



# HUMEDAD ATMOSFÉRICA

# Humedad atmosférica

Cantidad de vapor de agua que contiene el aire; es la fuente de precipitaciones; influye en los procesos de evapotranspiración y derretimiento de nieves.

1. Propiedades
2. Maneras de expresar la humedad atmosférica
3. Instrumentos de medición
4. Factores que determinan la variabilidad de la humedad

# Humedad atmosférica

Cantidad de vapor de agua que contiene el aire; es la fuente de precipitaciones; influye en los procesos de evapotranspiración y derretimiento de nieves.

1. Propiedades
2. Maneras de expresar la humedad atmosférica
3. Instrumentos de medición
4. Factores que determinan la variabilidad de la humedad

# Propiedades

1. Presión de Vapor
3. Calor de Condensación y de evaporación
5. Densidad del aire seco y aire húmedo



# Presión de Vapor

- Presión parcial ejercida por las moléculas de vapor de agua.

$$e = p_h - p_s$$

- Donde:  $p_h$  : Presión aire húmedo  
 $p_s$  : Presión aire seco



- Presión de vapor saturado( $e_s$ ):

Un determinado volumen de aire a temperatura  $T$  puede absorber una máxima cantidad de vapor de agua (pto. de saturación)

$$e_s = 611e^{\frac{17,27T}{237,3+T}}$$

$T^\circ$  en  $^\circ\text{C}$

$e_s$  en Pa.



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

1mb=1hPa=100Pa    1 atm=1013mb



$$P_{sat} \approx \gamma \cdot \left( \frac{T \cdot \alpha}{T + \beta} \right) \quad (3)$$

Donde:

$$\gamma = 6.1078 \cdot 10^2$$

$$si \ T > 0 \rightarrow \begin{cases} \alpha = 7.5 \\ \beta = 237.3 \end{cases}$$

$$si \ T < 0 \rightarrow \begin{cases} \alpha = 9.5 \\ \beta = 265.5 \end{cases}$$

NOTA: existen distintas aproximaciones a  $e_s$ , dependiendo del autor, sistema de unidades, etc.

## Humedad de saturación del vapor de agua en el aire

Temperatura °C	Saturación $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$
- 20	0.89
-10	2.16
0	4.85
10	9.40
20	17.30
30	30.37
40	51.17





# Calor de Condensación y de Vaporización

Vapor  $\longrightarrow$  Líquido  
**Condensación**



600 cal/ gr ( de agua  
condensada)

Líquido  $\longrightarrow$  Vapor  
**Evaporación**



600 cal/gr (de agua  
evaporada)



**fcjm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE GRANADA

$$L_e = -L_c = 597 - 0,57T \quad \text{para } T \text{ en } ^\circ\text{C}$$

# Densidad del Aire Seco y del aire Húmedo

- Densidad aire seco:

$$\rho_s = \frac{p_s}{R_s \cdot T}$$

Donde:  $p_s$  : Presión

$R_s$  : Constante de los gases para  
aire seco

$T$  : Temperatura absoluta °K



- Para el vapor de agua:

$$e = \rho_v R_v T$$

$$R_v = \frac{R_o}{M_v} = \frac{M}{M_v} R_s$$

$R_o$ : Cte. Universal de los gases 1,9857cal/(mol°K)

$R_v$ : cte de los gases para el vapor

$M_v$ : peso molecular del vapor de agua

$M$ : peso molecular del aire seco

$R_s$ : cte. gas aire seco (2,876\*10<sup>6</sup> cm<sup>2</sup>/(s<sup>2</sup>°K))



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

$$e = \frac{M}{M_v} \rho_v R_s T = 1,61 \rho_v R_s T$$

$$\rho_v = 0,622 \frac{e}{R_s \cdot T}$$

Densidad del aire húmedo o humedad absoluta de la atmósfera



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Densidad de la mezcla de aire seco y vapor de agua

$$\rho_m = \rho_s + \rho_v = \left(1 - 0.378 \frac{e}{P}\right) \frac{P}{R_s T}$$

P: presión de aire seco-e=P<sub>h</sub>(mb)

e:presión de vapor(mb)

Rs: ctte de gases para aire seco

T: temperatura en °K

⇒⇒

**El aire húmedo es menos denso que el aire seco a igual temperatura y presión**



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Humedad atmosférica

Cantidad de vapor de agua que contiene el aire; es la fuente de precipitaciones; influye en los procesos de evapotranspiración y derretimiento de nieves.

