

## Representación de superficies

PROF. MIGUEL CASTILLO S.

### EL MUESTREO Y DATOS NECESARIOS PARA LA INTERPOLACIÓN

La localización de los datos en el espacio

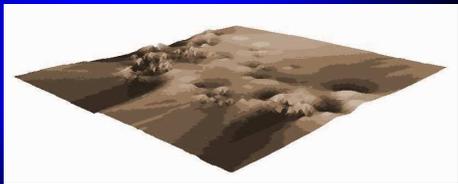
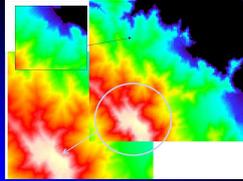
El caso de los datos puntuales

El proceso de aleatorización normalmente presenta diferentes clases de agrupamiento

El muestreo cluster

Ejemplos: estudios medioambientales; estudios demográficos

- Aspectos físicos/naturales:
  - Temperaturas
  - Composición mineral
  - Acidez de suelos
- Aspectos sociales:
  - Número de habitantes
  - Densidad de población



**El caso de un muestreo de campo de variables del suelo, podemos decidir donde medir y, en función de los resultados, volver a muestrear en otros puntos, aumentando así, el tamaño muestral.**

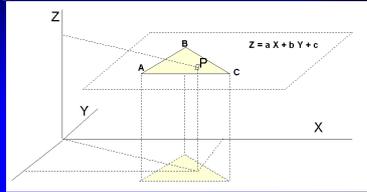
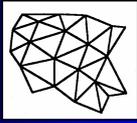
**Suponiendo que tenemos la posibilidad (y la responsabilidad) de hacer nuestro propio diseño de muestreo, para ello nos debemos basar en el conocimiento previo que tengamos acerca de la estructura de variación de la variable a interpolar.**

### ELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DATOS

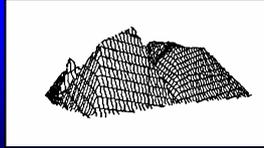
# ¿ cuál elegir?

## NUESTRO OBJETIVO: ÉNFASIS EN LOS MODELOS DIGITALES DEL TERRITORIO (MDT, DEM)

## LA ESTRUCTURA TIN

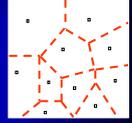


## LA ESTRUCTURA MATRICIAL



## INTERPOLACIÓN ESPACIAL A PARTIR DE PUNTOS

### A) Thiessen



Los Polígonos de Thiessen se usa en SIG y en análisis espacial para establecer una **relación entre puntos y espacio**; por ejemplo, en el análisis de datos meteorológicos se supone que los datos obtenidos en un lugar preciso (el aeropuerto) son válidos para toda la ciudad (polígono). Evidentemente esta suposición no se puede aplicar a datos que varían de una manera **continua** como, por ejemplo, presión y temperatura del aire. Como existe una sola observación por polígono no hay manera de calcular variaciones al interior del polígono.

Una ventaja de este método es que puede aplicarse fácilmente a datos cualitativos como tipos de vegetación o terreno.

### B) B-Splines

- Emplean un polinomio que proporciona una serie de parches que determinan una superficie cuya primera y segunda derivada son continuas.
- Asegura continuidad en:
  - Elevación - La superficie no es escarpada
  - Pendiente - No cambia abruptamente
  - Curvatura - Se obtiene la mínima curvatura

### Ventajas y desventajas

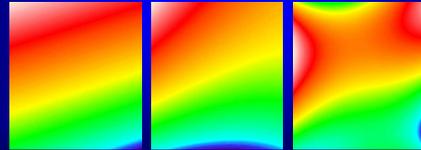
### C) SUPERFICIE DE TENDENCIAS (TREND)

$$Z(x) = b_0 + b_1x + \epsilon$$

$$F\{(x,y)\} = \sum_{r+s \leq p} (b_r * x^r * y^s)$$

$b_0$	plano
$b_0 + b_1 * x + b_2 * y$	lineal
$b_0 + b_1 * x + b_2 * y + b_3 * x^2 + b_4 * xy + b_5 * y^2$	cuadrático

$$\min \sum_{i=1}^n \{z(x_i) - f(x_i)\}^2$$



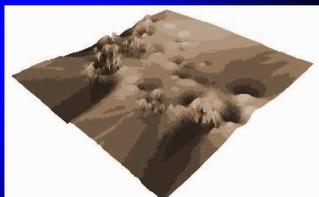
### D) IDW (-inverse distance weighting)

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i); \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

$$\lambda_i = f\{\zeta(d(x_0, x_i))\} \text{ s.a. } e^{-d} \text{ y } e^{-d^2}$$

La forma más común para  $\zeta(d)$  es la función de proporcionalidad entre el peso y la distancia, expresada como

$$\hat{Z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) * d_{ij}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-r}}$$



### E) Hipótesis de la variable regionalizada: método Kriging

### F) Método de Tobler

El método, conocido como Tobler asume una "masa" de datos que se agrupa en una región de origen. Indica que el **volumen** del atributo para esa masa (número de personas por ejemplo) en una entidad espacial (polígono o superficie administrativa), presenta un **gradiente de similitudes** con los valores de polígonos vecinos, independiente si la variación global entre polígonos es representada por superficies lisas u homogéneas claramente distinguibles entre sí.

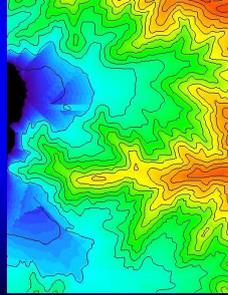
$$\iint_R f(x, y) dx dy = V_i$$

$$\iint_R \left( \frac{\partial f^2}{\partial x} + \frac{\partial f^2}{\partial y} \right) dx dy$$

$$\frac{\partial f}{\partial \gamma} = 0$$

## INTERPOLACIÓN ESPACIAL A PARTIR DE LÍNEAS

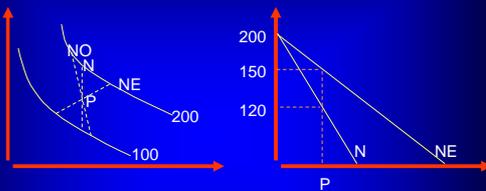
- Digitalización (en tableta digitalizadora o en pantalla)
- Rasterización del vectorial (cuando sea necesario)
- Interpolación
- Análisis de errores



## Interpolación a partir de curvas de nivel

- En este caso, se seleccionan dos puntos, pertenecientes a dos curvas de nivel contiguas, en una dirección concreta del plano.
- La altura de los puntos intermedios a las curvas, se obtiene por interpolación lineal entre dichos puntos.

## ¿Qué Dirección Seleccionar?



- El punto no muestral P, tiene una altitud intermedia entre 100 y 200 m.
- La altitud interpolada, será diferente según la dirección que se considere.

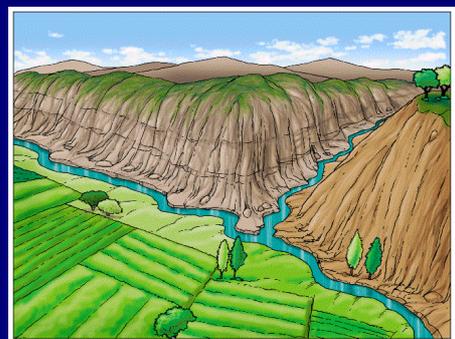
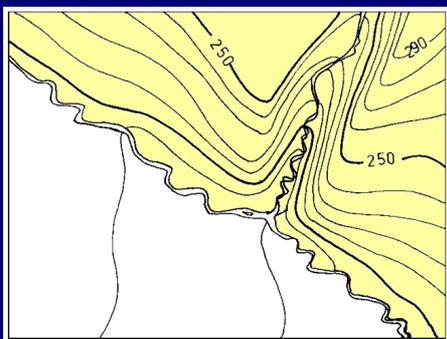
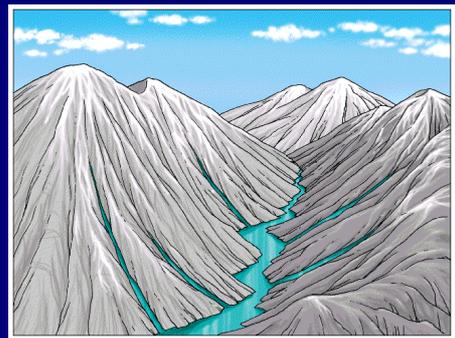
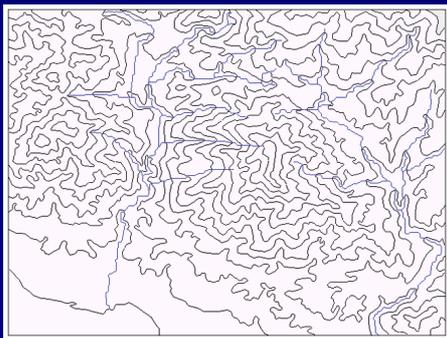
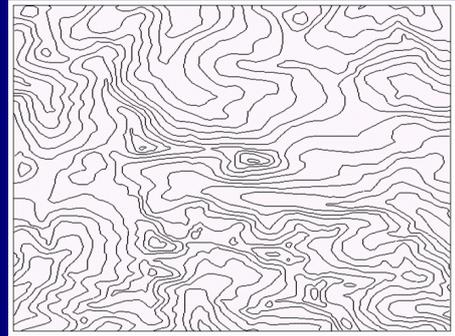
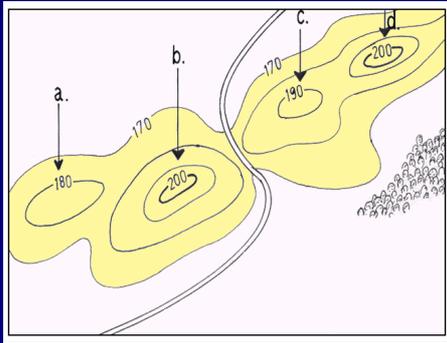
- La dirección que se considera en el cálculo, es la de **máxima pendiente**.
- Se emplea esta convención, por que es la forma más correcta de reproducir en el proceso de interpolación, la lectura habitual de un plano de curvas de nivel.
- Los SIG, realizan este cálculo en varias direcciones, hasta encontrar aquella que arroja la máxima pendiente.

## ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA VALIDACIÓN DE UN MODELO DE TERRENO

- Media de errores y media de errores al cuadrado próximo a cero
- Los valores de error deben ser independientes de su localización en el espacio y no estar autocorrelacionados
- La función de distribución de los errores debe aproximarse a la distribución normal

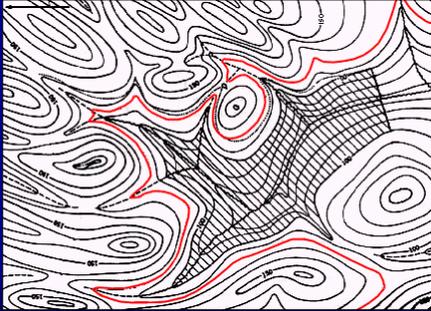
## UNA REVISIÓN A LOS MÉTODOS BÁSICOS DE INTERPOLACIÓN

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	DATOS DE ENTRADA
INTERPOL	Genera una superficie mediante la interpolación de datos puntuales. El procedimiento de interpolación puede ser por medias, medias móviles ponderadas por la distancia o por un modelo potencial.	Datos puntuales
INTERCON	Genera un Modelo Digital del Terreno raster mediante la interpolación de curvas de nivel digitalizadas.	Iso-líneas Curvas de nivel
TIN	Genera una red de triángulos irregulares a partir de contornos o una malla de puntos.	Datos puntuales o lineales
TINSURF	Genera un raster a partir de un TIN.	A partir de un TIN existente
KRIGING ESPACIAL	Primer paso de la geoestadística para la modelación de la variabilidad o continuidad espacial.	Datos de precipitación, temperaturas, presiones, etc.
KRIGING Y SIMULACIÓN	Interpolación de los datos a partir de un modelo estocástico.	Superficie ajustada a un modelo estocástico
THIESSSEN	Construcción de polígonos (llamados Thiessen) a partir de un conjunto inicial de puntos. La construcción se genera mediante la asignación de puntos de control más próximos y representativos dentro de una zona de influencia. De esta forma el espacio se segmenta y representa por este conjunto de puntos.	Datos puntuales
TREND	Calcula las ecuaciones polinómicas de superficies de tendencia lineal, cuadrática y cúbica para datos espaciales, e interpola superficies a partir de estas ecuaciones.	Iso-líneas Datos puntuales



## CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS CURVAS DE NIVEL

Las curvas de nivel no se cruzan



Las curvas de nivel son curvas cerradas. Nunca quedan sin cerrar



Las curvas de nivel son perpendiculares a la dirección de máxima pendiente



## Extracción de Curvas de Nivel

- El modelo digital de elevaciones permite además generar nuevas curvas de nivel, para intervalos menores que las curvas que le dieron origen.
- El proceso se basa en una interpolación lineal entre los valores máximos y mínimos declarados por el usuario (enfoque de Idrisi)
- Las curvas creadas pueden ser generalizadas o no, de modo que se obtenga una visualización cartográficamente correcta.

## Accesibilidad

- La idea en este caso, es modelar el movimiento de un objeto a través de una superficie que ofrece fricción al desplazamiento.
- Este enfoque, se conoce como cálculo de costos de acceso, y se basa en el principio de que un móvil, al desplazarse a través de un píxel, se verá enfrentado a una fuerza que favorece o dificulta su movimiento.
- Se emplean para este análisis las denominadas superficies de fricción o superficies de costos.

## La superficie de fricción

- En estas superficies, cada píxel registra un "peso" proporcional al costo relativo en que incurre el fenómeno modelado cuando pasa a través de un píxel.
- Los pesos, se basan en las características inherentes en el píxel que son estáticas antes del movimiento del fenómeno que está siendo modelado.
- Si modelamos el crecimiento de un incendio, por ejemplo, las características estáticas pueden incluir: la pendiente, la exposición, el contenido de humedad de la vegetación y otras.
- Las unidades de costo pueden ser \$, energía, preferencia o cualquiera.

