



fcfm
Ingeniería
UNIVERSIDAD DE CHILE

CI41-C

Precipitación

James McPhee

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

Contenidos

- Definiciones
- Origen
- Medición de datos pluviométricos
- Estimación de datos faltantes
- Presentación y análisis de datos



Contenidos

- **Definiciones**
- Origen
- Medición de datos pluviométricos
- Estimación de datos faltantes
- Presentación y análisis de datos

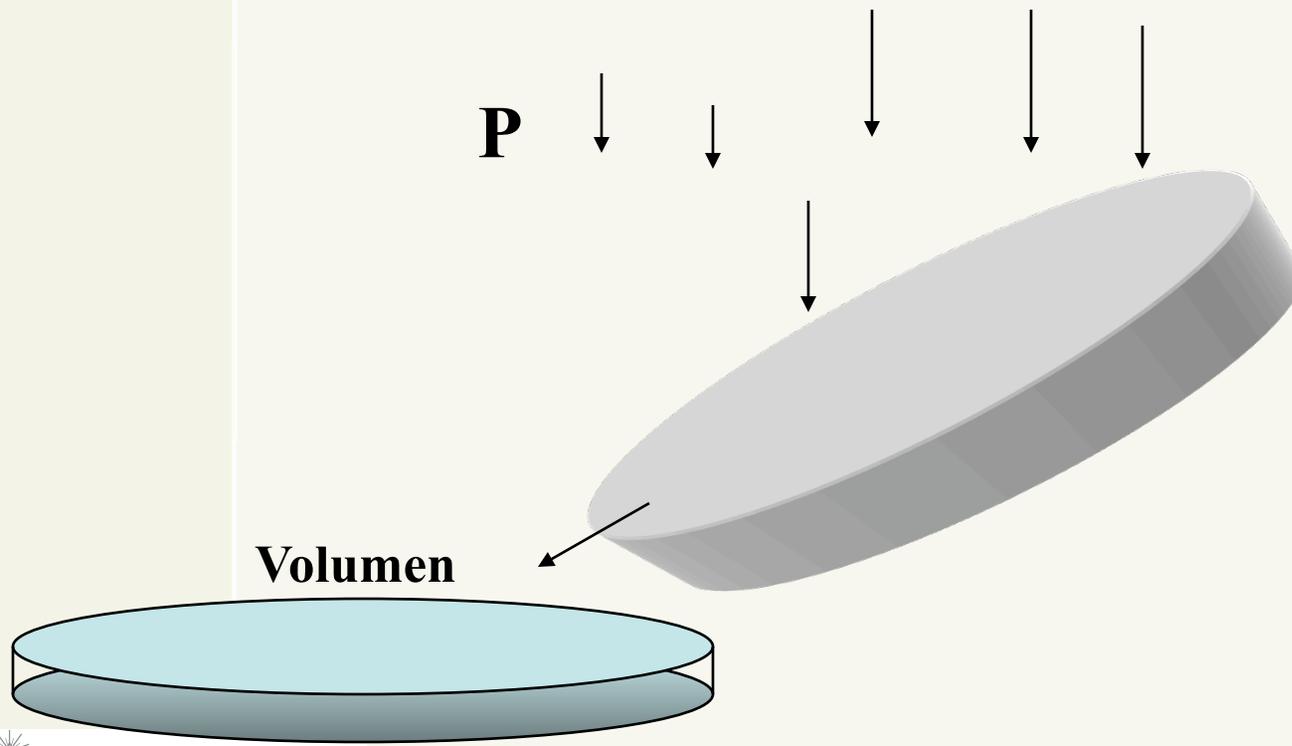


Definiciones

- Precipitación: aguas meteóricas que provienen de la humedad atmosférica y que caen sobre la superficie de la tierra. Incluye: lluvia, granizos, nieve y rocío (vapor condensado directamente sobre superficies frías).
- Antes de caer al suelo: METEOROLOGÍA
- Después de caer al suelo: HIDROLOGÍA

Definiciones

- Unidad básica: profundidad de lámina de agua
 - SI -> 1 mm.
 - USA -> 1 plg.

