



# Precipitación (cont.)

**James McPhee**

Departamento de Ingeniería Civil  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Universidad de Chile

# Medición de precipitación

- Medidores sin registro: se miden manualmente en intervalos de tiempo largo ( $t > 1$  día)
  - Estándar ( $P_p$  diaria, semanal o mensual)
  - Almacenamiento ( $P_p$  estacional)
- Medidores con registro: colecta datos automáticamente a intervalos cortos (minutos)
  - Pluviógrafo de balanza
  - Pluviógrafo de flotador
  - Pluviógrafo de cubeta basculante

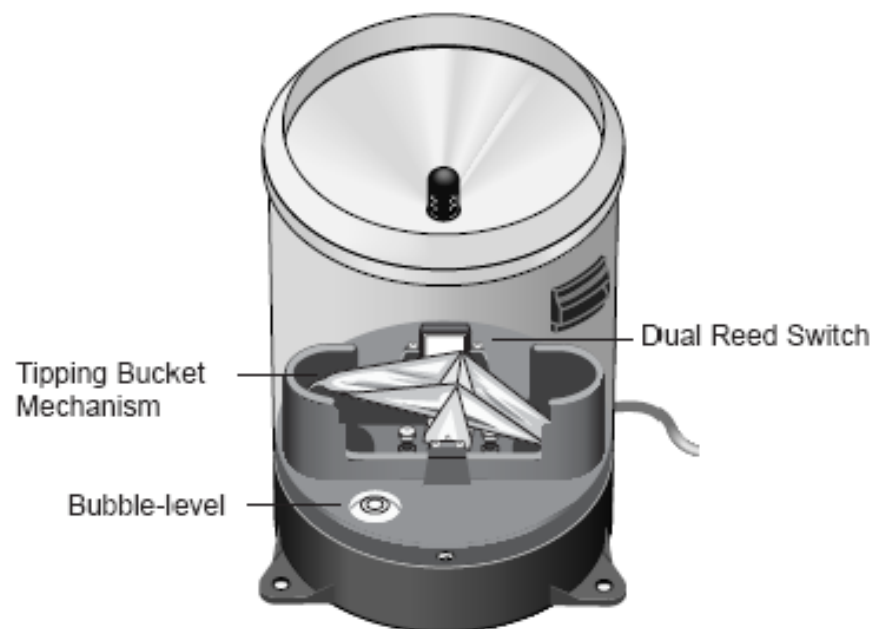


**fcfm**

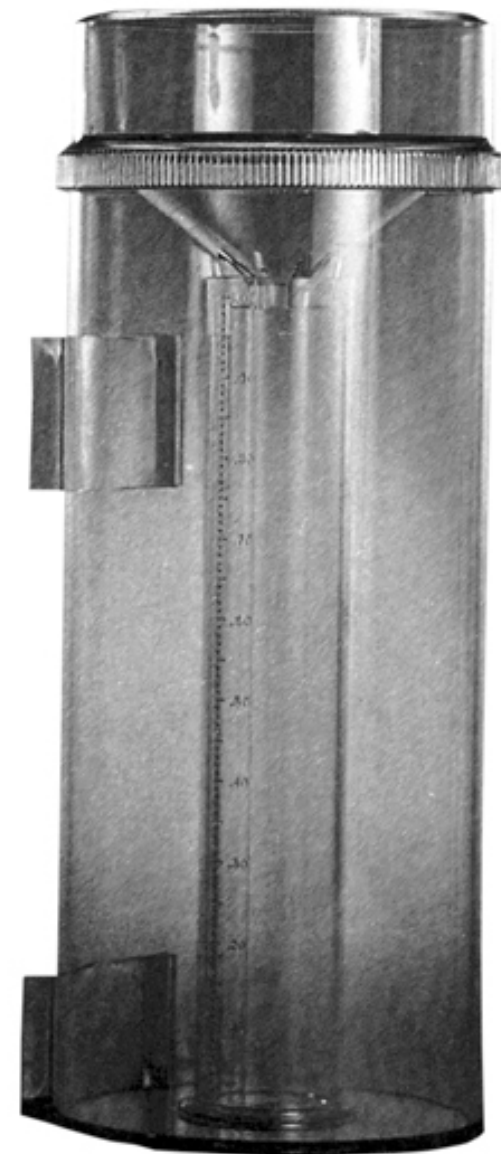
Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente