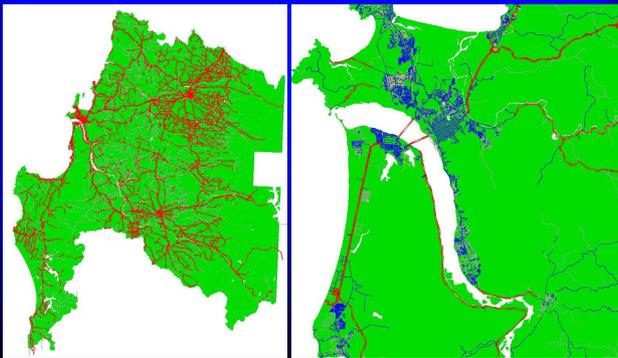
## Un ejemplo: Cálculo de Cobertura

- En Control de Incendios Forestales, es de especial interés, saber cuál es el área de cobertura de las unidades de combate terrestre.
- Esto, dado que los programas de protección, deben hacer un esfuerzo muy grande para atender la mayor cantidad posible de incendios que se inicien en la zona de responsabilidad del programa.
- Los SIG son muy útiles para resolver este problema, en especial a través de la modelación del costo de desplazamiento.

## Pasos

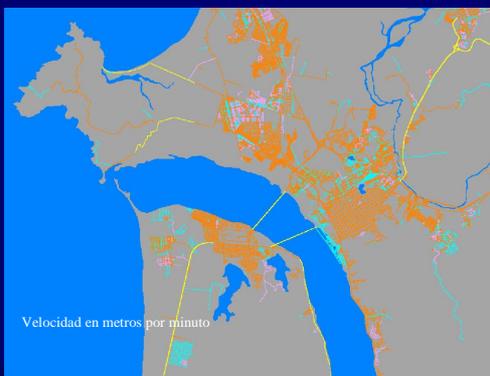
1. Preparar la red caminera
2. Asignar velocidades de desplazamiento, por tipo de camino.
3. Generar la superficie de fricción
4. Obtener coordenadas de localizaciones a evaluar
5. Ejecutar el análisis de cobertura

## Preparar la red caminera



## Asignar las fricciones

Tipo de camino	Velocidad de diseño (km/hr)	Velocidad utilizada (km/hr)
Urbano	60	40
Autopista	115	70
Autorruta	95	70
Carreteras primarias	95	60
Caminos colectores	80	40
Caminos locales	70	30
A pié	--	4



## Generar la Superficie de Fricción

- La superficie de fricción es generada a partir de la asignación a cada pixel de la dificultad (tiempo en este caso) que demora el móvil en atravesarlo, a una velocidad determinada.
- Como se conoce la resolución del raster, el costo (fricción) se obtiene a partir de la ecuación de velocidad ( $V=d/t$ ) donde la incógnita es el tiempo.
- El costo debe ser expresado en términos unitarios, es decir cuanto cuesta desplazarse un metro dentro del pixel;
  - Si el desplazamiento es vertical u horizontal, el costo será: Costo Total = costo \* resolución.
  - Si el desplazamiento es diagonal, el costo será: Costo Total = 1.414\*costo\*resolución.

## Localizaciones a evaluar

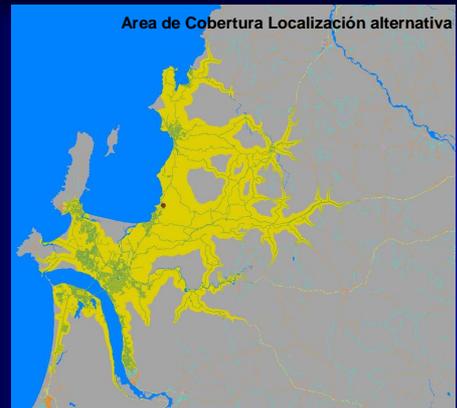
- Se evalúan 39 localizaciones puntuales, que corresponden al mismo número de potenciales localizaciones de brigadas.
- En cada una de ellas, se calcula la cobertura, empleando el módulo de costos de idrisi (COST) para determinar las áreas a las que se llega desde cada punto en un lapso de 38 minutos.



39 localizaciones potenciales distribuidas en la región

## Cálculo de Cobertura

- El análisis de costos, permite determinar los costos (tiempo) acumulados de desplazamiento desde cada localización al resto de la imagen.
- Como se estableció un límite de tiempo, las áreas determinadas corresponden a la cobertura de cada localización para 38 minutos.
- Si no se pone límite, los cálculos se realizan para la totalidad de la imagen.



## Implicancias

- El uso de superficies de fricción posibilita el modelamiento de fenómenos donde existe movimiento a través de una superficie.
- Esto posibilita además:
  - Cálculo de rutas de mínimo costo
  - Modelamiento de Oferta y Demanda (hinterland)
  - Escorrentía y otros.