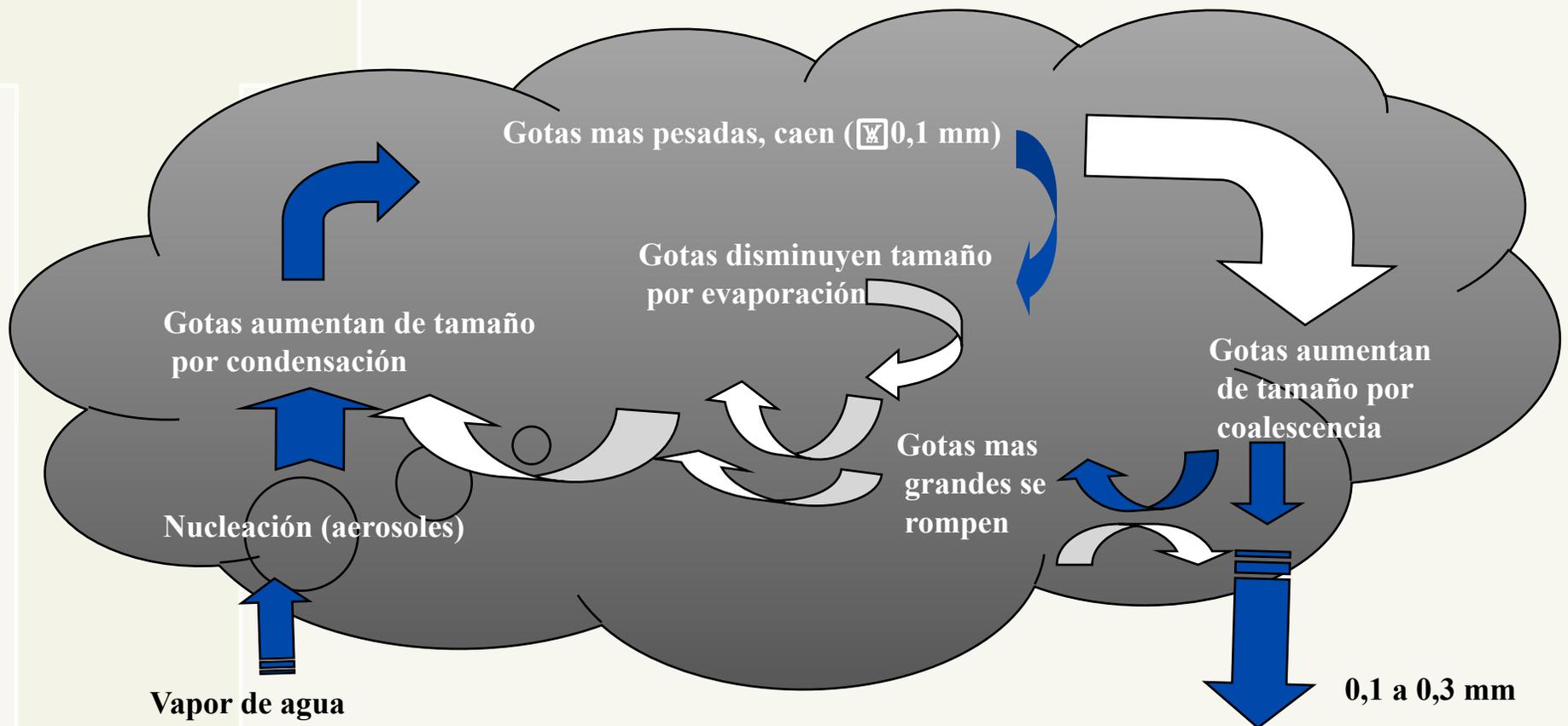


Contenidos

- Definiciones
- **Origen**
- Medición de datos pluviométricos
- Estimación de datos faltantes
- Presentación y análisis de datos



Origen: mecanismo de formación de gotas



Condensación

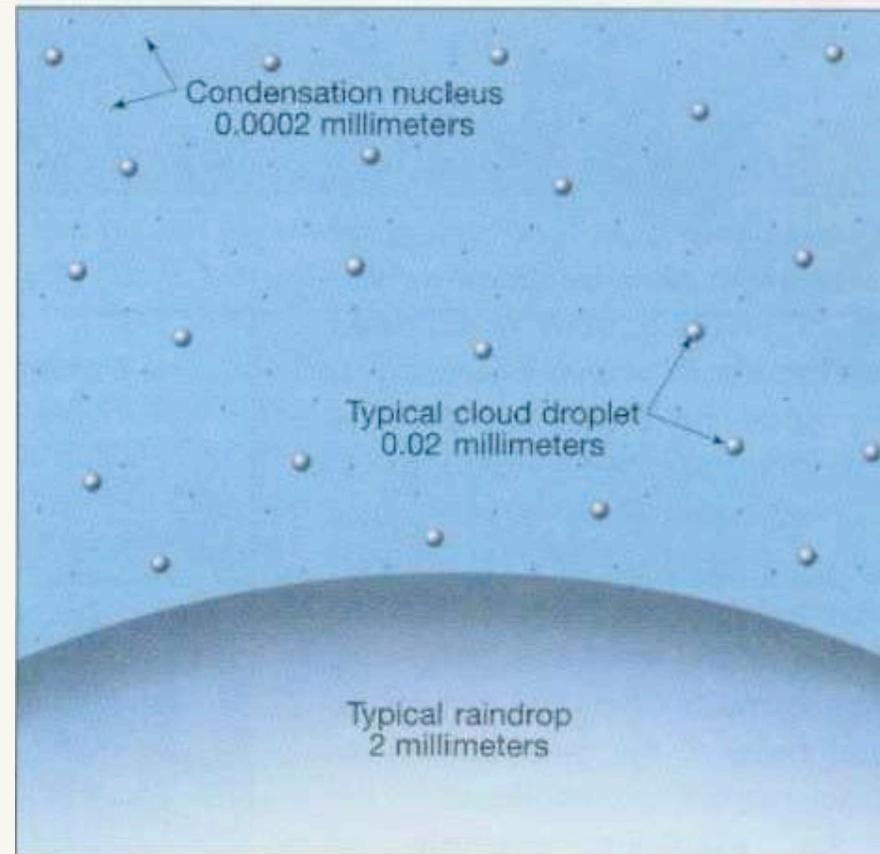
- Presión de vapor (p_v): Capacidad del aire para contener *vapor de agua*
- *Teoría de Bergeron:*
 - Si nube tiene mezcla de cristales de hielo y gotas de agua, éstas tenderán a evaporarse. Simultáneamente habrá condensación en torno a partículas de hielo ($p_{\text{vhielo}} < p_{\text{vagua}}$) y el aire húmedo en la nube tendrá una presión de vapor p_v intermedia.

