

# *Agua en la Atmósfera*

CI4161 - Hidrología Ambiental

James McPhee & Carolina Meruane

26 de octubre de 2011

# *Temas*

1. Humedad en la atmósfera.
2. Cuantificación de la humedad en la atmósfera.
3. Métodos de medición de la humedad relativa.

# Humedad en la Atmósfera

## *Humedad atmosférica*

El aire en la atmósfera se considera normalmente como una mezcla de dos componentes: aire seco y agua.

Humedad absoluta: corresponde a la cantidad de agua presente en el aire por unidad de masa de aire seco.

Humedad relativa: corresponde a la razón entre la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen. Se mide en tantos por ciento y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es el 100 %.

## *Saturación y punto de rocío*

Cuando  $HR=100\%$  se dice que aire está saturado, y el exceso de vapor se condensa para convertirse en niebla o nubes.

Ejemplos: rocío en las mañanas de invierno, también cuando usamos agua muy caliente en un recinto cerrado como por ejemplo en un baño.

Dos formas en que puede aumentar la humedad de un recinto: por disminución de la temperatura ambiental o por aumento de la cantidad de agua en el ambiente.



## *Temperatura de punto de rocío*

Si se mantiene la cantidad de agua en el ambiente constante y se disminuye la temperatura llega un momento en que se alcanza la saturación, a esta temperatura se le llama temperatura del punto de rocío.



*Figura:* Si la temperatura de la cerveza es menor a la temperatura de rocío se observa que el vaso se empaña de humedad.

# Cuantificación de la humedad en la atmósfera

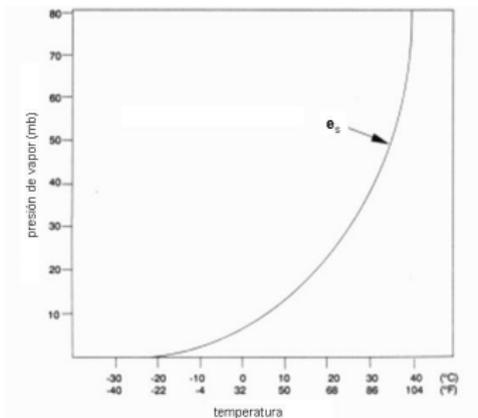
## Presión de vapor

La presión total de la atmósfera es la suma de la presión del aire seco más la presión ejercida por el vapor de agua,  $e$ .

Cuando el aire está saturado de vapor de agua la presión parcial del vapor de agua,  $e_s$ , depende sólo de la temperatura de acuerdo a la ecuación de Clausius-Clapeyron:

$$e_s = 6,11 \cdot 10^{[7,5T_a/(T_a+237)]} \quad (1)$$

donde  $T_a$  es la temperatura del aire en [°C] y  $e_s$  resulta en [hPa].



## *Humedad absoluta*

La humedad absoluta,  $\rho_v$  ( $g/m^3$ ), es la densidad de vapor de agua contenido en el aire a una temperatura y presión determinados:

$$\rho_v = \frac{e}{R_v T} \quad (2)$$

donde  $e$  esta en [hPa] y  $T$  esta en [ $^{\circ}K$ ],  $R_v = 0,461$  [joule mol  $g^{-1}$ ].

Si el aire esta saturado se tiene  $\rho_v = \rho_{vs}(e_s, T)$ .

## Razón de mezcla

La razón de mezcla,  $r$  ( $g/Kg$ ), se define como la razón entre la masa de vapor de agua,  $\rho_v$ , y la masa de aire seco,  $\rho_d$ :

$$r = \frac{\rho_v}{\rho_d} = 0,622 \frac{e}{p - e} \quad (3)$$

donde  $p$  (hPa) es la presión atmosférica.

Si el aire esta saturado se tiene  $r = r_s(e_s, p)$ .

## *Humedad específica*

La humedad específica,  $q$  ( $g/Kg$ ), de una muestra de aire húmedo, representa la cantidad de vapor de agua,  $\rho_v$ , contenida en la masa de aire húmedo,  $\rho_v + \rho_d$ :

$$q = \frac{\rho_v}{(\rho_v + \rho_d)} = \frac{0,622e}{(p - 0,378e)} \quad (4)$$

Si el aire esta saturado se tiene  $q = q_s(e_s, p)$ .

## *Humedad Relativa*

La humedad relativa, HR (%), es la proporción de vapor de agua real en el aire comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente. Indica que tan cerca está el aire de la saturación. Se mide en porcentaje entre 0 y 100, donde el 0% significa aire seco y 100% aire saturado:

$$HR = \frac{r}{r_s} \cong \frac{e}{e_s} \cong \frac{q}{q_s} \quad (5)$$

## *Temperatura del punto de rocío*

La temperatura de punto de rocío,  $T_d$ , es la temperatura a la cual el aire se satura si se enfría a presión constante. La  $T_d$  esta únicamente determinada por la presión de vapor del aire y por lo tanto es la temperatura a la cual la presión de vapor es igual a la presión de saturación del aire, es decir,  $e = e_s(T_d)$ .

# Métodos de medición de la humedad relativa

# *Psicrómetro*



*Figura:* Psicrómetro

## *Ecuación psicrométrica*

La ecuación psicrométrica se obtiene de un balance de energía entre la energía ocupada en la evaporación y la energía extraída al enfriar la masa de aire en el entorno del bulbo húmedo:

$$e(T) = e_s(T_h) - \frac{pc_p(T - T_h)}{0,622L_v} \quad (6)$$

donde T es la temperatura de bulbo seco, Th es la temperatura de bulbo húmedo, P es la presión atmosférica, Lv es el calor latente de vaporización, (2500 J/(kg °K)) y cp es el calor específico del aire a presión constante (1004,67 J/(kg °K)).

## *Higrómetro mecánico*

Están basados en la propiedad de algunos materiales (cabello humano, algodón, seda, papel, etc.) de cambiar su dimensión física dependiendo de la humedad relativa del aire.



*Figura:* Higrómetro mecánico.

## *Higrómetro basado en el uso de componente electrónica*

La humedad modifica las propiedades eléctricas de una componente de un circuito electrónico (resistencia o condensador), de modo que se crea una señal eléctrica que es proporcional a la humedad. Este tipo de sensor se utiliza en estaciones meteorológicas automáticas y en equipos de radiosondeos.

