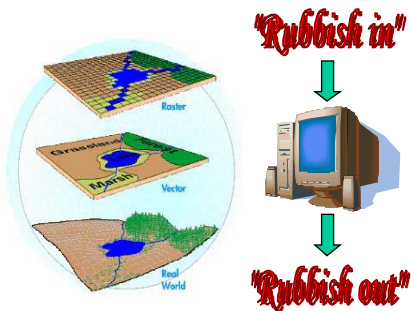


Introducción a los Sistemas de Información geográfica SIG



Cees van Westen

Ruben D. Vargas

International Institute
for Geo-Information Science and
Earth Observation
(ITC), Enschede, The Netherlands.

E-mail: westen@itc.nl

vargasfranco@itc.nl

UNESCO RAPCA

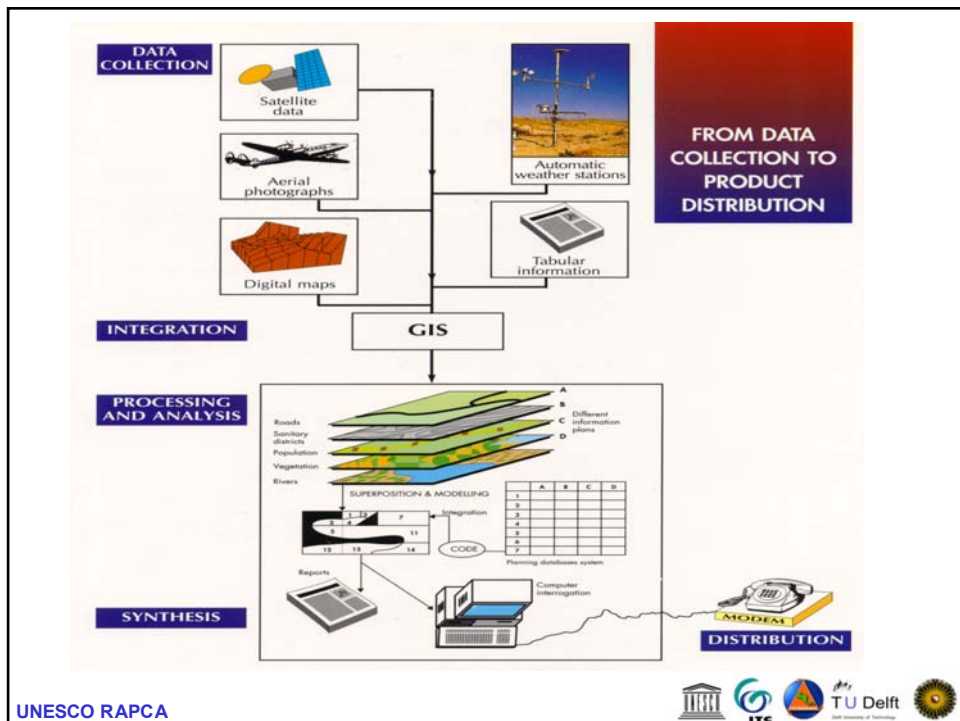


Introducción:S.I.G

- Contenido
 - Tipos de datos geográficos
 - Tipos de representación (vector / raster)
 - Entrada de datos
 - Organización y manejo de datos
 - Análisis de datos y modelamiento
 - Visualización & Presentación de resultados

UNESCO RAPCA





DATOS GEOGRAFICOS

- Características de los datos geográficos
 - Posición geográfica
 - » **“Donde ?”**
 - Propiedades
 - » **“Que ?”**
 - Dinámica (temporalidad)
 - » **“Cuando, con que frecuencia ?”**

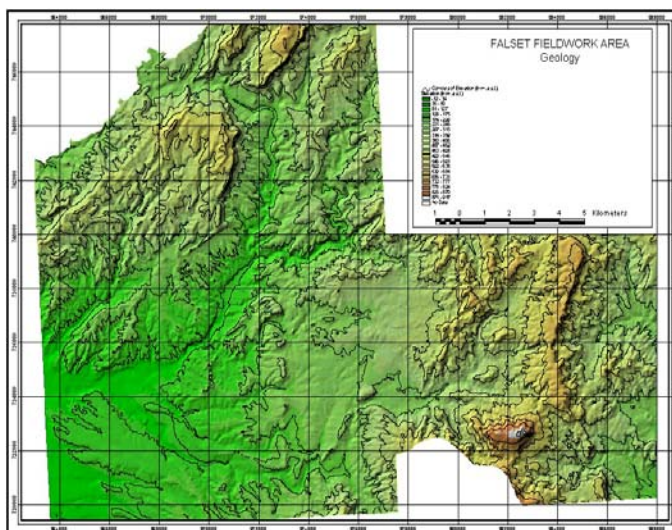
TIPOS DE DATOS

- Datos espaciales
 - Puntos (0-no dimensión)
 - Datos lineales (1-dimensión)
 - Datos áreales (2-dimensiones)
 - Superficies continuas (3-dimensiones)
- Atributos
 - Atributos espaciales
 - Atributos no espaciales

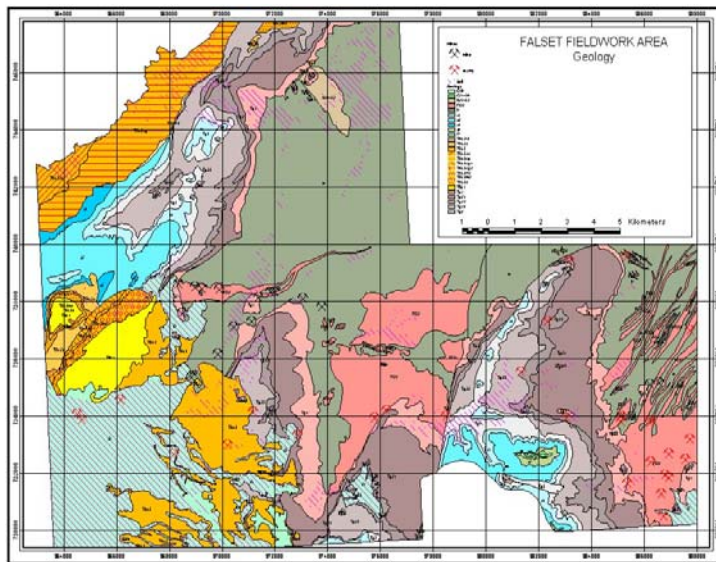
Tipos de fenómenos con expresión geográfica

- Campo geográfico (continuo)
 - Un fenómeno geogr. para el cual, un valor puede ser determinado por cada punto en el área de estudio
 - O: “Tiene un valor en todas partes,”
- Objeto geográfico (discreto)
 - Un fenómeno geogr. que se presenta en la forma de entidades con límites “claramente diferenciables”. El espacio entre ellos es potencialmente vacío.
 - O: “pueblan el área de estudio de manera discontinua”

Campos continuos (elevation)



Campos discretos (e.g. geología)

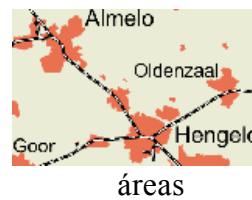
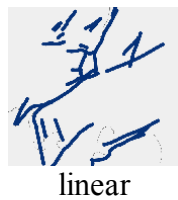


UNESCO RAPCA



Objetos Geográficos

- Poblan el área de manera discontinua
- Posición determinada por:
 - Dimensión: punto, lineal, área?
 - Localización
 - Forma: 0D → 3D
 - Tamaño
 - Orientación: dirección con respecto de?

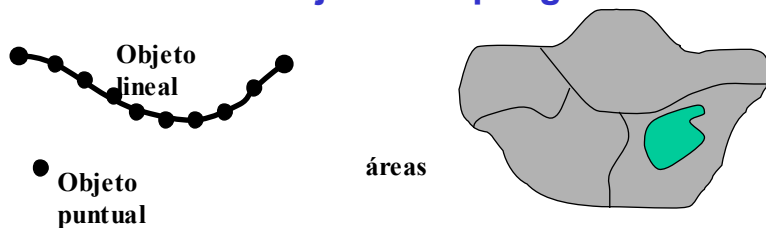


UNESCO RAPCA



Modelo Vectorial

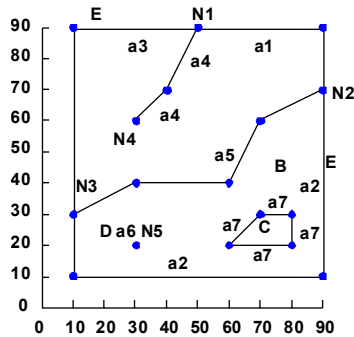
- En un SIG basado en formatos vectoriales los datos son representados como
 - Puntos X,Y coordenadas + etiqueta
 - Líneas conjunto de puntos
 - áreas Conjunto de polígonos



Modelo Topológico: características

- Topología: método para definir relaciones espaciales entre puntos, líneas, polígonos.
- Topología define:
 - Contigüidad o similitud: elementos que tienen características similares (i.e. polígonos iguales).
 - Conectividad: conexión entre unidades (i.e. Encontrar drenajes “conectados”).
- Casi todos los SIG usan topología para el almacenamiento de datos en formato vectorial.