1. Propiedades
2. Maneras de expresar la humedad atmosférica
3. Instrumentos de medición
4. Factores que determinan la variabilidad de la humedad



## HUMEDAD ESPECÍFICA:

- Masa de vapor de agua que existe por unidad de masa total de aire húmedo.

$$h_e = \frac{\rho_v}{\rho_m} = \frac{0,622e}{P - 0,378e} \approx 0,622 \cdot \frac{e}{P}$$

Donde:       $e$  : Presión de vapor del aire en mb.

$P$ : Presión total del aire en mb.



## HUMEDAD ABSOLUTA:

$$h_a = 217 \cdot \frac{e}{T}$$

Donde:  $h_a$  : Humedad absoluta del aire en  
(gr/m<sup>3</sup>)

$e$  : Presión de vapor del aire en mb.

$T$  : temperatura del aire en °K.





## — HUMEDAD RELATIVA

Relación entre la humedad existente con respecto a la humedad máxima que puede tener una cantidad de volumen de aire a la misma temperatura.

$$h_r = \frac{e}{e_s} \cdot 100\%$$

Donde:       $e$  : presión de vapor actual.

$e_s$ : presión de saturación.



## PRESIÓN DE VAPOR:

$$e = e_s - 0,66 \cdot 10^{-3} \cdot p_a (t - t_w) \cdot (1 + 1,146 \cdot 10^{-3} \cdot t_w)$$

Donde:

$e$  : Presión de vapor en milibares .

$e_s$  : Presión de saturación del aire a temperatura  $t$ .

$p_a$  : presión total del aire en mb.

$t$  : temperatura registrada con un termómetro de bulbo seco.

$t_w$  : Temperatura registrada con un termómetro de bulbo húmedo.

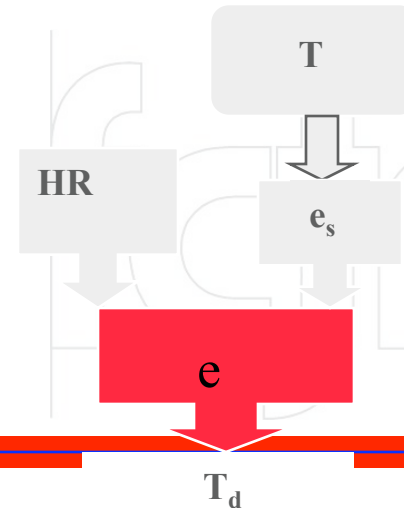
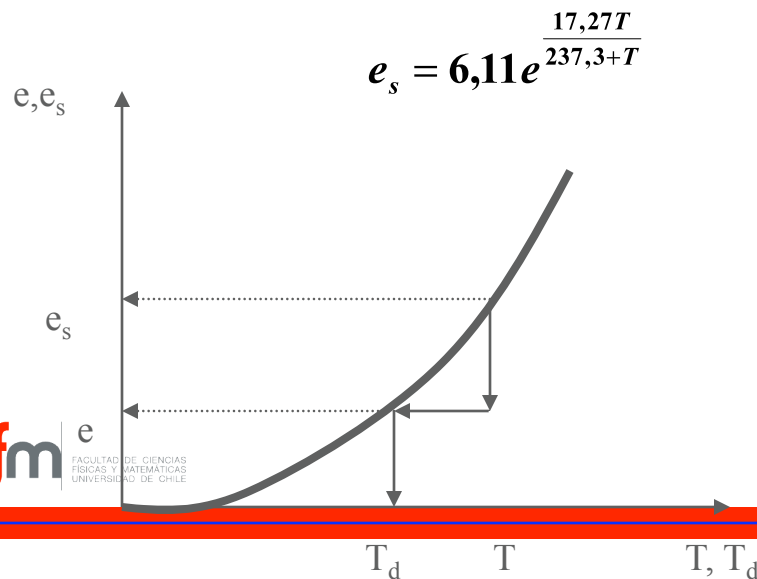


**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO:

- Temperatura a la cual debe enfriarse una masa de aire húmedo, para que ésta se sature a la misma presión y contenido de agua inicial que tenía.



## ALTURA DE AGUA CONDENSABLE O PRECIPITABLE :

Lámina de agua ( uniforme) que se forma en la superficie producto de la condensación del vapor de agua de la columna de aire húmedo.



