Algunas observaciones Clase 4: Mezcla y convección

1. Mezcla de masas de aire (pag. 2-7)

En la mezcla *isobárica* de dos masas de aire (pensar por ejemplo en dos masas de aire que se mezclan en un mismo nivel), todas las variables importantes (w, e, T) pueden calcularse con muy buena aproximación mediante el promedio ponderado por las masas de estas variables correspondientes a cada una de las masas que participan de la mezcla.
En ciertas circunstancias, la masa mezclada puede quedar sobresaturada, lo cual dará lugar a condensación del vapor de agua excedente, hasta que quede justo saturada. Ese proceso de condensación se realiza solo a p cte, por lo que la humedad y la temperatura varían de acuerdo a la ecuación

$$\frac{de}{dT} = -\frac{pc_p}{L\varepsilon}, \tag{4.6}$$

Con respecto a la *mezcla adiabática* hay que tener cuidado con la interpretación del texto en las páginas 6 y 7. En la página 6 se habla de 2 (dos) masas de aire, cada una con su q y θ, que son llevadas adiabáticamente a un mismo nivel de presión. Aquí tenemos que ser cuidadosos con que en el traslado adiabático hacia el nivel de presión final, no se produzca ningún cambio de fase del agua –condensación o evaporación– dentro de ninguna de las masas. Por ejemplo, si se encuentran subsaturadas y en el proceso no se produce condensación, entonces tanto q como θ permanecerán constantes, pero si en algún momento alguna de ellas se satura o está saturada desde el inicio y con agua líquida disponible, entonces hay que considerar el cambio de q y por lo tanto también de θ (recuerden que en un proceso pseudoadiabático, no cambia θ_e pero sí cambia θ –las curvas verdes pseudoadiabáticas en el skew-T cruzan a las adiabáticas secas marrones, salvo cuando la humedad es casi nula–). Entonces, en el segundo caso hay que calcular primero el cambio de q y θ en el proceso pseudoadiabático al llevar las masas al nivel de presión donde se producirá la mezcla y luego hacer el promedio ponderado de las variables resultantes.
Otro proceso distinto es el descrito en la página 7, pero que se deriva del anterior, y es el caso de un capa (entre dos niveles) cuya distribución de temperatura y humedad no es homogénea. En este caso, si se produce una mezcla dentro de la capa sin permitir intercambio de calor con los alrededores (adiabática), entonces la mezcla tiende a "homogeneizar" los valores de q y θ de la capa, a los valores medios dados por

$$q_m = \frac{1}{\Delta p}\int_{p_2}^{p_1} q\,dp. \tag{4.7}$$

$$\theta_m = \frac{1}{\Delta p}\int_{p_2}^{p_1} \theta\,dp. \tag{4.8}$$

<u>Tarea</u>: Verificar el cambio de variable d$z \rightarrow$ dp para llegar a (4.7).

2. Nivel de condensación por convección (pag. 8-11)

El proceso de mezcla adiabática de una capa, descrito anteriormente, nos permite analizar la posibilidad de eventual condensación producida por la mezcla de la capa inferior (la más cercana al suelo), debida movimientos convectivos. El nivel en el que se produce condensación por mezcla convectiva en la capa inferior se llama *Nivel de Condensación por Convección* y se calcula por la intersección de la línea de w_s con la temperatura del sondeo (entorno).

3. Contenido acuoso adiabático (pag. 12-14)

Cuando pensamos en procesos pseudoadiabáticos suponemos que una parcela inicialmente saturada asciende adiabáticamente condensando su humedad a medida que asciende. Esa humedad que se va retirando del sistema es una buena aproximación del contenido de agua líquida presente en una nube en forma condensada. Esto es lo que representa el contenido acuoso adiabático.