Modelo Topológico : estructura



Node Topology	
Node	Arcs
N1	a1, a3, a4
N2	a1, a2, a5
N3	a2, a3, a5
N4	a4
N5	a6
N6	a7

Arc Topology				
Arc	Start Node	End Node	Left Polyg.	Right Polyg.
a1	N1	N2	E	A
a2	N2	N3	E	B
a3	N3	N1	E	A
a4	N4	N1	A	A
a5	N3	N2	A	B
a6	N5	N5	B	B
a7	N6	N6	B	C

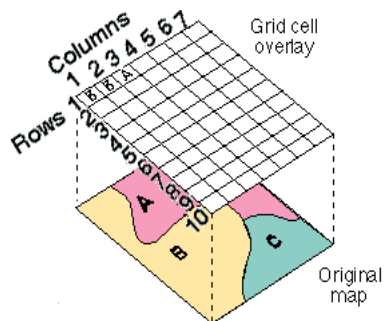
Polygon Topology	
Polygon	Arcs
A	a1, a5, a3
B	a2, a5, a6, a7
C	a7
D	a6
E	area outside map coverage
0	

Arc Coordinate Data			
Arc	Start X Y	Intermediate X Y	End X Y
a1	50, 90	90, 90	90, 70
a2	90, 70	90, 10; 10, 10	10, 30
a3	10, 30	10, 90	50, 90
a4	30, 60	40, 70	50, 90
a5	10, 30	30, 40; 60, 40; 70, 60	90, 70
a6	30, 20		30, 20
a7	60, 20	70, 30; 80, 30; 80, 20	60, 20

UNESCO RAPCA



Modelo Raster



La información es
explícitamente registrada
Para la unidad básica
de datos
(celda, grid o pixel)

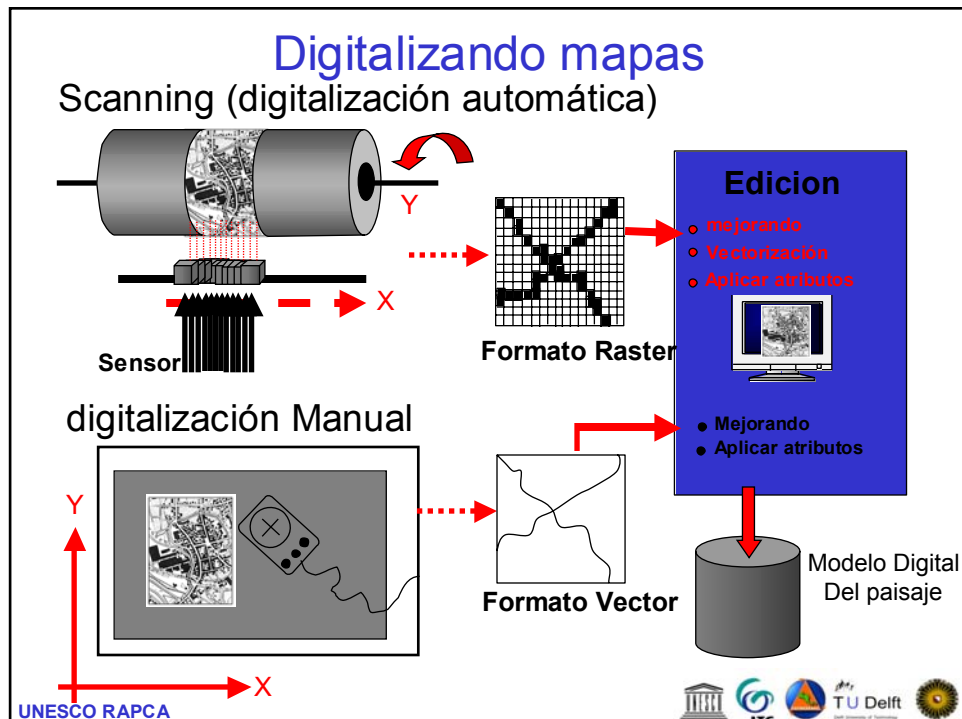
Raster data file			
ROW	COLUMN	ATTRIBUTE	
1	1	B	
1	2	B	
1	3	A	

UNESCO RAPCA



Raster versus Vector

Modelo Raster	Modelo Vector
Estructura de datos simple Facil y eficiente sobreposición Compatible con imágenes (SR) Alta variabilidad espacial representada Manejo simple programadores Same grid cell definition for various attributes Ineficiente para almacenar Errores en perimetro y forma Dificultad para analisis de redes Ineficientes transformacion de proyecciones Perdida de información, tamaño pixel Menos preciso y mapas menos atractivos (output)	Estructura de datos compleja Dificultad para operaciones de sobreposición No compatible con imágenes SR representacion Ineficiente de variabilidad espacial Estructura de datos compacta, almacenamiento Eficiente manejo de topología Facilidad para analisis de redes Alta precisión en preparación de mapas



Seleccionando una técnica de digitalización (1)

Digitising technique		Type of document	Requirements
Manual Digitising	Document on tablet	Complex maps / interpretation from satellite imagery or aerial photographs	Digitising tablet
Manual Digitising	Document on-screen	Complex maps / interpretation from satellite imagery or aerial photographs	Scanner or scanned document
Semi-automatic (or interactive) digitising		Simple documents that require some interpretation	Scanner or scanned document / processing software for semi-automatic line tracing
(fully) automatic digitising		Simple documents or separates with one type of information	Scanner or scanned document / processing software for the vectorisation process

Datos obtenidos de una fuente externa

- “Clearinghouses” para metadatos
 - Grandes cantidades datos libre acceso: calidad y detalle a menudo baja o desconocida
 - DCW: <http://www.maproom.psu.edu/dcw/>
 - Depósitos de datos <http://www.gisdatadepot.com/>
 - (Comercial) venta de datos: National Mapping Organisations, organizaciones privadas (en aumento)
 - Dutch topographic survey: <http://www.tdn.nl/>
 - ESRI: <http://www.esri.com/>

Operaciones de análisis

(Aronoff, 1989, page 196)

- ✓ Consulta, acceso, (re)clasificación & Dimensionamiento (mediciones)
- ✓ Operaciones de sobreposición
- ✓ Operaciones de vecindad
- ✓ Operaciones de conectividad

1a) Selección, acceso y consulta de datos

Acceso y consulta de datos: búsqueda selectiva, manipulación, extracción de información que no requiere de modificar la localización geográfica de los objetos involucrados.

- De manera conjunta (linked) datos espaciales y atributos son accedidos y consultados.
- No hay cambios en la localización de los elementos espaciales, y
- No se crean nuevos elementos espaciales
 - Encontrar que existe en determinado lugar. Que hay en... ?
 - Accesar datos espaciales (puntos, líneas, polígono o unidades de mapeo en un mapa raster), los cuales son la respuesta a la pregunta donde esta, es....?
 - Consulta de información usando operadores lógicos y aritméticos

Consultas (queries) de selección

Basados en características geométricas /espaciales

DONDE ESTA, ES....?

o Usando atributos asociados con los objetos espaciales

Donde están los objetos con...?

o una Combinación de ambos

UNESCO RAPCA



Consultas (queries) de selección

Selección espacial usando relaciones topológicas

Contener (dentro de)

Coincidir (intersectar)

Vecindad (adyacente)

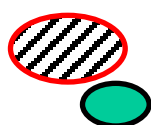
Distancia (dentro o por fuera de una distancia)

o combinación

UNESCO RAPCA



Relaciones espaciales



Separados



Cubierto por



Encuentra



Contiene



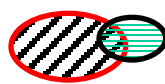
Igual



Cubre



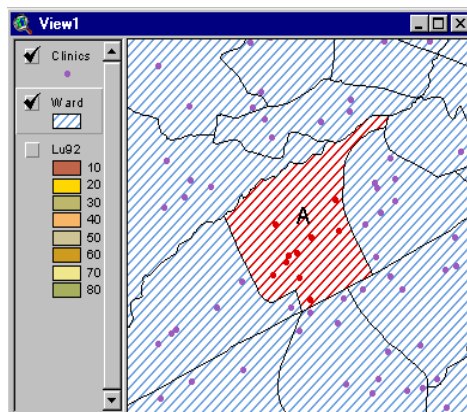
Dentro de



Intersecta

Consultas (queries) espaciales

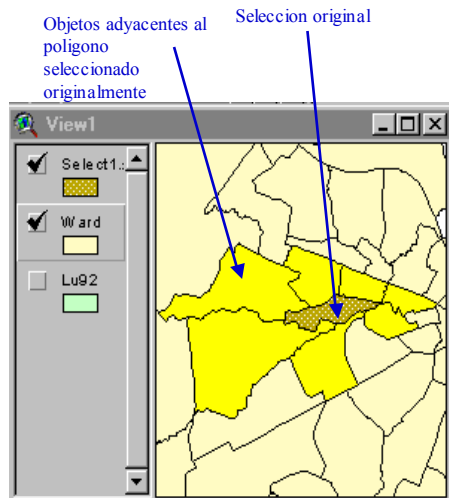
**Seleccione todas las
clínicas en el
distrito "A".**



Consultas espaciales

- Seleccione objetos adyacentes a otros objetos

- También llamada relación MEET.
- Comparten fronteras.
- Aplica solo a objetos lineales y polígonos.