**fcfm**

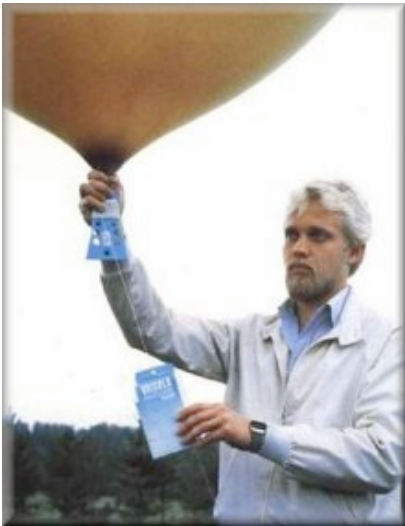
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

- Cálculo de masa (dm) de vapor de agua sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup> dado un incremento dz:

$$dm = h_a \cdot dz$$

$$h_a = 217 \cdot \frac{e}{T}$$

$$\Rightarrow dm = 217 \cdot \frac{e}{T} \cdot dz$$



**Radiosondas**

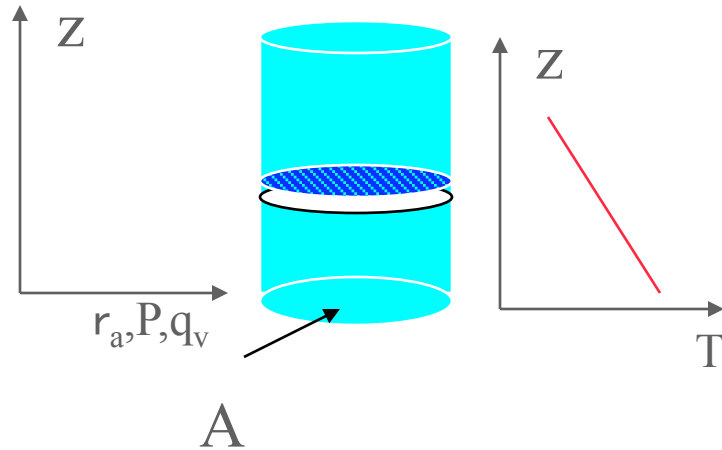
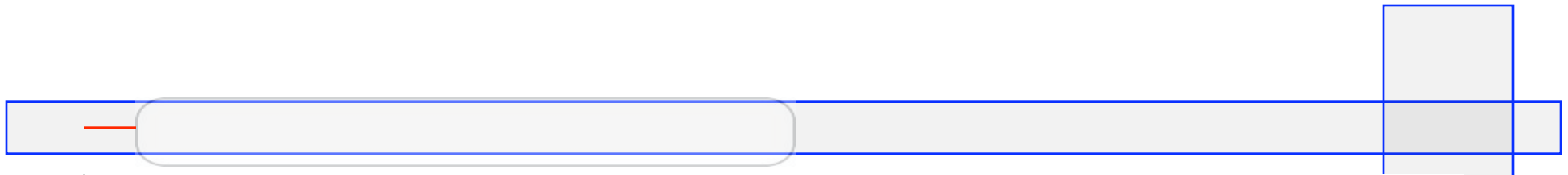
**Distribución de  
temperatura y vapor de  
agua en la vertical**

- Integrando desde la superficie terrestre hasta una altura “h”:

$$m = 217 \cdot \int_0^h \frac{e}{T} \cdot dz$$

Conocidos  $e$  y  $T$  a distintas alturas se integra por bandas

$$m = 217 \Sigma \left( \frac{e}{T} \right)_m \Delta z$$



$$m_p = \int_{z_1}^{z_2} q_v \rho_a A dz = \sum \bar{q}_v \bar{\rho}_a A \Delta z$$

agua  
precipitable:

$$w_p = \int_{z_1}^{z_2} q_v \rho_a dz = \int_{z_1}^{z_2} q_v \left( -\frac{1}{g} \frac{dp}{dz} \right) dz$$

$$w_p = \int_0^h q_v \left( -\frac{1}{g} \frac{dp}{dz} \right) dz = -\frac{1}{g} \int_{p_0}^p q_v dp$$

gr/kg

$$w_p \approx 0,01 \sum \bar{q}_v \Delta p$$

mb

(mm)

hidrostatica

gas ideal

gradiente T

$$\frac{dp}{dz} = -\rho_a g$$

$$\rho_a = \frac{p}{R_a T}$$

$$\frac{dT}{dz} = -\alpha$$

$$\frac{dp}{p} = \left( \frac{-g}{R_a T} \right) dz = \left( \frac{-g}{R_a T} \right) \left( \frac{dT}{-\alpha} \right) = \frac{g}{R_a \alpha} \frac{dT}{T}$$

corrección aire húmedo

$$R_a = R_s (1 + 0,608 q_v)$$

$$p_2 = p_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{g}{\alpha R_a}}$$