*Transparent view of TB4 shows  
tipping bucket mechanism*



<http://www.geology.buffalo.edu/courses/gly313/Lecture/2TIPBUK.HTM>



**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente

# Fuentes de error

- Ubicación estaciones
  - Efecto “sombra” ejercido por árboles y topografía
- Viento
- Congelamiento



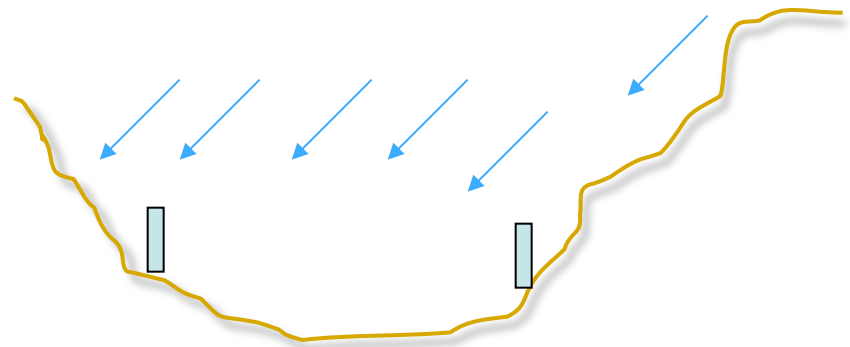
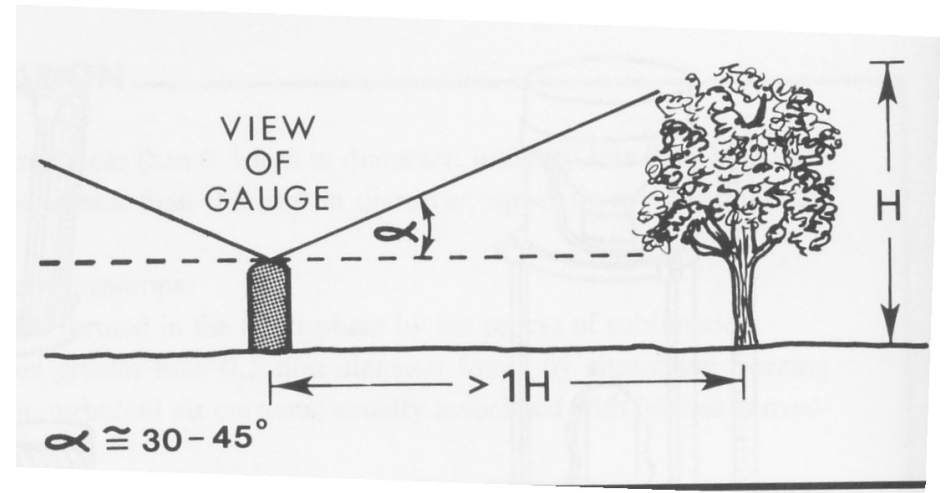
**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente

# Intalación y ubicación de pluviómetros

- Operación y mantenimiento
- Factores climáticos
- Representatividad
- Tipo de observador
- Objetivo de los datos





# Representatividad de las mediciones

- Densidad de estaciones
- Tipo de precipitación
- Forma de la precipitación
- Efecto topográfico
- Efecto vegetación

En áreas agrícolas (Holtan, 1962):

Area (Km <sup>2</sup> )	Mínimo
0-0,12	1
0,12-0,4	2
0,4-0,8	3
0,8-2	1 c/0,4 Km <sup>2</sup>
2-10	1 c/1 Km <sup>2</sup>
10-20	1 c/2,59 Km <sup>2</sup>
>20	1 c/7,8 Km <sup>2</sup>



**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente

# Representatividad de las mediciones

- Densidad Mínima (Gray, 1979; WMO, 1981)
  - Regiones Planas de Zonas Templadas, mediterráneas y tropicales: 600 a 900 Km<sup>2</sup> por estación
  - Regiones Montañosas de Zonas Templadas, mediterráneas y tropicales: 100 a 250 Km<sup>2</sup> por est.
  - Islas montañosas pequeñas con precipitación irregular: 25 Km<sup>2</sup> por est.
  - Zonas Áridas y Polares: 1.500 a 10.000 Km<sup>2</sup> por estación