Condensación

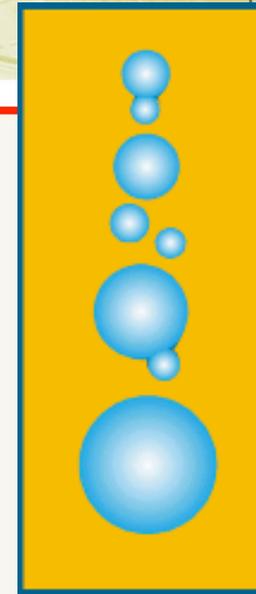
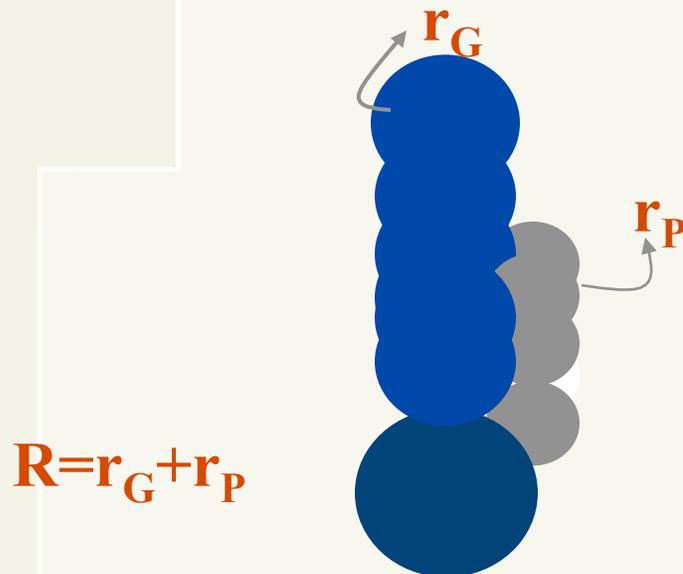
- Cuando existe diferencia de temperaturas en las gotas o núcleos (regiones más cálidas), la p_v del aire húmedo de la nube es intermedia entre la presión de saturación de las gotas más calientes y más frías lo que produce la **condensación neta** del vapor de agua sobre las gotas más frías. Las lluvias que se producen en este caso son **lluvias más finas**.
- Otros autores indican que el papel de las gotas frías lo tendrían pequeñas partículas de **cloruro de sodio** provenientes de la evaporación del agua de mar, ya que la presión saturante sobre éstas es menor que la de las gotas de agua y por lo tanto se produce **condensación sobre ellas**.

Coalescencia

- atracción electrostática
- efectos de inducción por campo magnético terrestre
- atracción hidrodinámica
- microturbulencia o un mecanismo de colisión
- arrastre de otras partículas de agua que caen