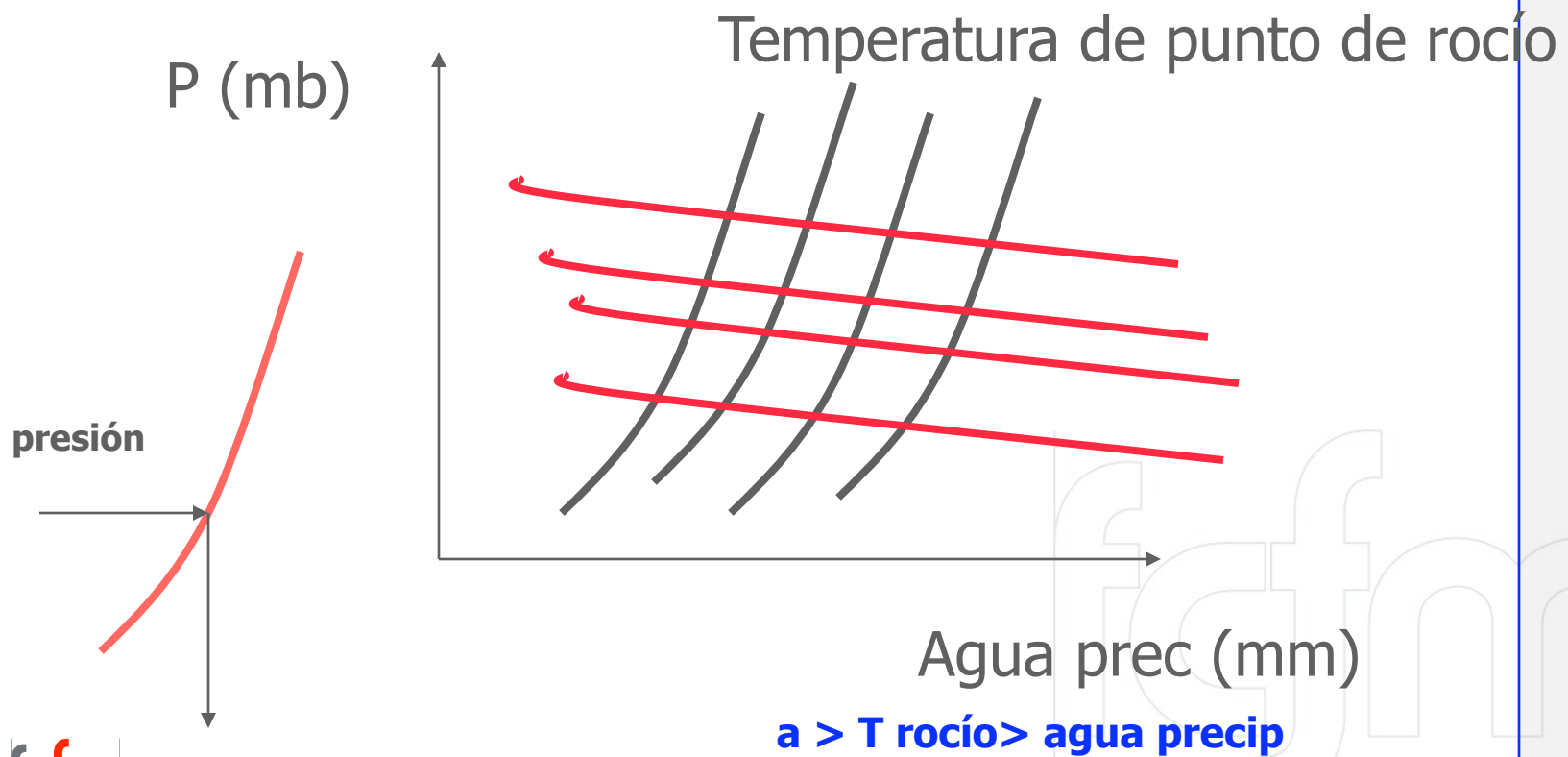
fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

$$T_2 = T_1 - \alpha(z_2 - z_1)$$



Existen gráficos y tablas para calcular entre 1000 mb (nivel del mar) y 200 mb o 12 Km en atmósfera seudo adiabática saturada.