4.1. Teoría elemental de la burbuja (pag. 15.19)

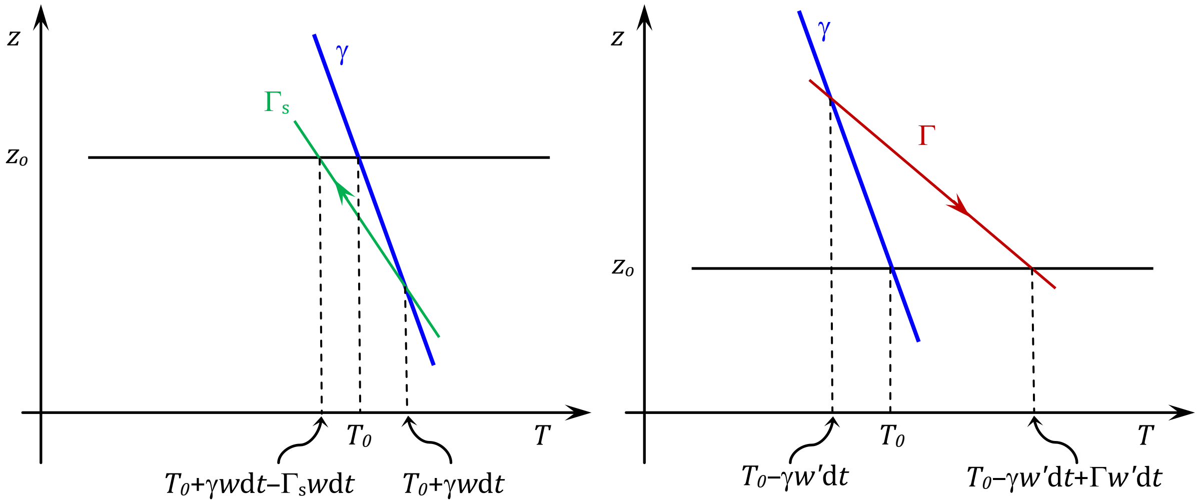
Sin hacer demasiadas consideraciones, la velocidad de ascenso de una burbuja de aire sometida solo a fuerzas de empuje viene dada por la ecuación

$$w^2 = w_0^2 + 2g\int_{z_0}^{z} B(z)dz, \qquad (4.14)$$

aunque seguramente esta solo represente una cota superior a la velocidad real, ya que en la realidad existen otras fuerzas que tienen a "frenar" el ascenso de la burbuja (el peso del agua condensada, el arrastre, la mezcla con aire exterior más frío que reduce el empuje, la fricción con parcelas de aire descendente del entorno). Así que esta velocidad se reduce un poco si se tienen en cuenta otras consideraciones.

4.2. Modificación de la teoría elemental (pag. 19-34)

Cuando consideramos la compensación por posibles movimientos descendentes, suponemos que el aire que desciende se caliente siguiendo un proceso adiabático seco mientras que la burbuja que asciende se enfría siguiendo un pseudoadiabático. En consecuencia, al cabo de un tiempo dt el aire que asciende llega al estrato con una temperatura $T_0 + \gamma\, w\, dt - \Gamma_s\, w\, dt$, mientras el que desciende llega con temperatura $T_0 - \gamma\, w'\, dt + \Gamma\, w'\, dt$. Esto se puede ver fácilmente en un diagrama T-z:



<u>Nota</u>: Demostrar que el flujo de la fuerza de empuje (fuerza por unidad de tiempo) queda $c\rho gBwr^2$ (pag. 31), y por lo tanto el empuje neto dentro de un intervalo de altura unitaria es $c\rho gBr^2$, y la cantidad de movimiento es $Aw\rho r^2$ (pag. 32).