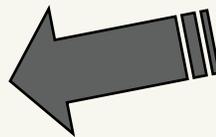
Coalescencia: eficiencia de colección



$$E = R^2 / r_G^2$$

máx. eficiencia $r_P / r_G > 0,6$

$$E = 0$$



r_G pequeño ($< 20\text{mm}$) y $r_P / r_G < 0,3$
 $r_G \sim r_P < 30\text{mm}$

propiedades microfísicas

Distribución de Partículas entre $(d, d+Dd)$

$$N(d) = N_0 e^{-cd}$$

$$c = 1/d_{50}$$

Equivalente en agua por unidad de volumen

$$x(d) = \rho_a N(d) \pi \frac{d^3}{6}$$

Tasa de masa de precipitación

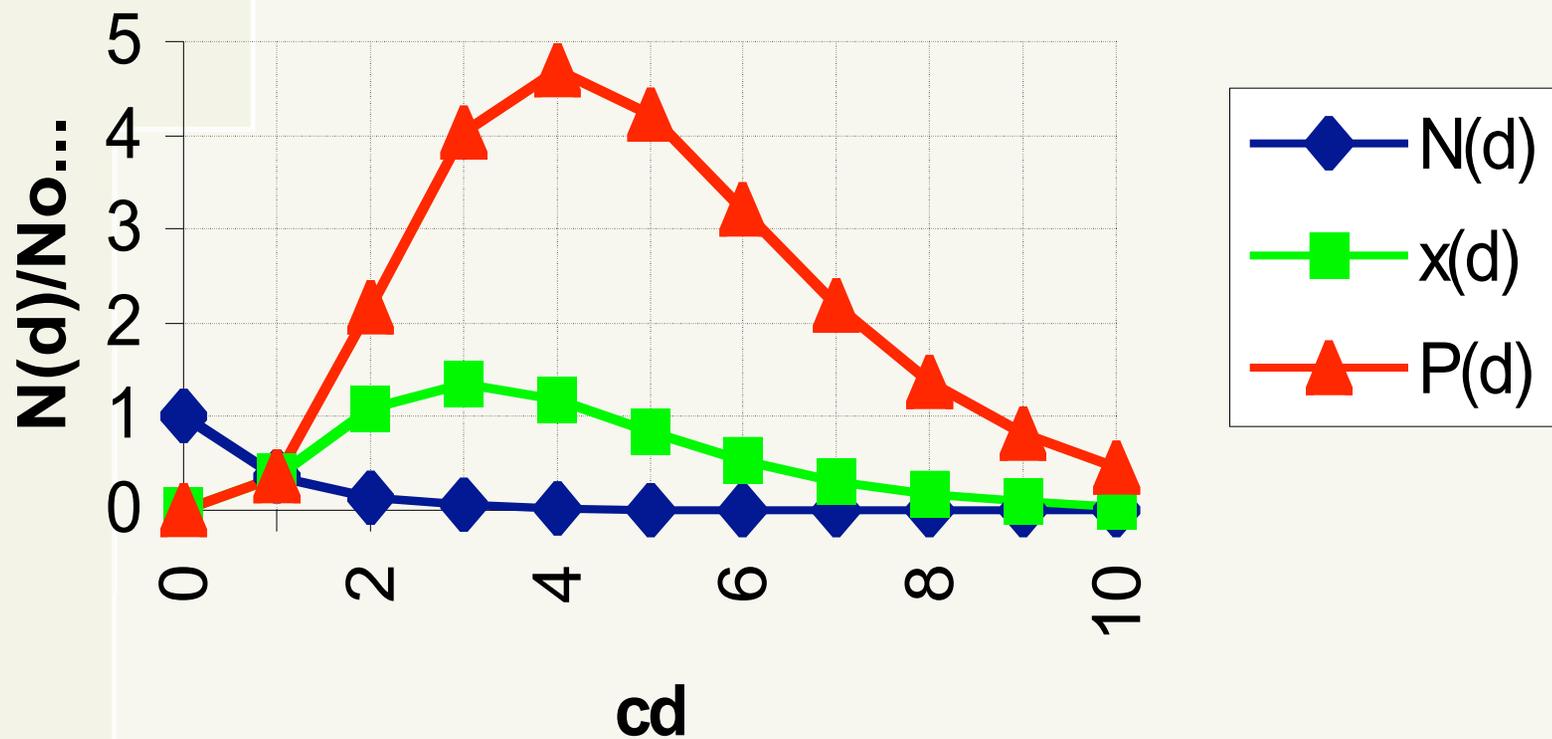
$$P(d) = \rho_a N(d) \pi \frac{d^3}{6} [v_T(d) - v]$$

Hipótesis: $v_T(d) = ad$

propiedades microfísicas

- La distribución anterior se denomina distribución de Marshall-Palmer, y es una correcta aproximación a datos empíricos
- Puede ser útil para caracterizar eventos de lluvia cuando se tiene una aproximación del tamaño de las gotas

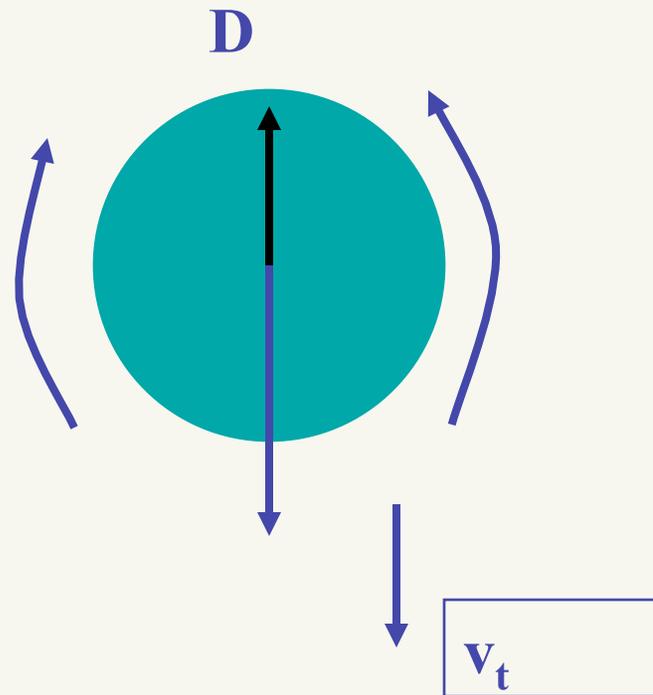
propiedades microfísicas



propiedades microfísicas

- Para iniciar su caída, las gotas deben ser capaces de vencer la resistencia del viento predominante dentro de la nube.
- Típicamente éste es ascendente.
- La velocidad terminal de las partículas depende de su diámetro.