# Humedad atmosférica

Cantidad de vapor de agua que contiene el aire; es la fuente de precipitaciones; influye en los procesos de evapotranspiración y derretimiento de nieves.

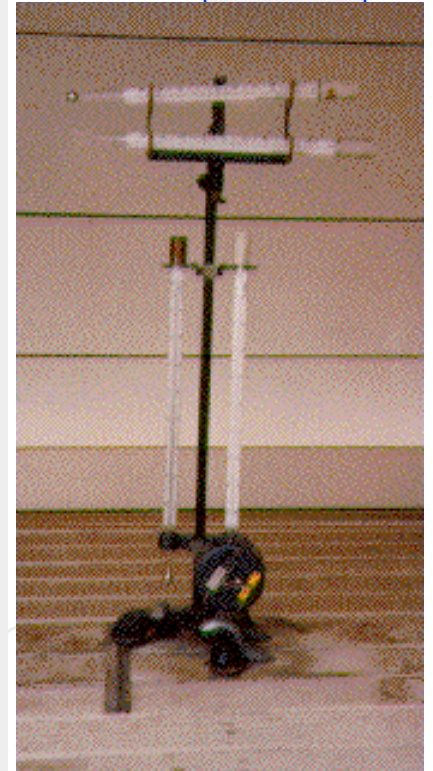
1. Propiedades
2. Maneras de expresar la humedad atmosférica
3. Instrumentos de medición
4. Factores que determinan la variabilidad de la humedad

## El Psicrómetro ( -30 a 40 °C)

Consta de 2 termómetros iguales, que van montados en un soporte que tiene una manilla en ángulo recto que permite hacer rotar el instrumento (tiempo de rotación de 1 - 2 min.).

La velocidad de rotación apresura la evaporación y enfría el bulbo. A menor cantidad de vapor de agua en el aire, mayor es la rapidez de la evaporación del agua del termómetro húmedo y por tanto, más baja la temperatura de este termómetro. Cuando el aire está saturado de vapor de agua, la lectura de los dos será igual.

Se humedece la gasa, se hace girar y luego se leen la temperatura seca y la temperatura húmeda y con la diferencia de temperaturas (depresión de bulbo húmedo) se entra a las tablas psicrométricas.



## •Ecuación Psicrométrica:

$$e = e_s - 0,66 \cdot 10^3 p (T - T_w) (1 + 1,146 \cdot 10^{-3} T_w)$$

**p:** Presión Atmosférica (mb)

**$e_s$ :** Presión de Vapor saturado a temperatura T (mb)

**e:** Presión de Vapor (mb)

**T:** temperatura seca (°C)

**$T_w$ :** temperatura húmeda (°C)

**$T - T_w$ :** depresión de bulbo húmedo

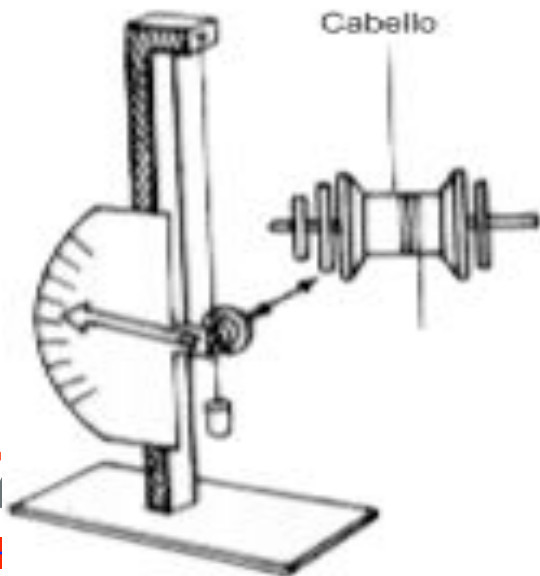


**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## Higrómetro

Mide la humedad relativa del aire en base al cambio de largo de un pelo que no tiene grasa, que está de acuerdo con el contenido de vapor de agua en el aire, el alargamiento o acortamiento del pelo es transmitido por medio de un sistema de palanca, al indicador de una escala graduada en porcentaje de HR.