**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente



# Representatividad de las mediciones



Fuente: Trimble & Ward, Environmental Hydrology



**fcfm**

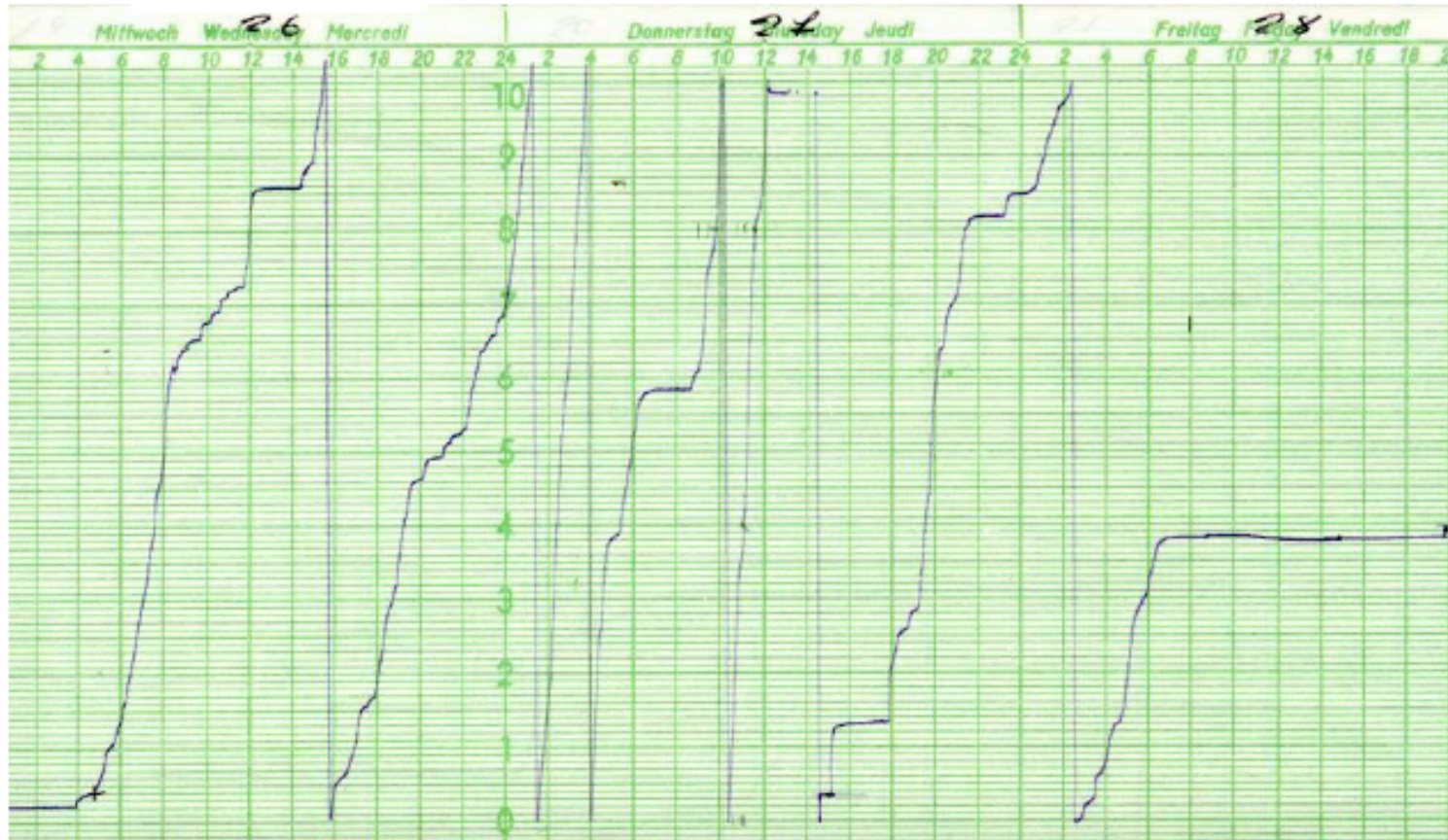
Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente

# Representatividad de las mediciones

- Ejemplo: en una cuenca de  $1050 \text{ mi}^2$  existen 7 estaciones pluviométricas. El promedio ponderado de las mediciones durante una tormenta es de 4 plg ¿cuál es el error estándar? ¿qué significa esto?