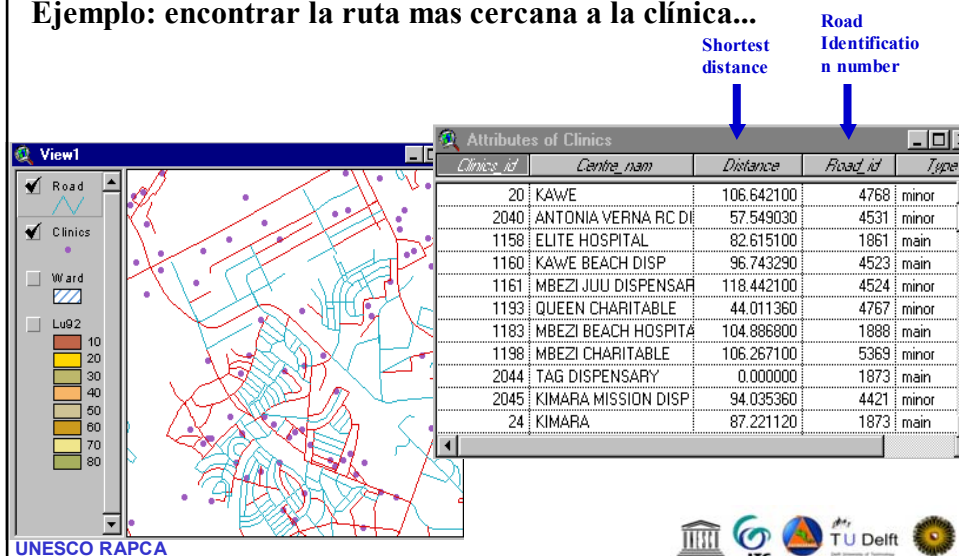
UNESCO RAPCA



Consultas espaciales

- Seleccione los objetos mas cercanos a..?

Ejemplo: encontrar la ruta mas cercana a la clínica...



UNESCO RAPCA



Consultas espaciales

Seleccione objetos que intersectan otros objetos

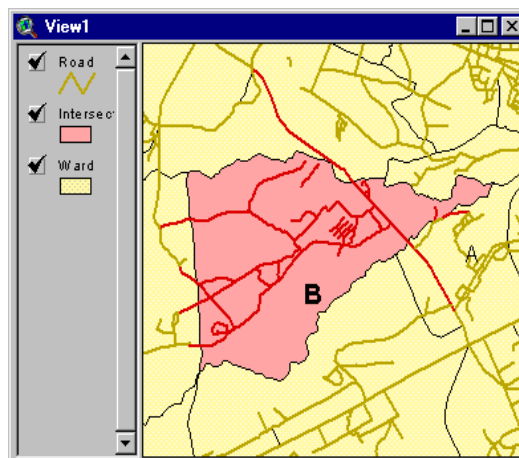
- Relaciones **de Intersección o coincidencia**
- Dos polígonos se intersectan si tiene un área en común.
- Dos líneas intersectan si tienen uno o mas puntos en comun.
- Una línea y un polígono se intersectan si la línea esta contenida parcial o totalmente en el polígono.

Consultas espaciales

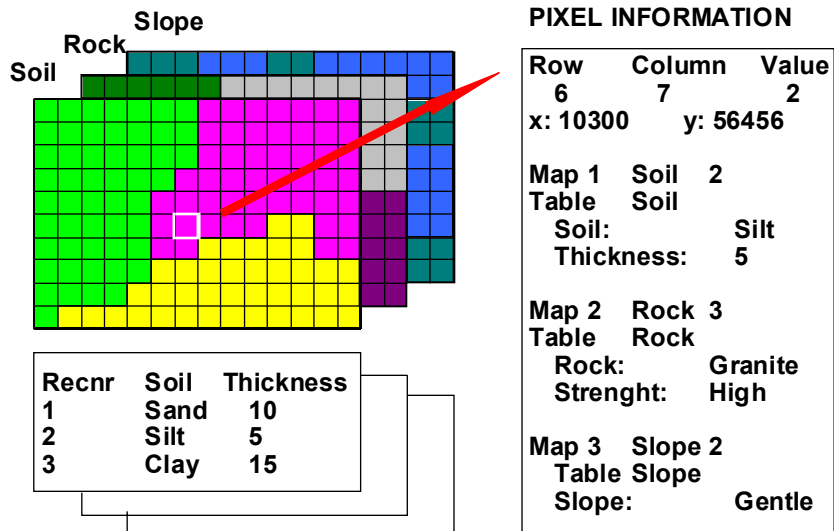
- Relacion de Intersección

Ejemplo:

Seleccione todas las rutas que estan parcial o totalmente localizadas en el distrito "B".



Acceso de datos (modelo raster)



UNESCO RAPCA



1b) (re)clasificación

(re)clasificación incluye la selección y presentación de un objeto utilizando las clases o valores de uno de sus atributos en específico.

- Ejemplos:
 - Reclasificar el mapa de suelo en un mapa de PH
 - Clasificar un mapa de elevaciones en intervalos de 50 m.

UNESCO RAPCA



Clasificación

Teniendo en cuenta el número de clases antes y después de la clasificación, se pueden diferenciar tres tipos de clasificación:

a) **uno a uno** (1:1):

El número de clases antes y después de la clasificación es el mismo: No hay cambios en la geometría de los objetos, ellos han sido reasignados.

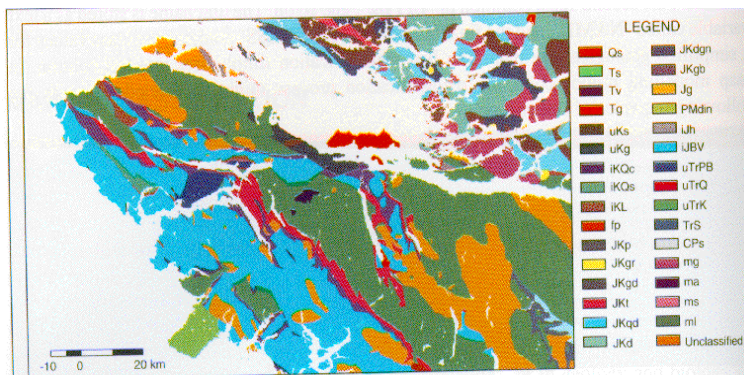
b) **Muchos a uno** (M:1):

El número de clases después de la clasificación es menor: generalización, agregación, unión, disolución

c) **Uno a muchos** (1:M):

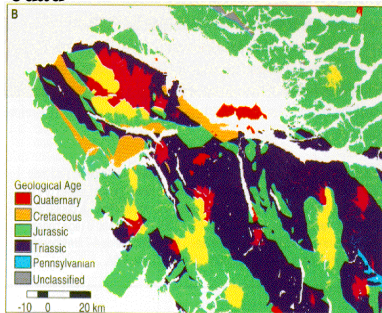
El número de clases después de la clasificación es mayor: en formatos vectoriales los objetos son divididos; en formato raster e.g. identificadores únicos son asignados a cada pixel