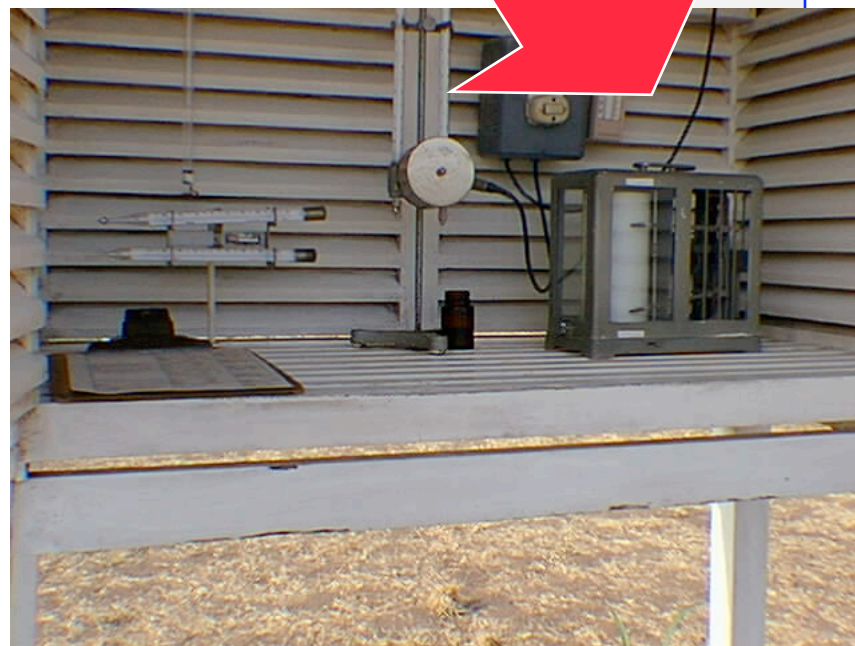




## Termo Higrómetro (grafo)

Entrega simultáneamente  
humedad relativa y temperatura

Cobertizo meteorológico



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Humedad atmosférica

Cantidad de vapor de agua que contiene el aire; es la fuente de precipitaciones; influye en los procesos de evapotranspiración y derretimiento de nieves.

1. Propiedades
2. Maneras de expresar la humedad atmosférica
3. Instrumentos de medición
4. Factores que determinan la variabilidad de la humedad

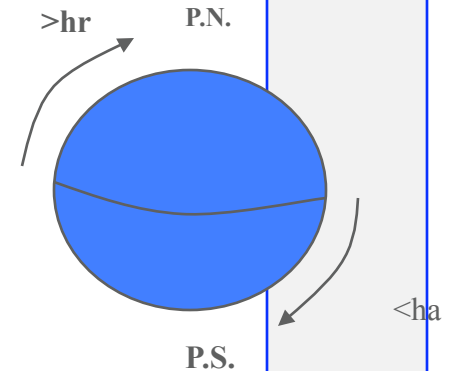
## - Variaciones de la humedad atmosférica

### ESPACIALMENTE

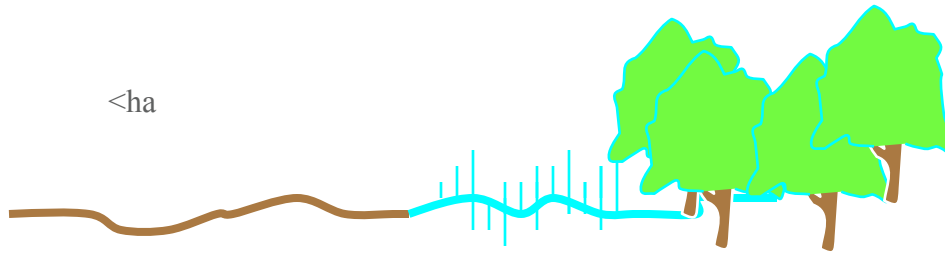
#### Tendencia general

humedad absoluta disminuye hacia los polos  
pero humedad relativa aumenta

Humedad absoluta mayor sobre océanos y superficies  
de agua y decrece al interior de los continentes







## TEMPORALMENTE

Ha: Varía igual que temperatura

Mayor en verano que en invierno

HR a la inversa

Sobre superficies de agua: mínima en las primeras horas de la mañana y máxima después de mediodía

**Sobre regiones continentales: máxima poco antes de mediodía y segundo mínimo hacia el atardecer.**

**Variaciones diarias de HR son inversas a las de la temperatura del aire**

**Otras variaciones diurnas por:**

**efectos de brisas o afluencias de masas de aire marinas o continentales;**

**procesos de evaporación del rocío condensado sobre superficies**



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE