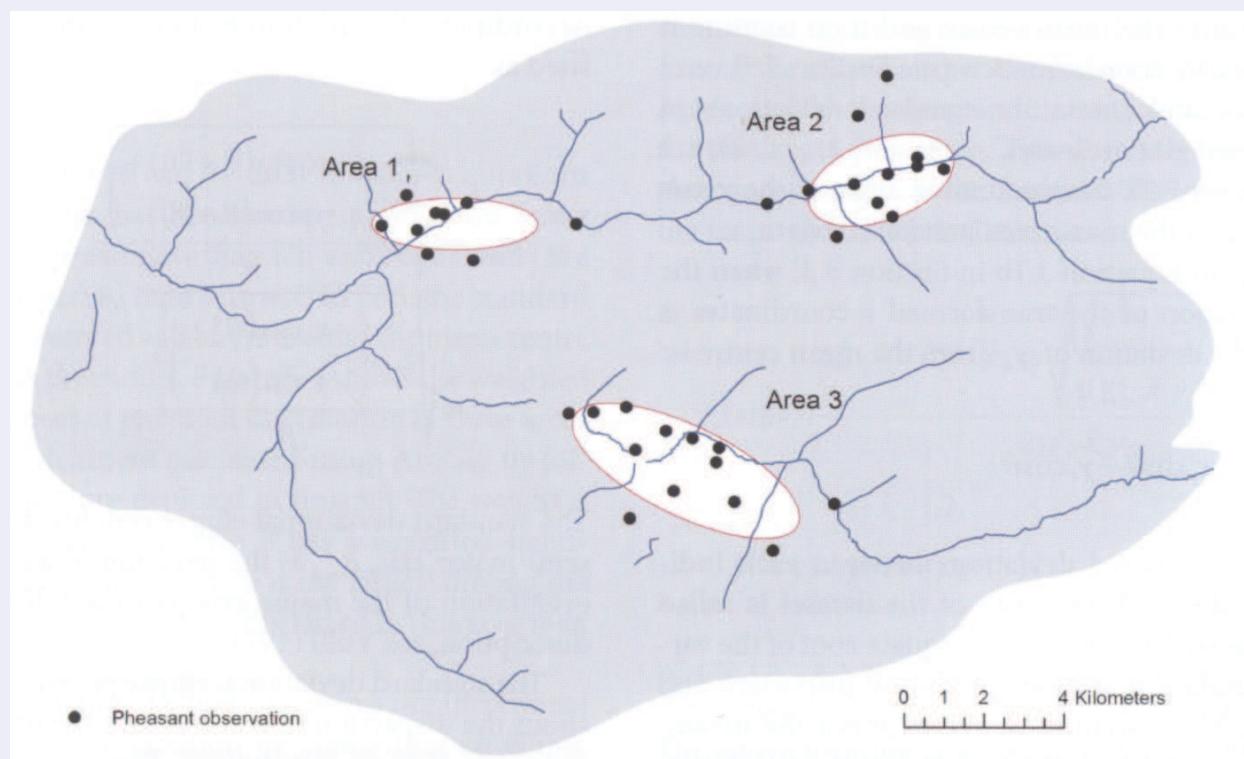
Desviación estándar



Alternativa para calcular la desviación estándar



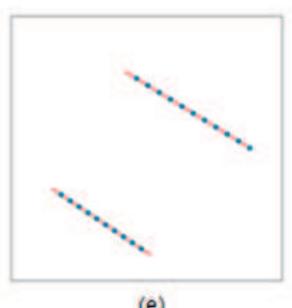
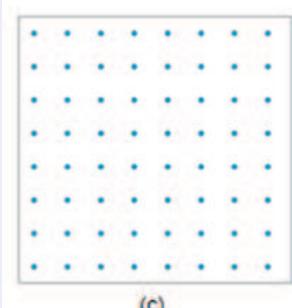
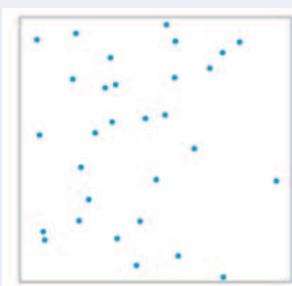
Desviación estándar en forma de elipse