propiedades microfísicas

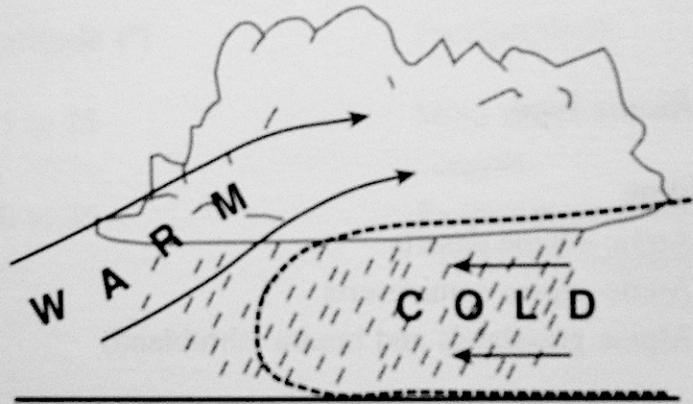


resumen

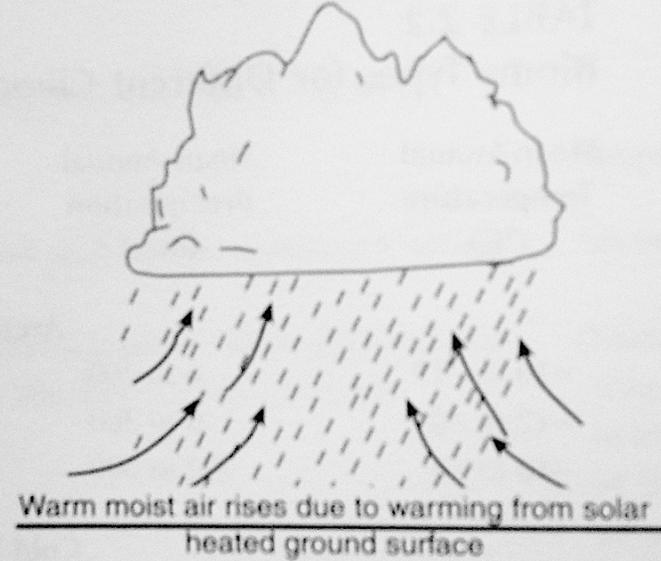
Tipo PP	i (mm/hr)	D medio (mm)	$v_T(D \text{ medio})$ (m/s)
rocío			
escarcha			
chubasco (neblina o garúa)			
Lluvia Ligera	1-5	0,45	2,0
Lluvia fuerte	15-20	1,5	5,5
nieve			
granizo		5	
Tempestad	100	3,0	8,0

tipos de precipitación

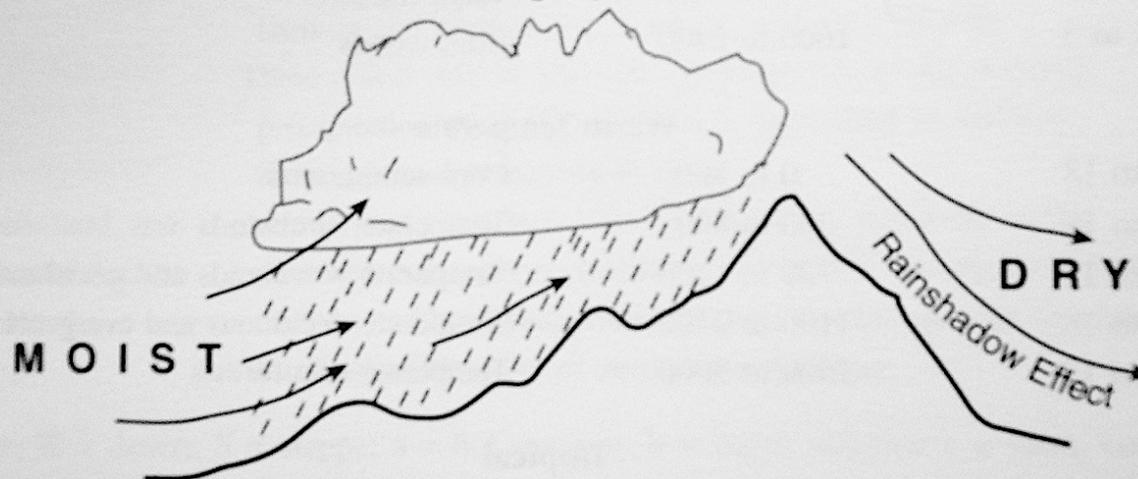
Frontal



Convective



Orographic



tipos de precipitación

- Dado que los frentes fríos se mueven más rápidamente que los frentes calientes, las masas de aire caliente ascienden también más rápido lo que origina precipitaciones de mayor intensidad en el caso del frente frío.
- Las precipitaciones ciclónicas también se asocian a zonas de baja presión cuando no existen movimientos frontales.