## Ejemplo de pluviograma de Concepción.

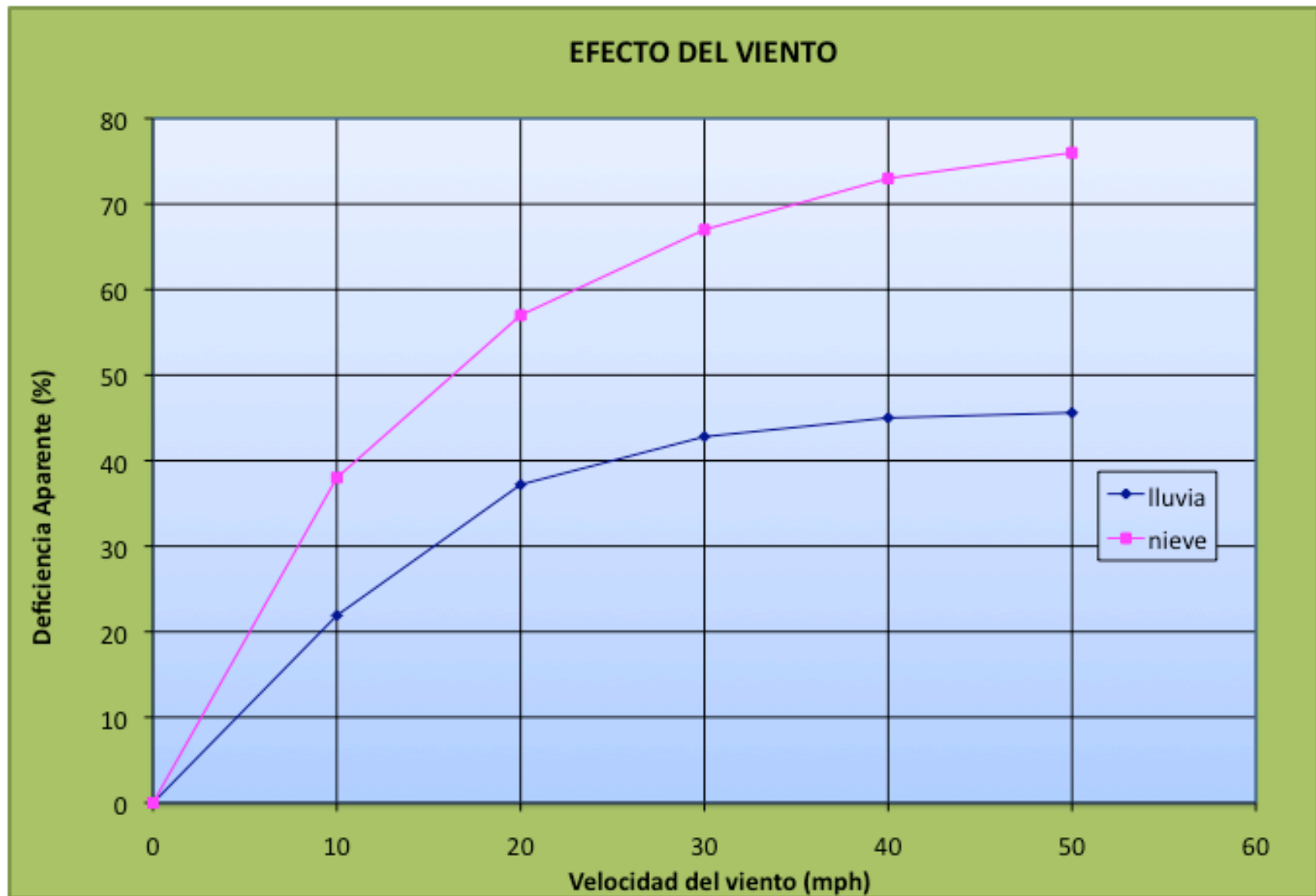




## EFFECTO DEL VIENTO

Altura sobre suelo (m)	Altura de agua captada Altura de agua caída (%)
0	100
1	97.5
2	95
5	90
13	75
25	64
70	58







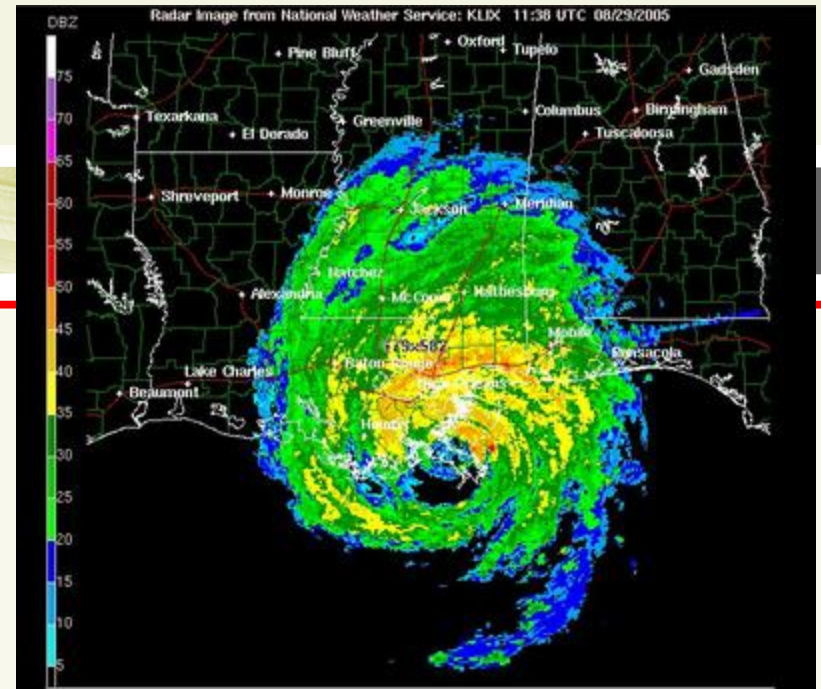
**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Radares



North American Weather Consultants, Inc.



**fcfm**

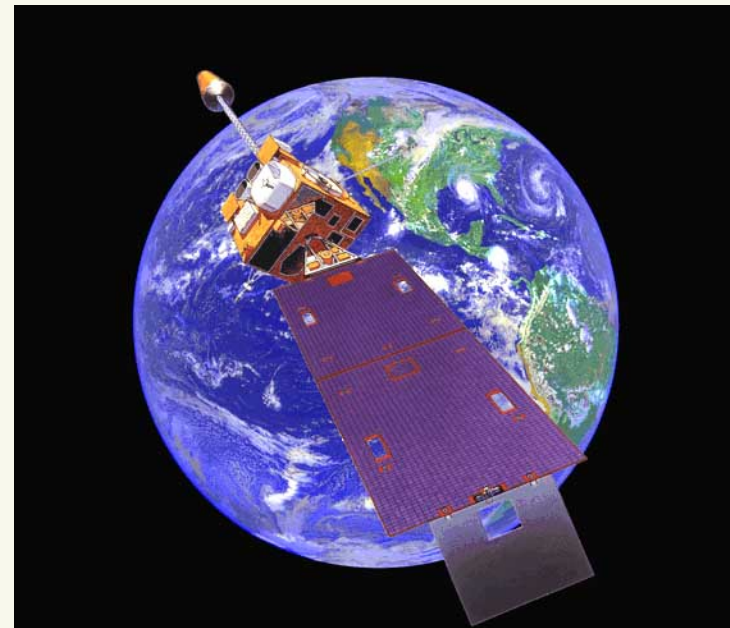
Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE





# Otras plataformas

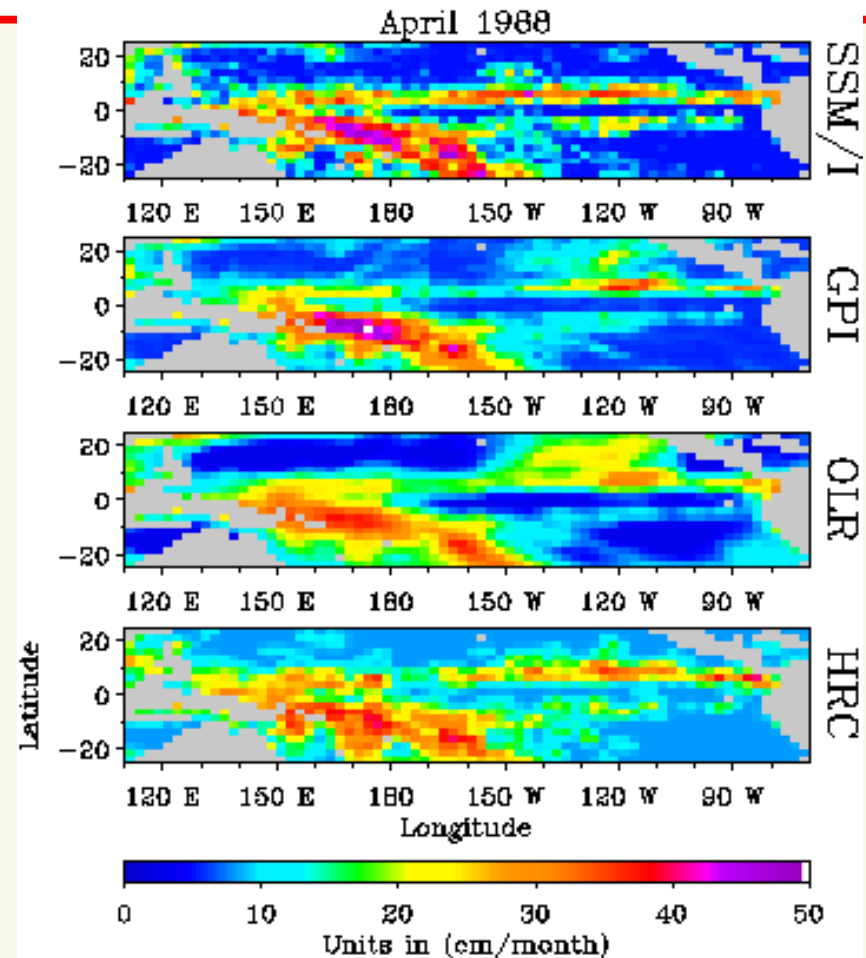
- Satelites
  - Geoestacionarios (VIS/IR)
  - Orbita polar (Microondas)





# Satelites

- Permiten estimaciones de precipitación sobre áreas extensas
- Grandes incertidumbres en la estimación debido a naturaleza del algoritmo de estimación



# Precipitación en un punto

- Tipicamente datos en estaciones meteorológicas ubicadas en lugares distintos al necesario
- También a veces necesario para rellenar datos faltantes en una estación

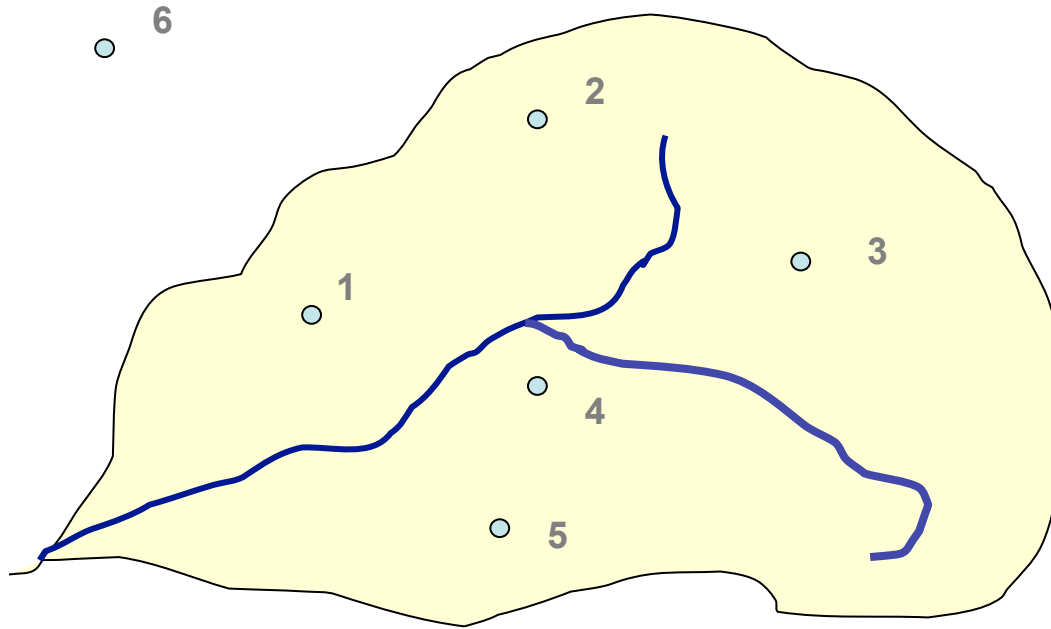
# Precipitación media sobre una cuenca

- Promedio aritmético simple
  - Si estaciones uniformemente distribuidas
- Polígonos de Thiessen
  - Si estaciones no uniformemente distribuidas
  - Si efectos orográficos no importantes
- Mapa de Isoyetas
  - Si efectos orográficos importantes