Muestreo Estadístico

Tipos de muestreo

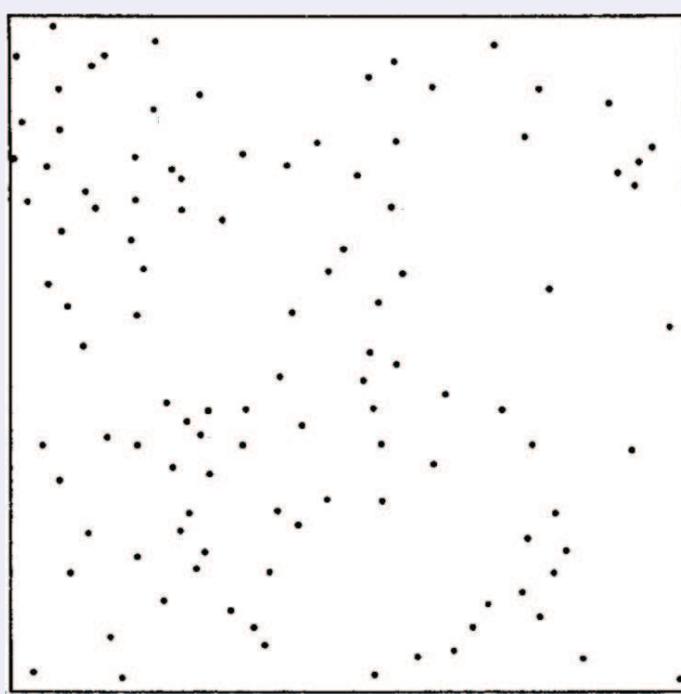
MAS, estratificado, sistemático, agrupado, transecto