Contenidos

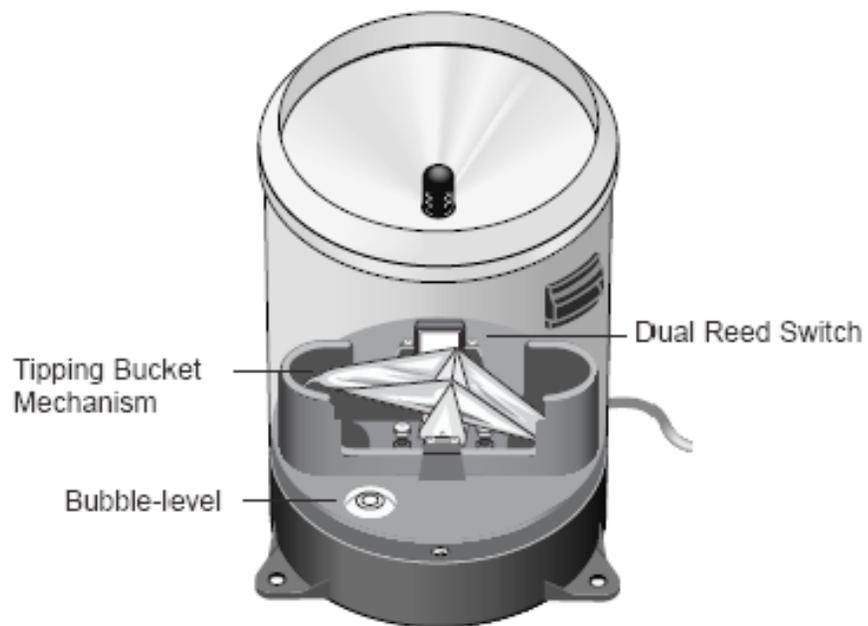
- Definiciones
- Origen
- **Medición de datos pluviométricos**
- Estimación de datos faltantes
- Presentación y análisis de datos