**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum P_i$$

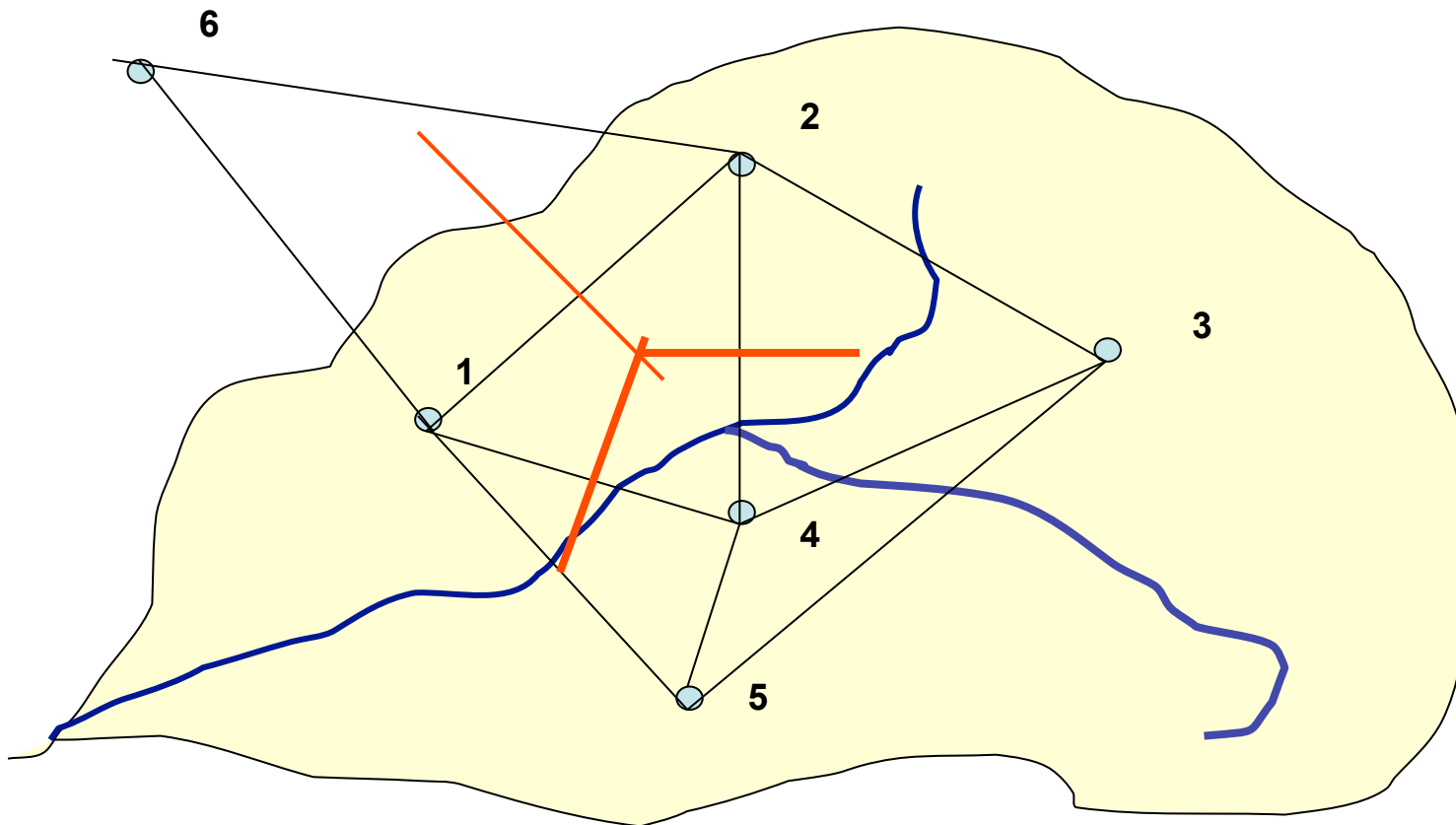
## Promedio aritmético

Confiable cuando existen suficientes estaciones



**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



## Polígonos de Thiessen

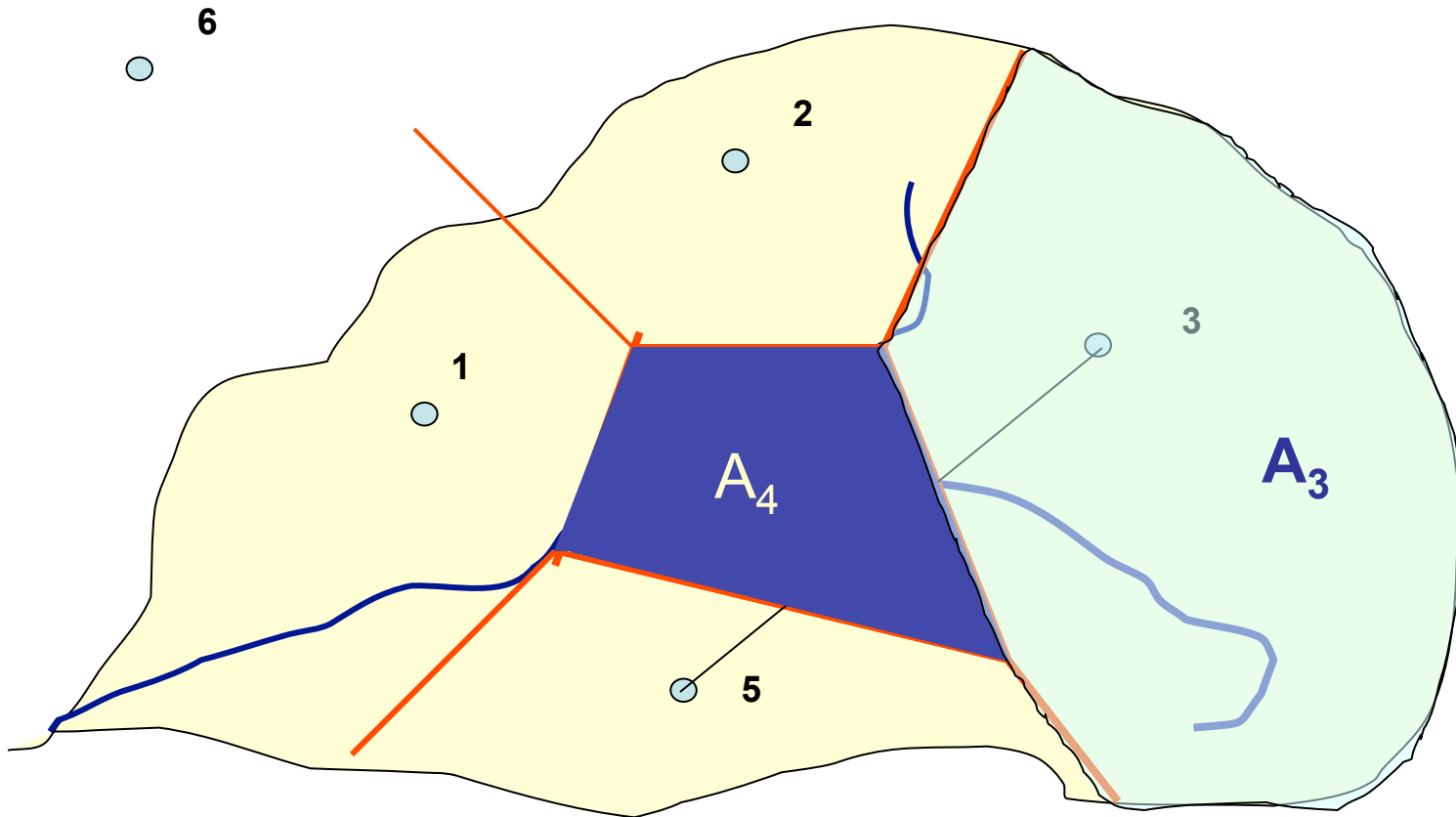
Asigna sub-areas representativas de acuerdo a triangulación de *Delaunay*



**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE





## Polígonos de Thiessen

Resultado final no depende de criterio de la persona que hace el análisis

$$\bar{P} = \frac{\sum P_i A_i}{\sum A_i}$$



**fcfm**

Ingeniería Civil  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