PRÁCTICA

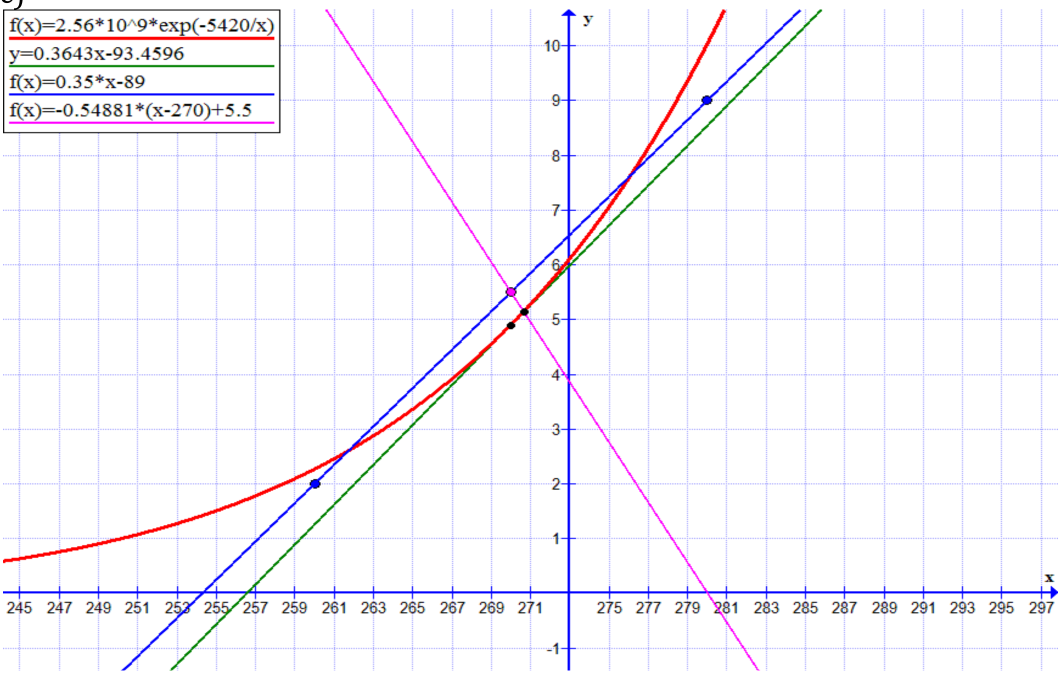
Respuestas de los ejercicios

3.1. a) $e_s(T) = 2.56 \times 10^9\ mb\ e^{\frac{-5.42\times10^3\ K}{T}}$; b) $e(T) = -\frac{p\,c_p}{L_v\varepsilon}(T - T_0) + e_0$;

$$e_s(T) \cong 2.56 \times 10^9 mb\ e^{-\frac{5420\ K}{T_0}} + \frac{1.39\times10^{13} mb\ e^{-\frac{5420\ K}{T_0}}}{{T_0}^2}(T - T_0);$$

$$T' = \frac{e_0 - 2.56\times10^9 mb\ e^{-\frac{5420\ K}{T_0}}}{\frac{p\,c_p}{L_v\varepsilon} + \frac{1.39\times10^{13} mb\ e^{-\frac{5420\ K}{T_0}}}{{T_0}^2}} + T_0$$

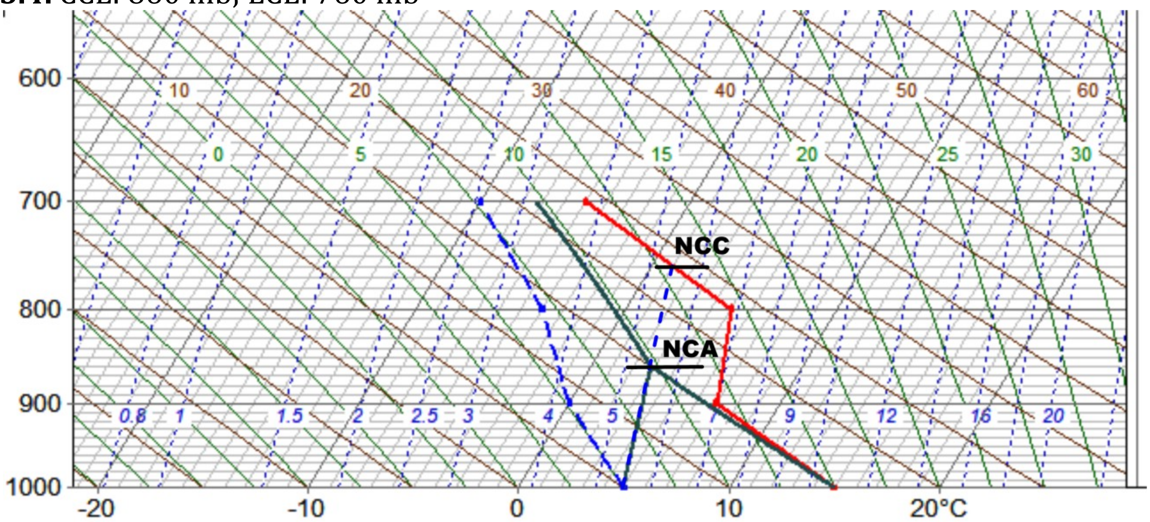
c)



3.2. a) $T_0 = 270\ K$; $e_0 = 5.5\ mb$; $e_s(270K) = 4.9\ mb$; b) $w_0 - w_s' = 0.26\ g\ kg^{-1}$

3.3. θ_m = 26.85 °C

3.4. CCL: 860 mb; LCL: 760 mb



3.5. χ = 2.3 g kg^{-1}

3.6. a) w = 14.81 m s^{-1}; b) w = 20.43 m s^{-1}; c) w = 13.65 m s^{-1}

3.7. γ = 7.5×10^{-3} K m^{-1}