Ejemplo: un mapa geológico

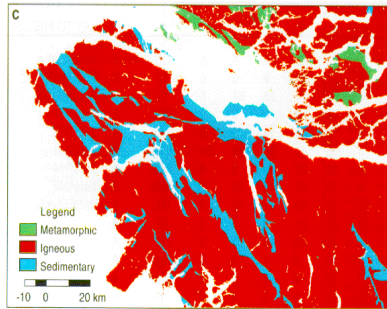


Mapa geológico reclasificado

Mapa geológico reclasificado en 7 clases de acuerdo a la edad



Mapa geológico reclasificado en 3 clases de acuerdo a la litología



clasificación Muchos a uno

UNESCO RAPCA



Reclasificación de un mapa utilizando atributos

Attribute table:
City blocks

Cityblocks	Landuse
001	Institutional
002	Commercial
003	Commercial
004	Residential
005	Residential
006	Residential
007	Industrial
008	Residential
009	Industrial
010	Industrial
011	Residential
012	Industrial
013	Residential
014	Residential
015	Residential

Map: City blocks



Attribute map: Land Use

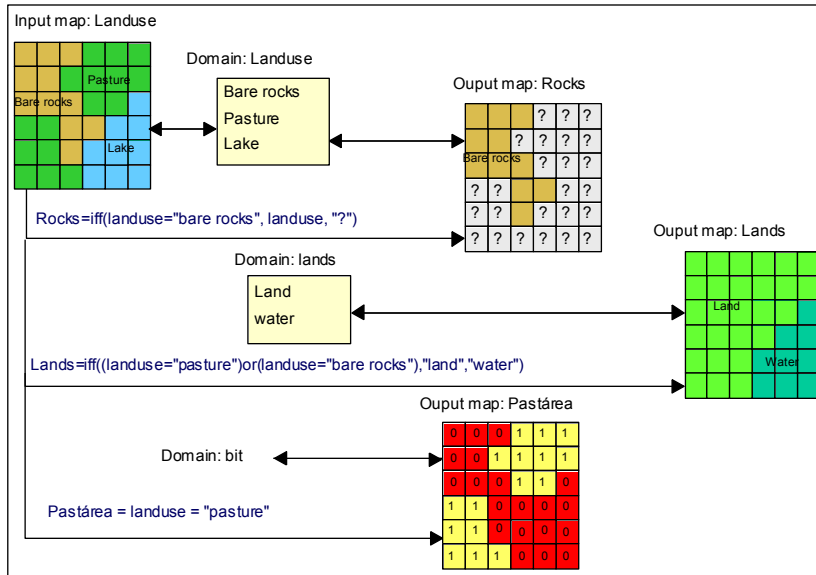


c: Commercial
n: Industrial
i: Institutional
h: Recreational
r: Residential
w: Water

UNESCO RAPCA



Map Calculation



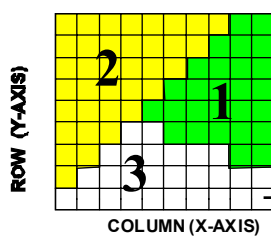
UNESCO RAPCA



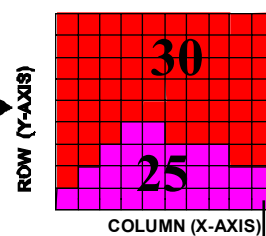
Reclasificación de datos usando tablas

(re-asignación basada en columna de atributos)

Soils



Infil



Soilstab.tbl

Recnr	Type	infilcol
1	Alfisol	30
2	Mollisol	30
3	Redzina	25

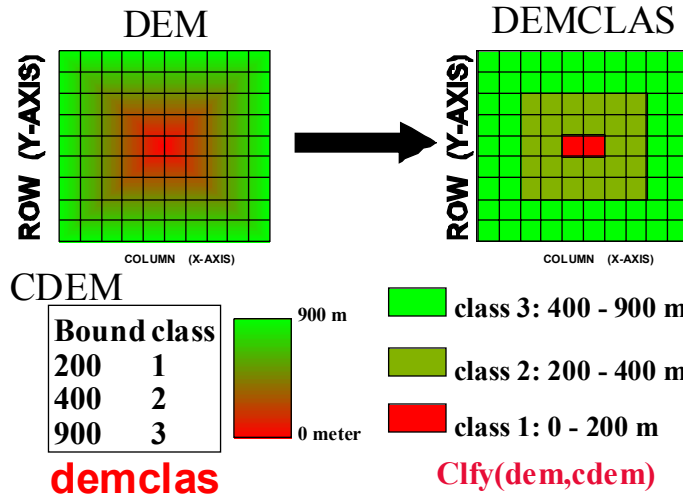
Infil

Soils.soilstab.infilcol

UNESCO RAPCA



clasificación "slicing"



UNESCO RAPCA



clasificación automatica

El usuario especifica unicamente el número de clases en el mapa de salida, el software determina los valores que determinan cada clase (break points).

Ejemplos: **Intervalos iguales** y **Igual frecuencia**

$(Z_{max} - Z_{min}) / n$
n: número de clases

1	1	1	2	8
4	4	5	4	9
4	3	3	2	10
4	5	6	8	8
4	2	1	1	1

(a) Original data set

1	1	1	1	4
2	2	3	2	5
2	2	2	1	5
2	3	3	4	4
2	1	1	1	1

1	1	1	2	5
3	3	4	3	5
3	2	2	2	5
3	4	4	5	5
3	2	1	1	1

New codes	Original codes	No. of pixels
1	1,2	9
2	3,4	8
3	5,6	3

(b) Equal interval classification

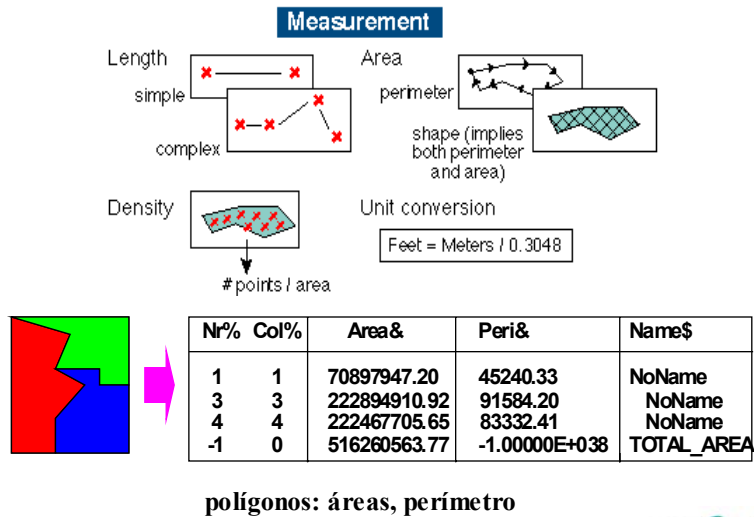
New codes	Original codes	No. of pixels
1	1	6
2	2,3	5
3	4	6

(c) Equal frequency classification

UNESCO RAPCA



1c) Calculo de dimensiones (usando valores de coordenadas y relaciones topológicas)



UNESCO RAPCA



Mediciones para cada tipo de objeto

Feature type		Measurement
Point	Point	- x,y coordinates - number of points - distance between points
	Line	- x,y coordinates of the beginning and the end vertex points (nodes) - length - direction
polygon	Curved line	- length - shortest distance between the start and the end nodes - curvature - distribution of direction
	Box	- x,y coordinates of opposite corners - width and the length - Area
	Circle	- x,y coordinates of the centre - radius
	Polygon	- area - perimeter - X,Y coordinates of the centroid - Extent of the polygon, e .g. the x,y coordinates of the lower-left and upper-right corner of the smallest rectangle that covers the polygon exactly.

UNESCO RAPCA



Mediciones entre diferentes objetos

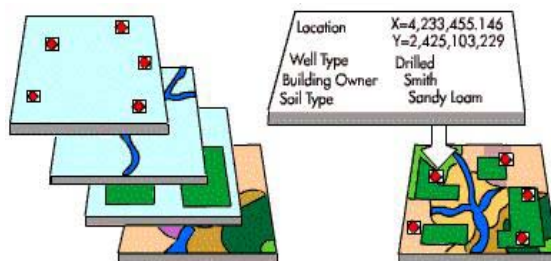
Feature 1	Feature 2	Distance measurements
Point	Point	Euclidean distance (the length of a straight line) between the two points
Point	Line	The distance between the point and the nearest location on the line.
Point	Polygon	- The distance from the point to the nearest location on the boundaries of the polygon - The distance from the point to the centroid of the polygon.
line	Line	If the two lines are not intersected, the shortest distance between the two lines. If they are intersected, this value would be zero.
Line	Polygon	- The shortest distance from a location on the line to a location on the polygon boundary. If the line touches or intersects the polygon boundary, this value would be zero. - The shortest distance from a location on the line to the centroid of the polygon.
Polygon	Polygon	- The shortest distance between the two boundaries. If any distance value is zero, the two polygons are touched. - The distance between the centroids of the two polygons - The x,y coordinates of the intersection points between two polygon boundaries

UNESCO RAPCA



2) Operaciones de superposición (overlaying)