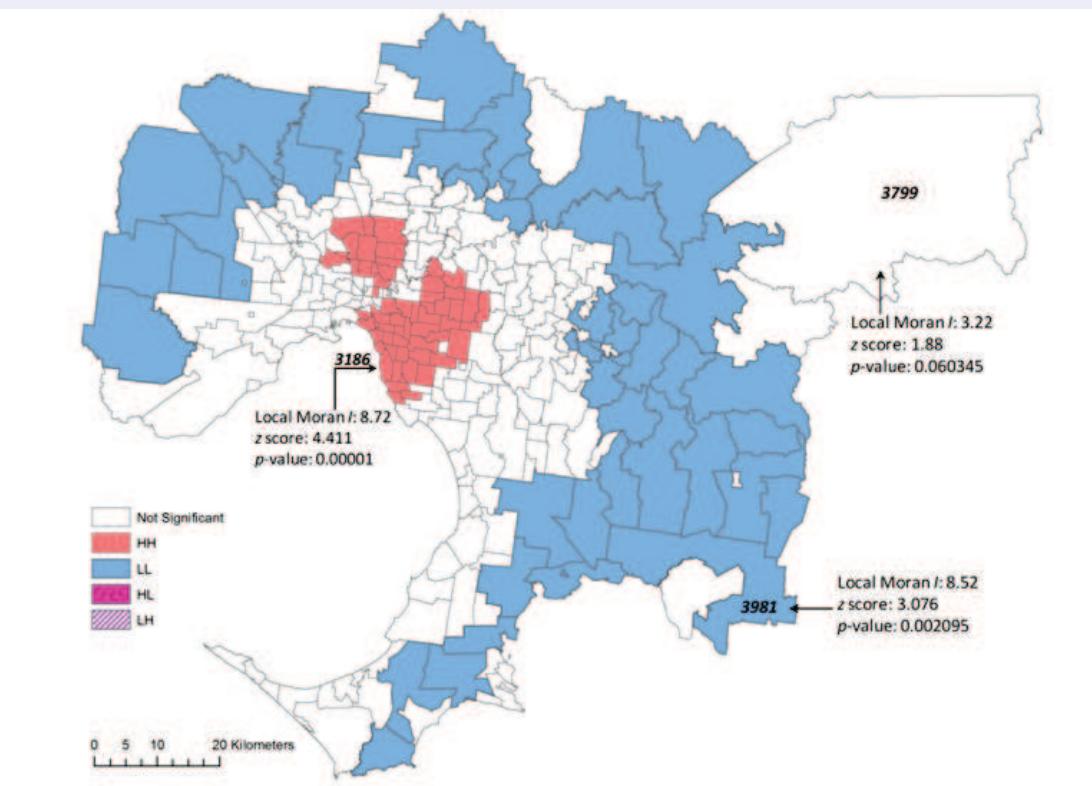
Inferencia Estadística

Aleatoriedad de una distribución espacial

Análisis del vecino más cercano



Obtención de clusters



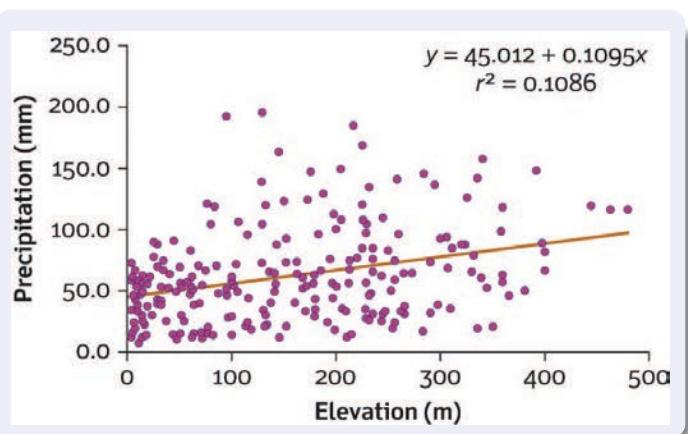
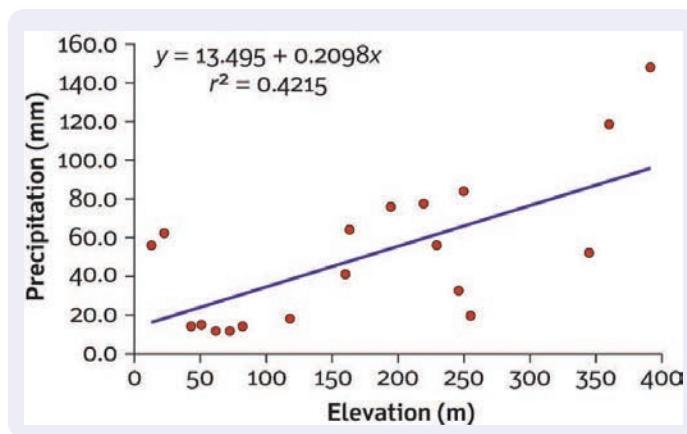
Ejemplo: Definición de distritos electorales

«Gerrymandering»



Regresión espacial

Regresión



Conclusiones

- 1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica
- 2 Operaciones fundamentales de SIG
- 3 Análisis de superficies
- 4 Análisis de redes
- 5 Interpolación espacial
- 6 Estadística espacial
- 7 Conclusiones
- 8 Bibliografía

Una clasificación de técnicas [Zhu16]

Category	Tools
GIS fundamental operations	Spatial query Reclassification Geometric measurements Buffering and proximity measurements Overlay
Network analysis	Finding shortest path Finding closest facilities Finding service areas
Surface analysis	Slope Aspect Curvature Visibility Profiling

Category	Tools
Spatial interpolation	Inverse distance weighted Spline Trend surface Kriging
Spatial statistics	Spatial descriptive statistics Spatial inferential statistics Spatial regression Spatial clustering
Spatial decision analysis	Multi-criteria analysis Multi-objective optimisation
Spatial modelling	Cellular automata Agent-based modelling Weights-of-evidence

Bibliografía

- 1 En qué consiste el Análisis de Información Geográfica
- 2 Operaciones fundamentales de SIG
- 3 Análisis de superficies
- 4 Análisis de redes
- 5 Interpolación espacial
- 6 Estadística espacial
- 7 Conclusiones
- 8 Bibliografía

Bibliografía

- Bha11 Basudeb Bhatta. *Remote Sensing and GIS (Second Edition)*. Oxford, 2011.
- Bol16 Paul Bolstad. *GIS Fundamentals (Fifth Edition)*. XanEdu, 2016.
- HCC11 Ian Heywood, Sarah Cornelius, and Steve Carver. *An Introduction to Geographical Information Systems (Fourth Edition)*. Pearson, 2011.
- LGMR15 Paul A. Longley, Michel F. Goodchild, David J. Maguire, and David W. Rhind. *Geographic Information Science and Systems (Fourth Edition)*. Wiley, 2015.
- Zhu16 Xuan Zhu. *GIS for Environmental Applications*. Routledge, 2016.