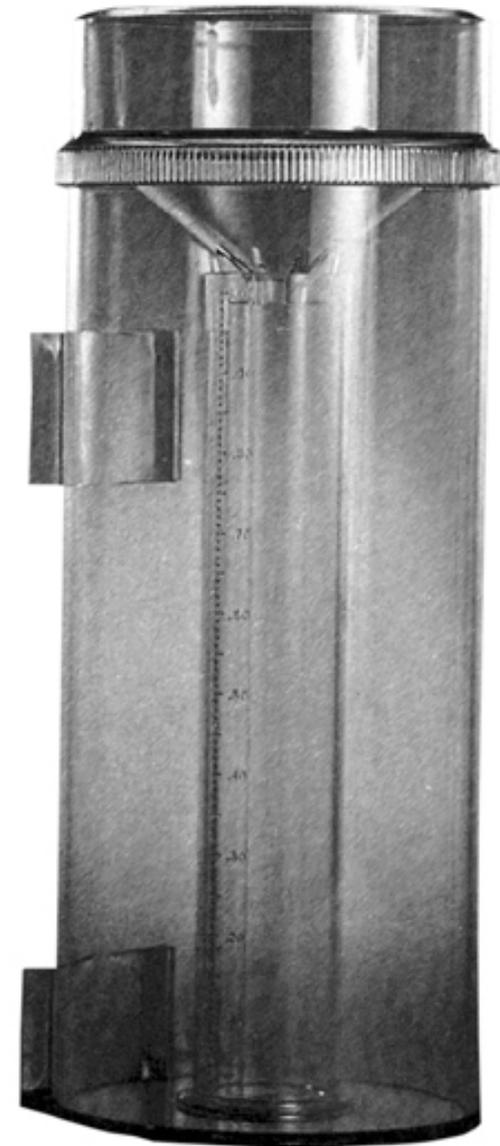
Medición de precipitación

- 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





Transparent view of TB4 shows tipping bucket mechanism



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



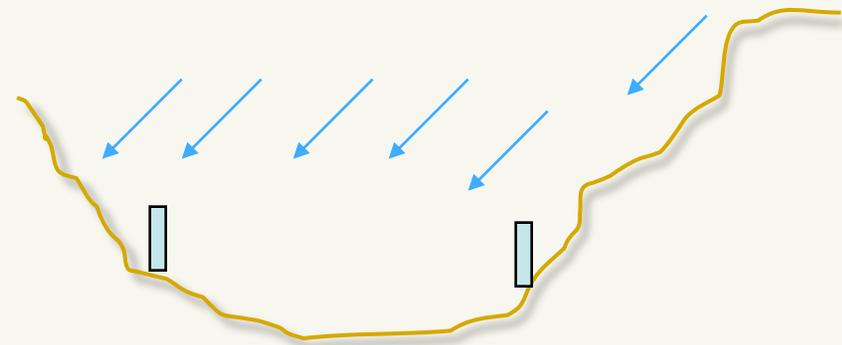
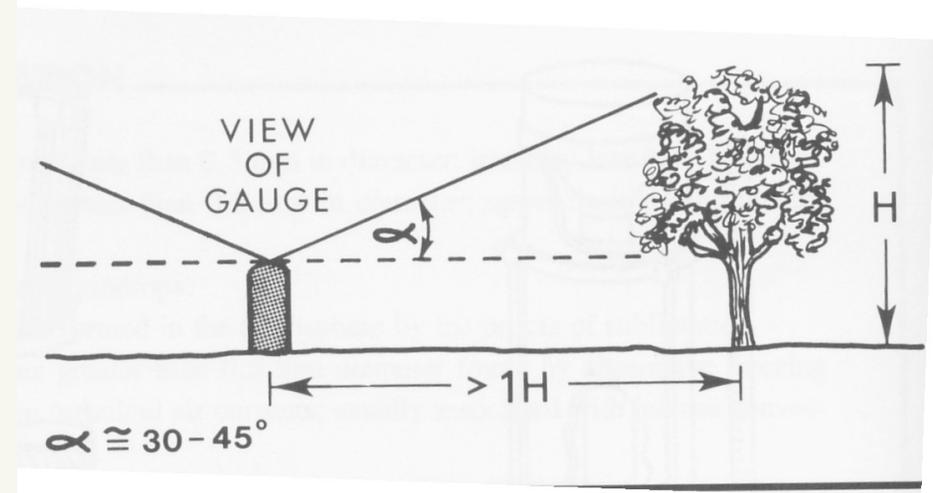
fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

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

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

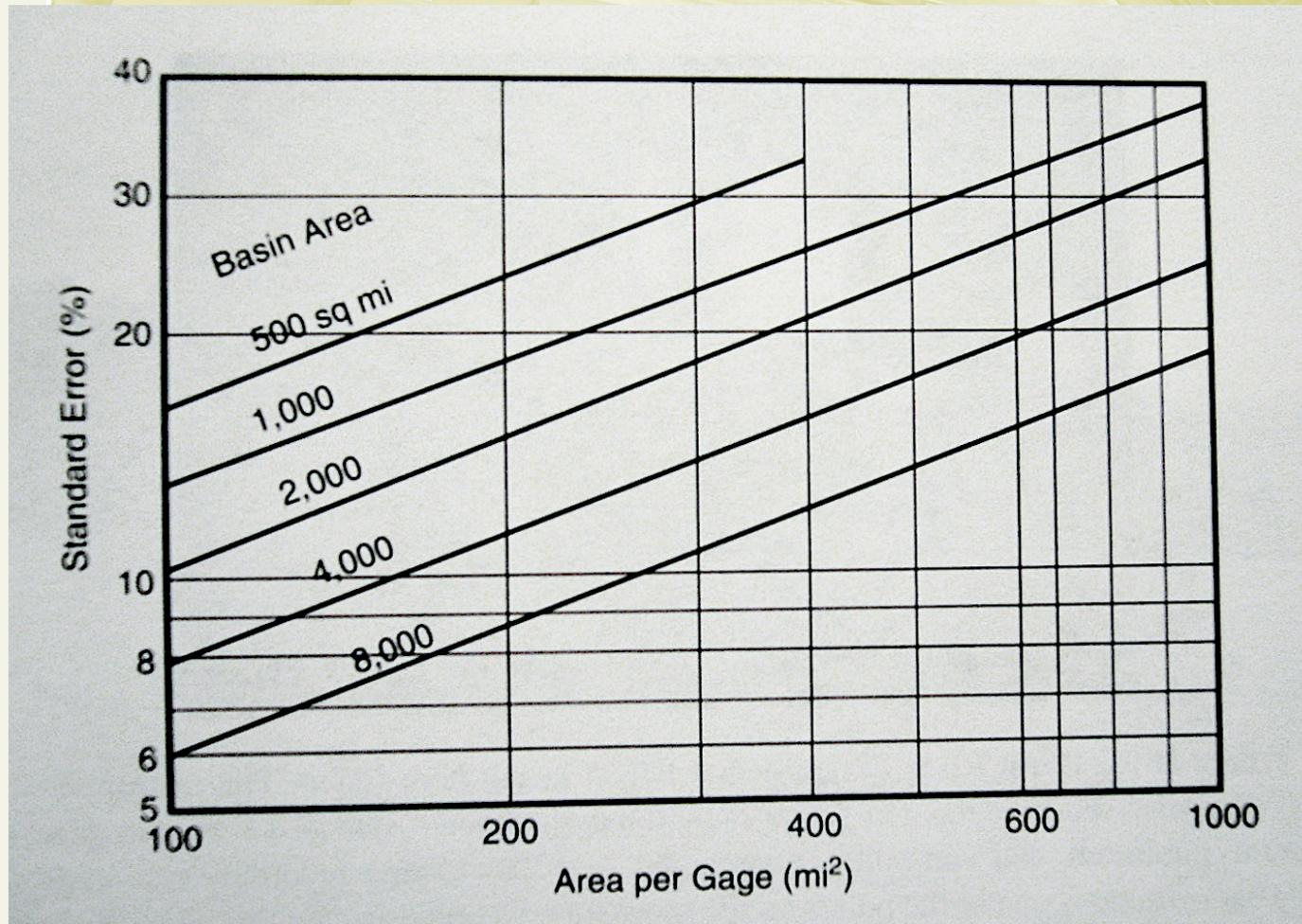
En áreas agrícolas (Holtan, 1962):