- Sobre-posición de mapas involucra la integración de múltiples capas que coinciden espacialmente
 - **Basado en formato vector** (complicado geoméricamente y de poco rendimiento)
 - **Basado en formato raster** (celda por celda)



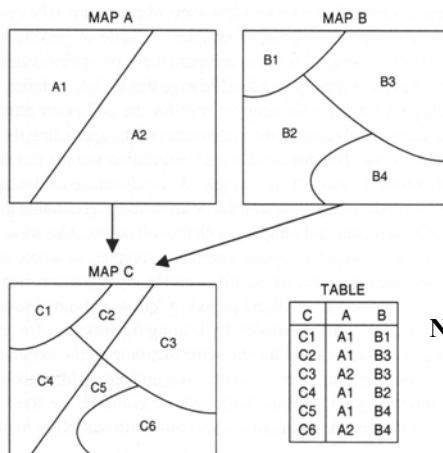
UNESCO RAPCA



(Vector) sobre-posición usando polígonos

Tomado de Bonham-Carter

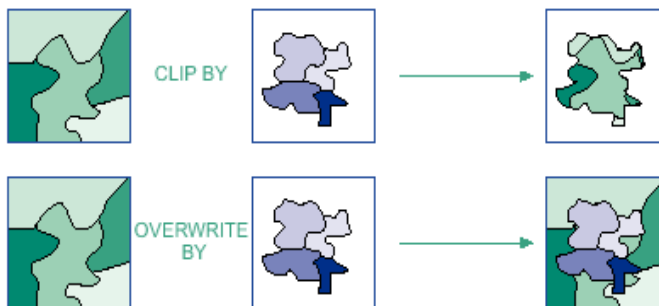
Resultado : nuevo conjunto de polígonos comunes a ambos maps



Nueva topología tiene que ser definida

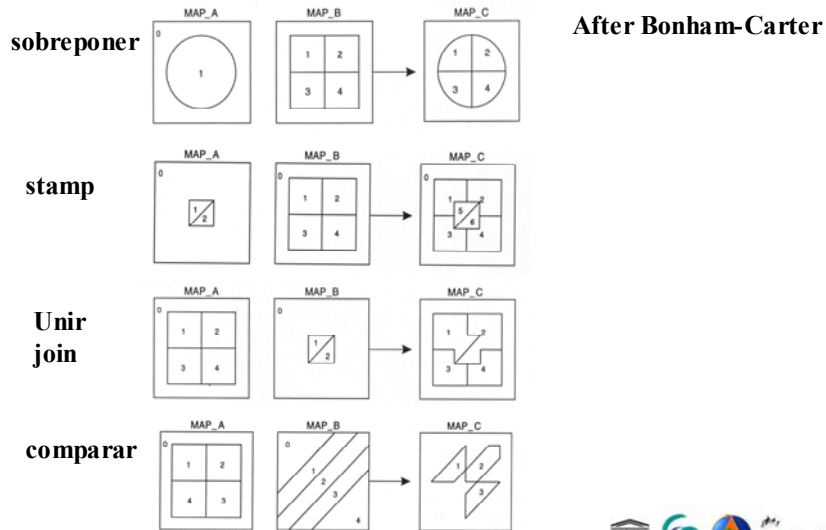
Operaciones con polígonos, ejemplos

Clip (cortar) polígonos: restringe la extensión espacial a una frontera exterior generalizada



Sobre-escribir polígonos: la primera capa tiene prioridad sobre la segunda

Sobreposicion formato vector, ejemplos



UNESCO RAPCA



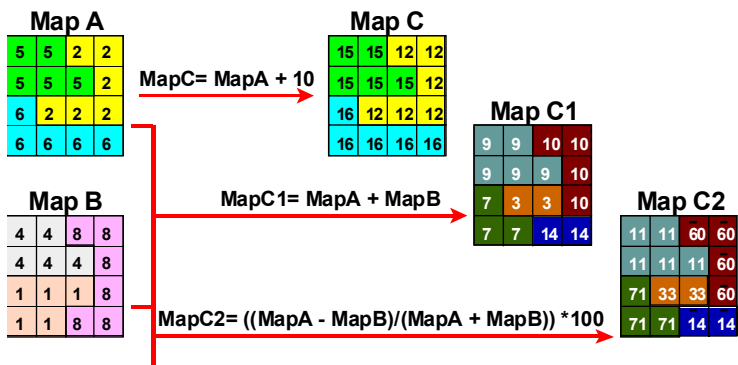
Herramientas utilizadas en operaciones de sobre-posición (modelo Raster)

- **Aritméticas** (+, -, *, /)
- **Relacional** (<, >, =)
- **Operadores lógicos** (and, or, xor, not)
- **Condicional** (if, then, else)

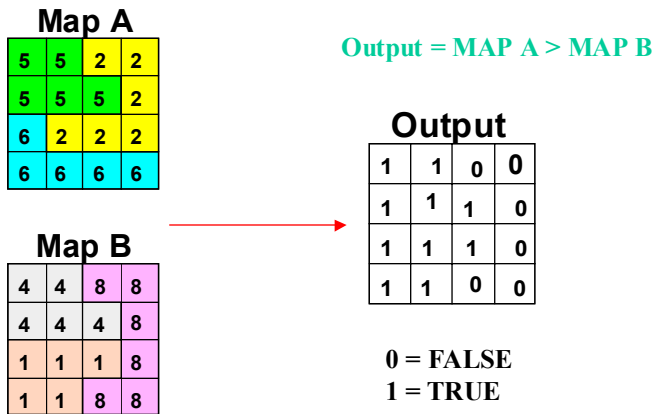
UNESCO RAPCA



Operaciones aritméticas

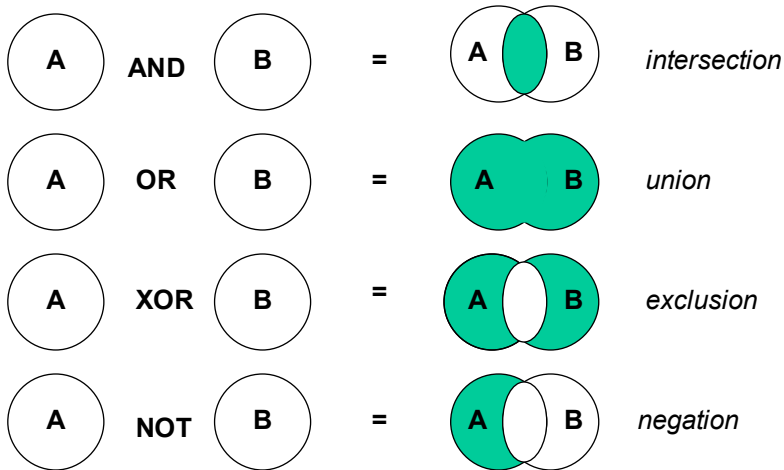


Funciones Relacionales

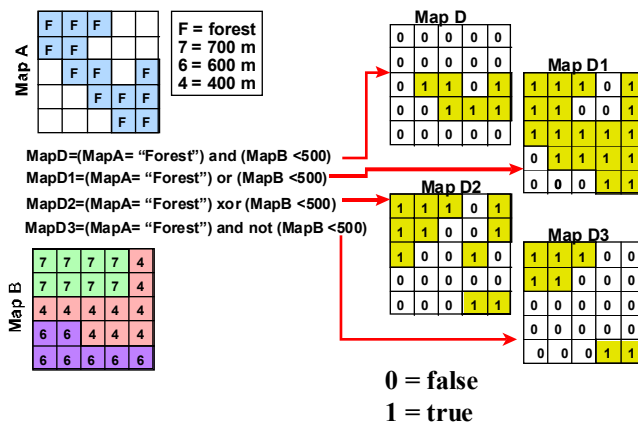


Funciones lógicas

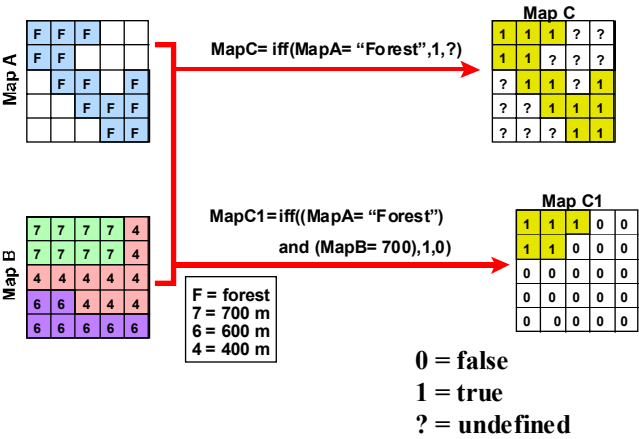
Operatodores Booleanos



Operadores lógicos y relacionales



Condicional



Operación de cruce (crossing)

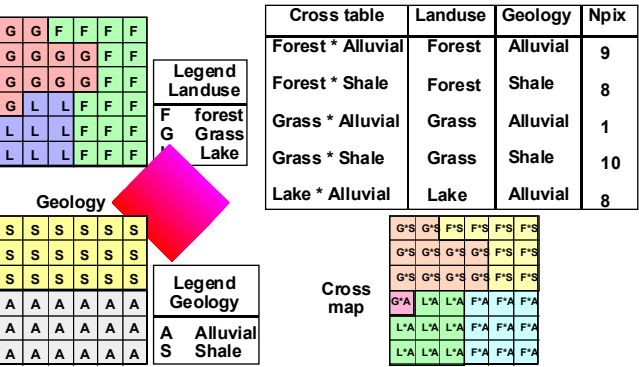
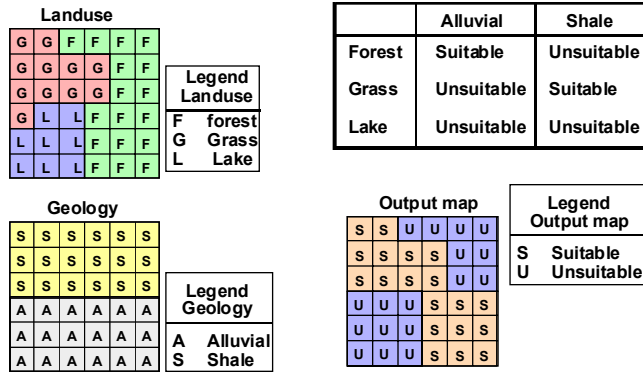


Tabla bi-dimensional



3) Operaciones de vecindad

- Evaluar las características de un área alrededor de un lugar específico
 - Funciones de interpolación
 - Funciones topográficas
 - Funciones de búsqueda

Interpolación

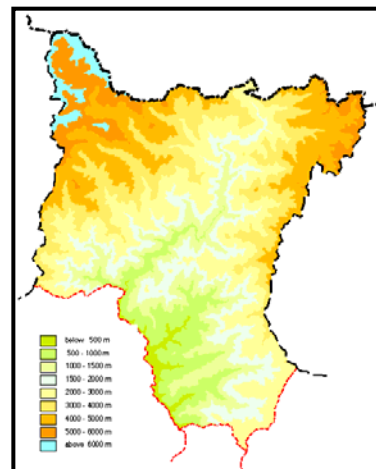
- **Calculo de valores no conocidos en lugares no muestreados utilizando valores conocidos de las observaciones existentes**

– Ejemplos típicos:

- Interpolación a partir de datos puntuales (precipitación, alturas, etc)
- Interpolación a partir de datos lineales (curvas de nivel)



Digital Elevation Model (DEM)



Elevation Zones

Aplicaciones de los DEMs

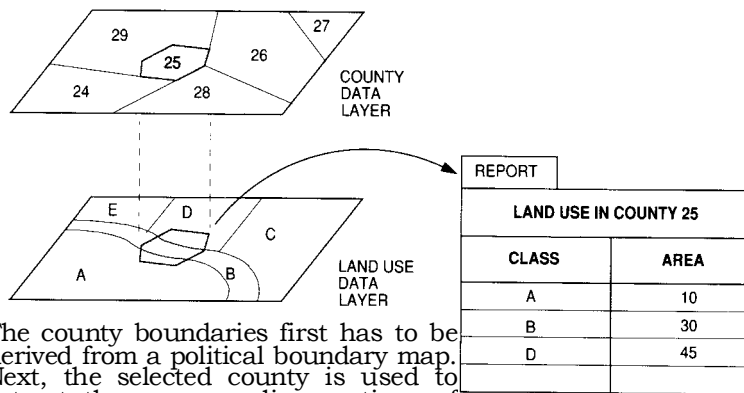
- Mapa de pendientes, **muestra inclinación de la vertiente en grados, porcentajes or radianes para cada pixel.**
- **Orientación de la vertiente (tambien llamados “slope aspect maps”), ilustra la orientación de la vertiente usando el compas (valores entre 0 - 360 grados).**
- Mapas de convexidad de la vertiente, **ilustra los cambios en la inclinación de la vertiente en distancias cortas. Este tipo de mapa permite visualizar si la forma de la vertiente es concava, convexa o recta.**
- Sombreado del relieve (Hill shading or shadow maps), **simula la apariencia de terreno cuando es iluminado desde un cierto ángulo y una cierta altura: tonalidades de grises indican intensidad de la iluminación.**
- Vista tridimensional: simula una vista panorámica para un observador colocado en una cierta posición sobre el terreno.
- Secciones transversales.
- Mapas de volúmenes (**o mpas de corte-y-lleño**)

Funciones de “búsqueda” (search)

Funciones de “búsqueda” determinan el valor de un objeto de acuerdo con alguna característica de los objetos vecinos

Search function	Description
average	the average of the values in the neighbourhood
diversity	a measure of diversity of the values in the neighbourhood, such as variance or standard deviation
majority	the number of occurrences for each value in the neighbourhood is determined; the value occurring most frequently is the calculated result
maximum, minimum	the maximum/minimum value in the neighbourhood is returned.
total	the summed total of the values in the neighbourhood

Funciones de “búsqueda” (search)



The county boundaries first has to be derived from a political boundary map. Next, the selected county is used to extract the corresponding portions of the land use map. Only then the search operation which counts how many land use types do occur within the county is applied.

UNESCO RAPCA



4) Conectividad

- Para caracterizar unidades espaciales que estan interconectadas
 - Contiguidad
 - Proximidad
 - Zonas “buffer”
 - polígonos Thiessen
 - Identificación del objeto mas cercano
 - Funciones para analizar, modelar Dispersión
 - Funciones de Búsqueda
 - Funciones para analizar Redes (Network)

UNESCO RAPCA



Proximidad

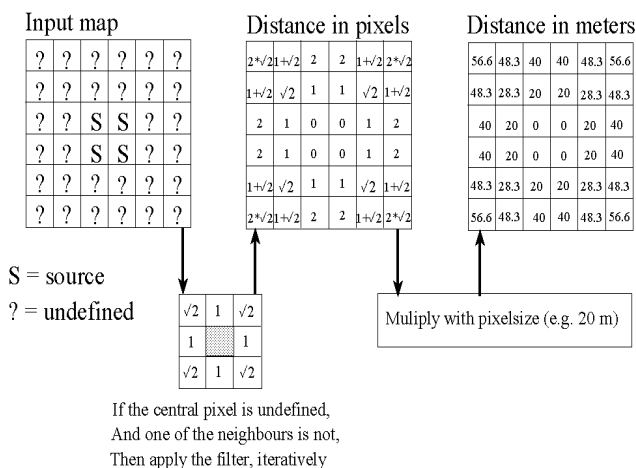
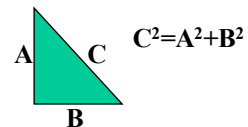
- La medida de distancias entre objetos (unidades de distancia en longitud, tiempo de viaje, etc.)

– Ejemplos típicos:

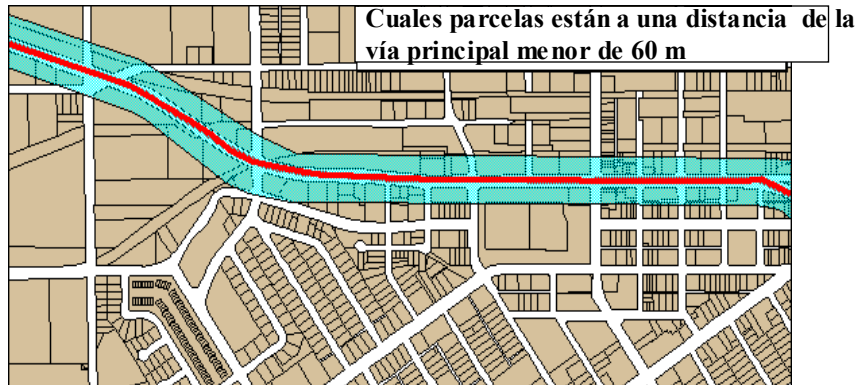
- Determinación de zonas con ciertos rangos de distancia (**buffer zones**) alrededor de pozos de exploración de agua subterránea
- Construcción de polígonos **Thiessen**
- Determinación de la **accesibilidad** a pozos de agua potable

Cálculo de distancia

La distancia desde un pixel fuente hacia sus vecinos horizontales y verticales es 1, y la distancia desde el pixel fuente y sus vecinos sobre la diagonal es la raíz cuadrada de 2 (=1.41421).