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

Representatividad de las mediciones

- Densidad Mínima (Gray, 1979; WMO, 1981)
 - Regiones Planas de Zonas Templadas, mediterráneas y tropicales: 600 a 900 Km² por estación
 - Regiones Montañosas de Zonas Templadas, mediterráneas y tropicales: 100 a 250 Km² por est.
 - Islas montañosas pequeñas con precipitación irregular: 25 Km² por est.
 - Zonas Áridas y Polares: 1.500 a 10.000 Km² por estación

Representatividad de las mediciones

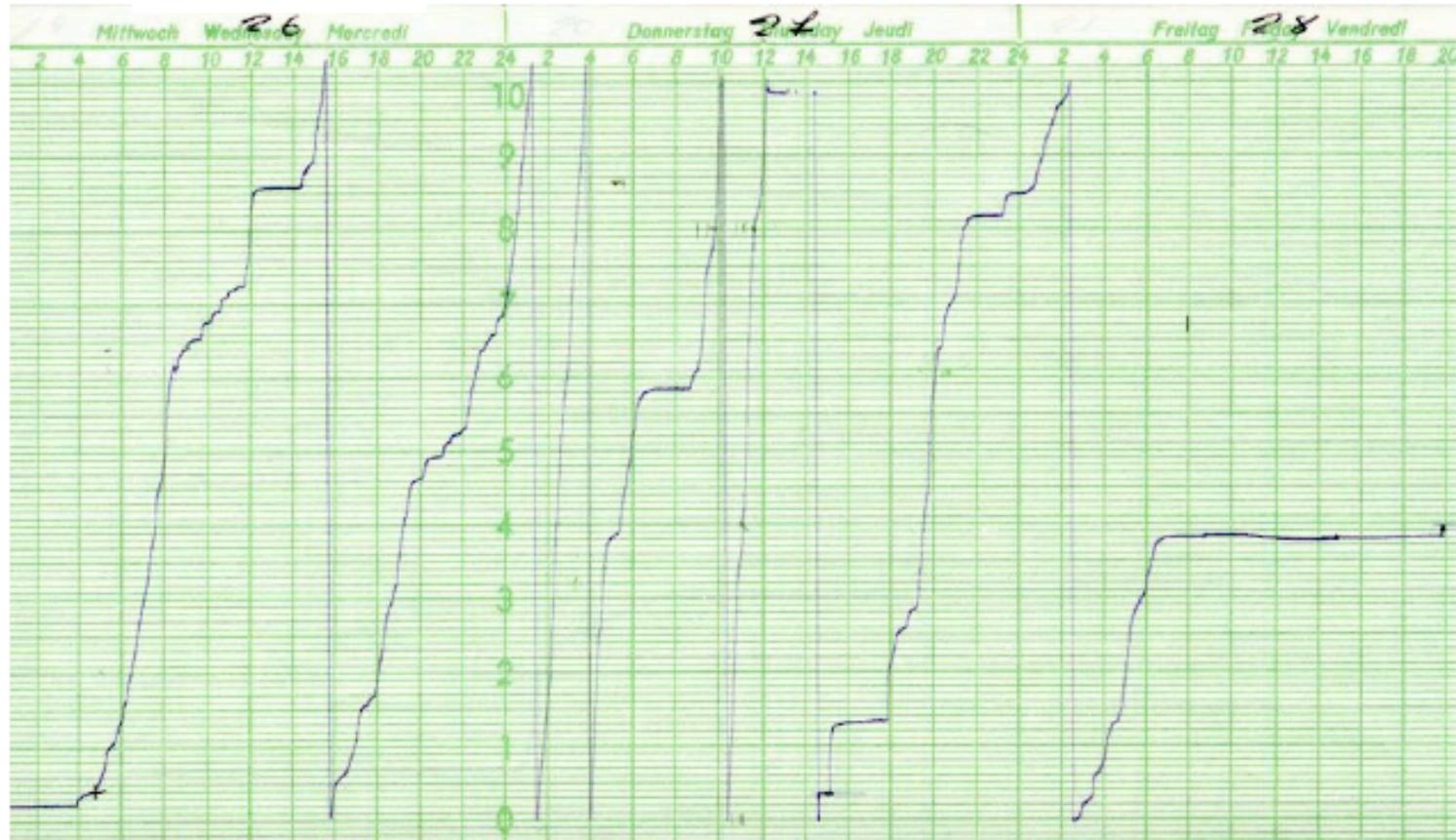


Fuente: Trimble & Ward, Environmental Hydrology

Representatividad de las mediciones

- Ejemplo: en una cuenca de 1050 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.



Fuentes de error

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

EFEECTO 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