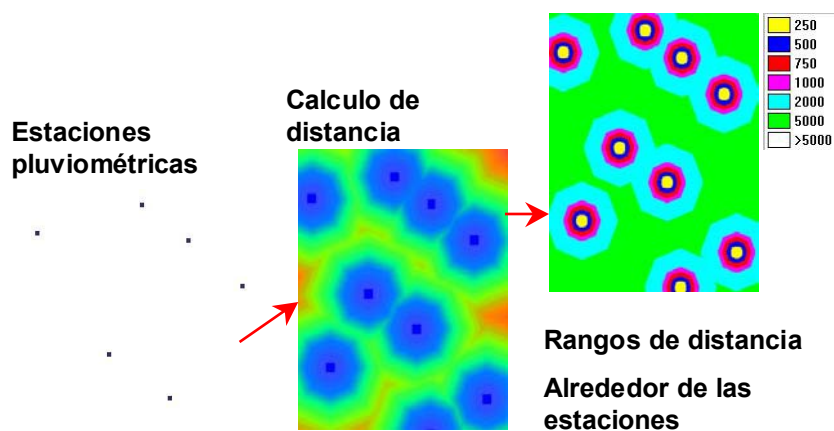
Análisis de proximidad



UNESCO RAPCA



Determinación de rangos de distancia (Buffer zone)



UNESCO RAPCA



Funciones para analisis de extensión

- Evalúan fenómenos que se extienden, diluyen o acumulan con la distancia

◆ Ejemplos típicos:

- Determinación de áreas inundadas debido a la construcción de una presa
- Determinación del área inundada debido al rompimiento de un dique
- Dispersión de la polución

UNESCO RAPCA



Funciones para análisis de extensión

áreas con una elevación inferior a 2.35 m.a.s.l.



áreas con una elevación inferior a 2.35 m.a.s.l. y conectadas con el
Rompimiento del dique

Total volume: 1.000.000 M3
Total área: 3.000.000 M2

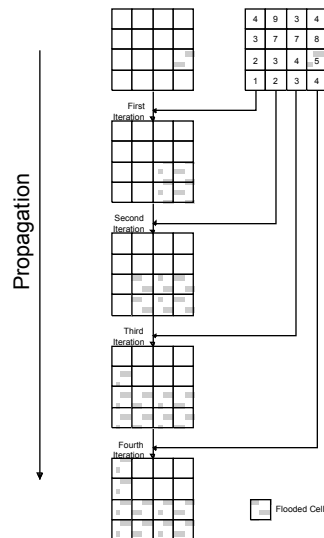


Rompimiento
del dique

UNESCO RAPCA



Funciones de dispersión (Iteración con propagación)



Iteración: repetición sucesiva de una Operación matemática, que utiliza el resultado de un cálculo como entrada para el siguiente cálculo.

Propagación: el valor calculado de un pixel es utilizado inmediatamente en el cálculo de línea siguiente en vez de hacerlo En la próxima iteración.

Funciones de búsqueda

- Funciones de búsqueda determinan la ruta optima usando criterios (normas) específicos de decisión

◆ Ejemplos tipicos:

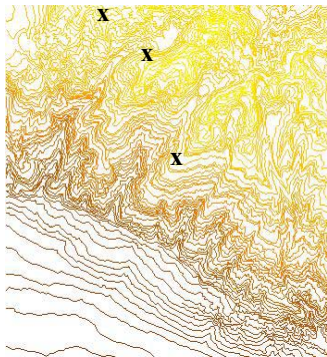
- Determinar la ruta para el flujo del agua
- Planificación de Autopistas, carreteras

Funciones de búsqueda

Curvas de nivel

Rutas de flujo

x: puntos iniciales

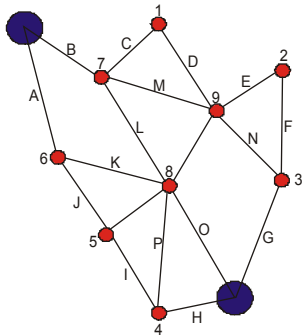


Generación de rutas de flujo automatizado

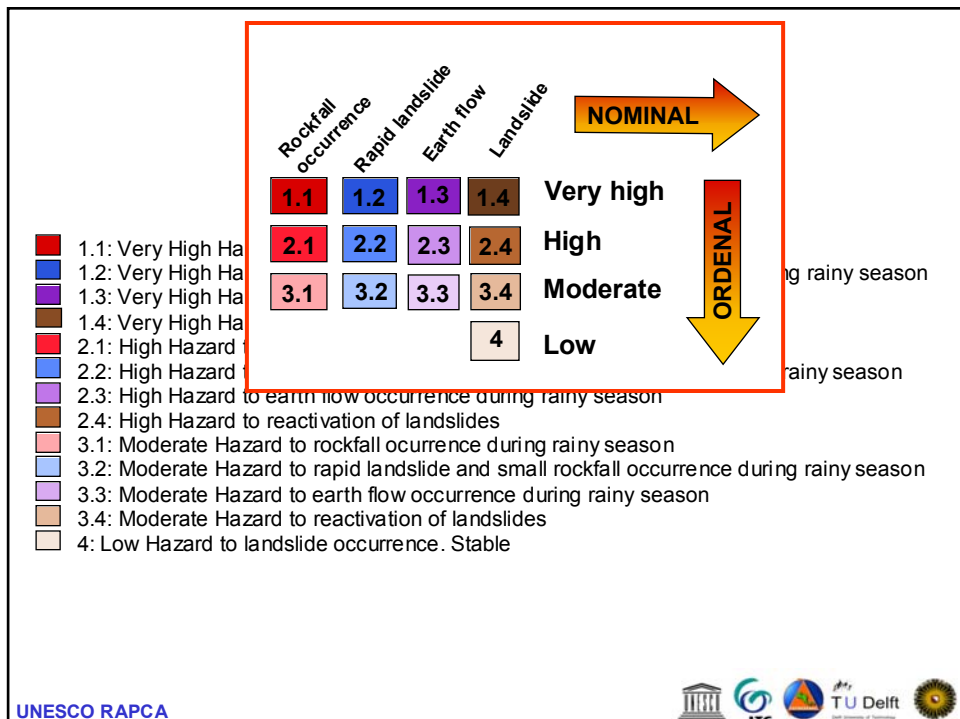
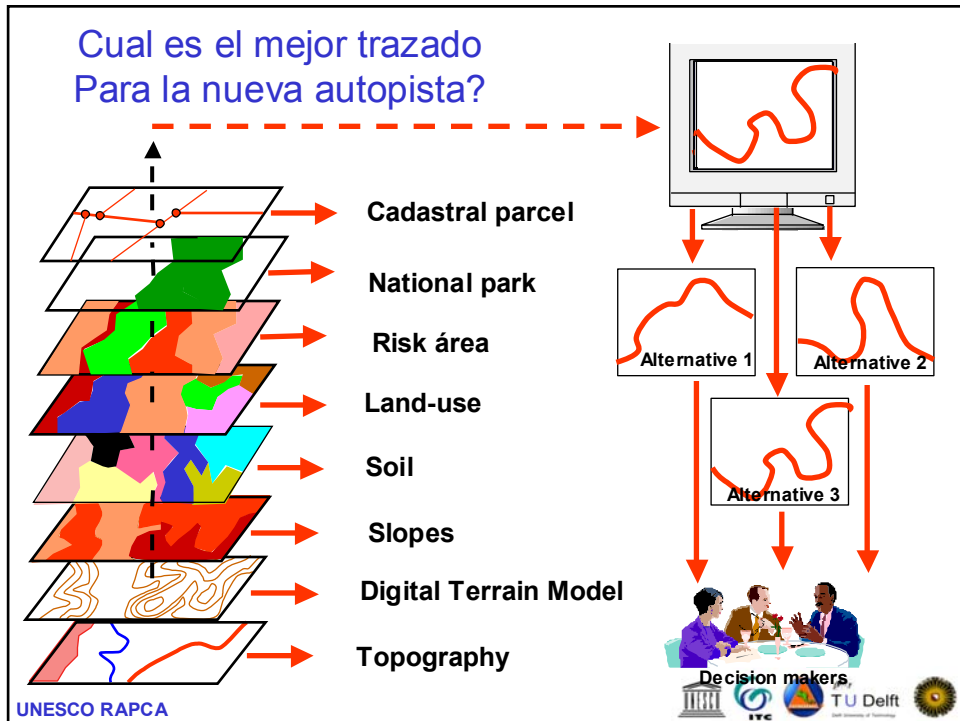


Análisis de redes

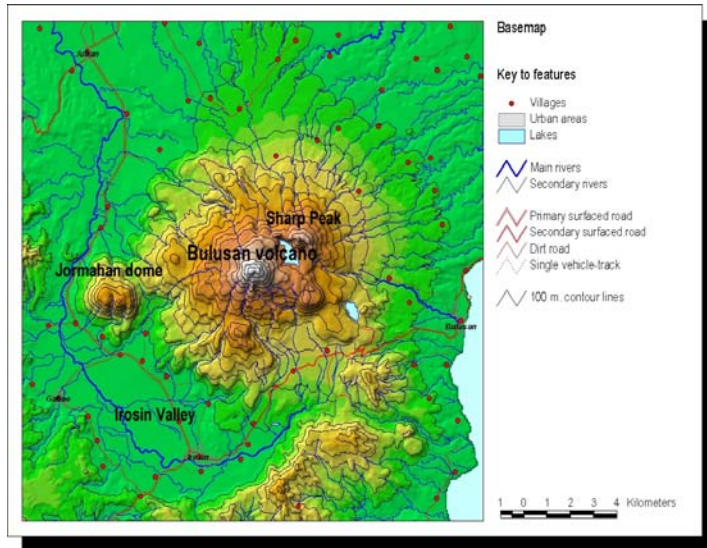
- Segmentación de la red
- Búsqueda de la ruta optima



Nodes	Costs	Lines	Costs
1	100	A	100
2	100	↑	↑
3	100		
4	100		
5	1000		
6	10		
7	1000		
8	20	↓	↓
9	500	P	100



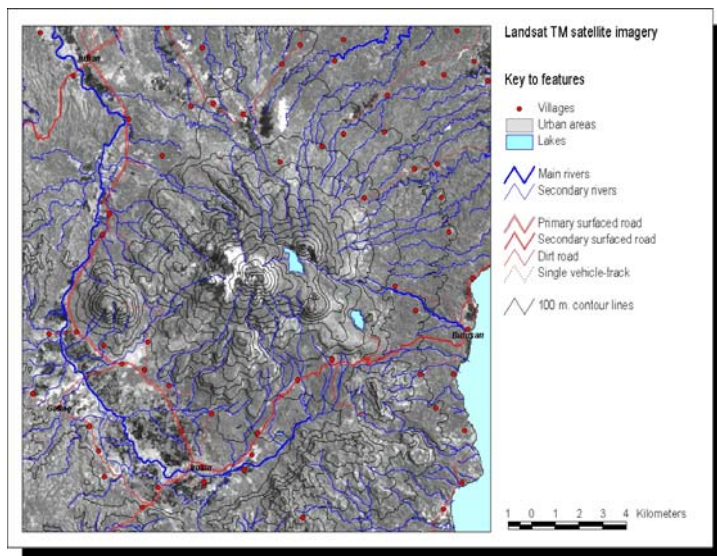
Presentación de resultados



UNESCO RAPCA



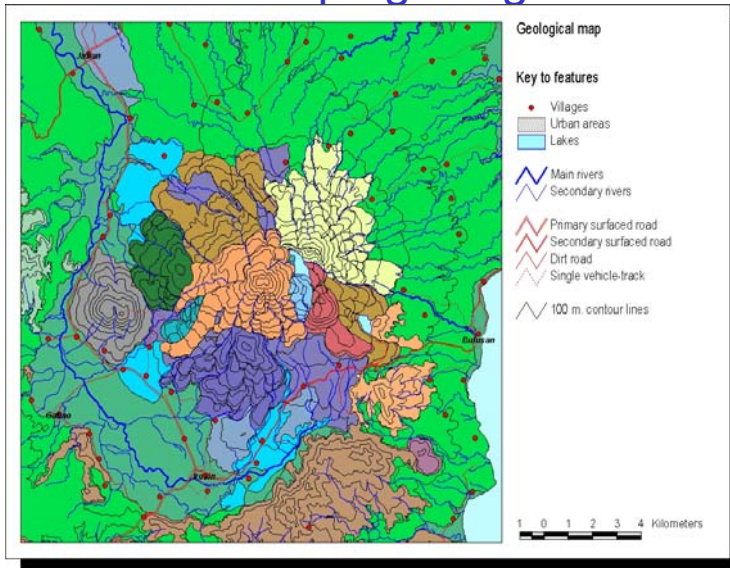
Satellite imagery + topo elements



UNESCO RAPCA



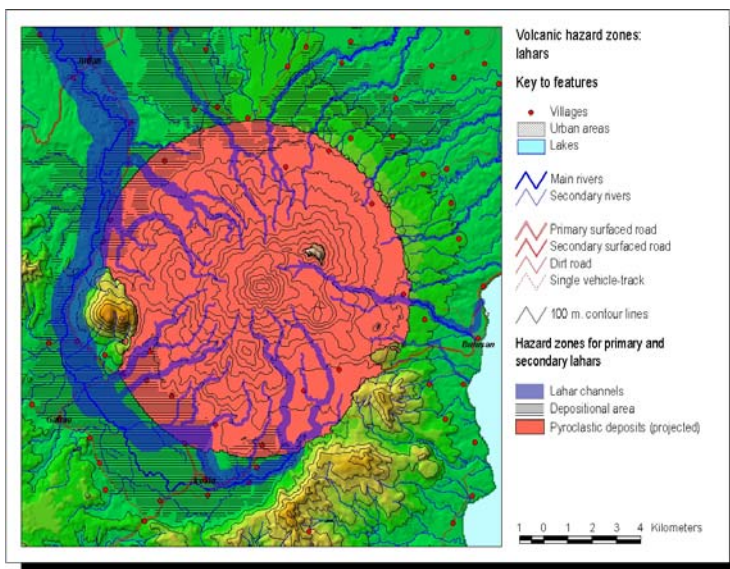
Mapa geológico



UNESCO RAPCA



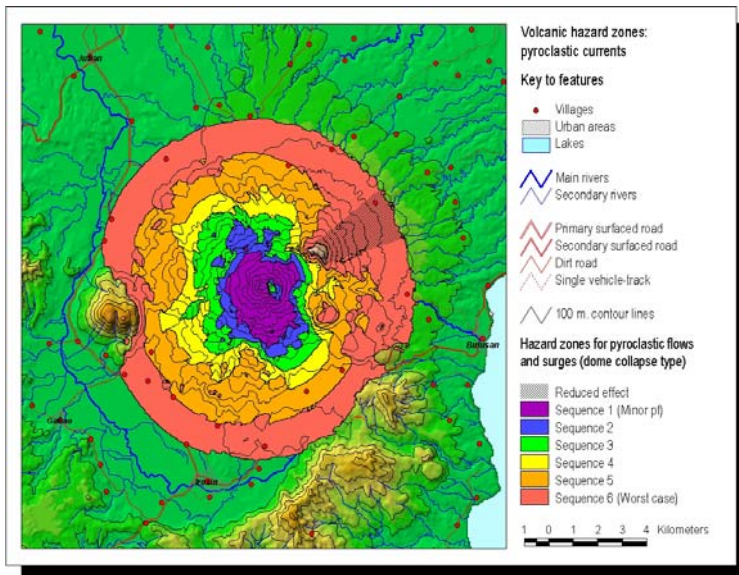
Presentación de resultados



UNESCO RAPCA



Presentación de resultados



UNESCO RAPCA



3D visualización (1)

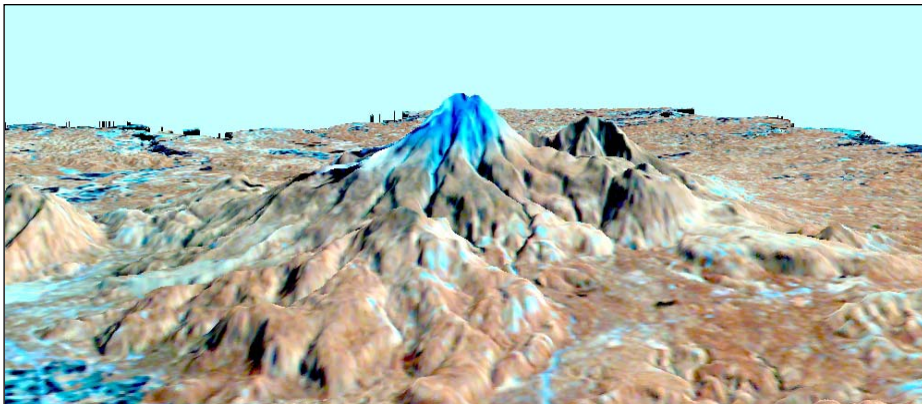


Image Landsat TM (falso color)
'drapeado' sobre un Modelo de Elevación de Terreno(DTM)

UNESCO RAPCA

