



I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
I.- INTRODUCCION AL ANALISIS DE MASAS DE AIRE .....	1
II.- LAS PROPIEDADES FISICAS ASOCIADAS CON LAS MASAS DE AIRE .....	4
a. Formación y movimiento de la masa de aire .....	4
b. Propiedades físicas .....	5

INTRODUCCION AL ANALISIS DE LAS MASAS DE AIRE

I. Introducción al análisis de masas de aire.

a. El objetivo primordial de esta nota es relacionar ciertos tipos de tiempo con ciertos tipos de masas de aire. Es también de interés primordial de los meteorólogos aprender a predecir el tiempo. Todos los fenómenos meteorológicos tienen lugar dentro o a lo largo de los límites de una masa de aire y por tanto los meteorólogos deben familiarizarse con las masas de aire, sus propiedades y cómo unas se transforman en otras para producir diferentes tipos de tiempo.

(1) Nuestras predicciones de la base de las nubes, visibilidad y de otros elementos meteorológicos dependerán del conocimiento que se tenga de la "Situación Sinóptica". Ello hace necesario conocer cómo ciertos procesos tales como convergencia, divergencia, desplazamiento de latitud etc. afectarán el tiempo asociado con una masa de aire que esté sufriendo uno o más de los diferentes procesos. Y por esta razón se dedicará mucha atención al estudio de las masas de aire, sus propiedades y su comportamiento.

b. Definición y propiedades de una masa de aire.

(1) Una masa de aire es una porción extensa de la atmósfera terrestre cuyas propiedades, principalmente las referentes a temperatura y humedad son prácticamente homogéneas en la dirección horizontal.

(2) Las dos propiedades más importantes de una masa de aire:

- (a) la distribución de la humedad
- (b) la distribución vertical de la temperatura.

c. Tipos de tiempo y su relación con las masas de aire.

(1) Tiempo frontal - ocurre a lo largo del límite entre dos masas de aire, pero también está gobernado por las propiedades de la masa de aire, particularmente en aquellos casos en que la masa de aire es obligada a ascender.

(2) Tiempo de una masa de aire - ocurre enteramente dentro de la misma masa de aire y está gobernado por las propiedades de la masa de aire.

d. Diferentes clases de masas de aire.

- (1) Cálida y seca (Tropical continental)
- (2) Cálida y húmeda (Tropical marítimo).
- (3) Fría y seca (Polar continental).
- (4) También otras variaciones de las anteriores (Nota: la clasificación de las masas de aire será considerada más tarde).

e. El proceso adiabático - Fundamentos para el estudio de los procesos atmosféricos.

(1) Se define como un proceso termodinámico en el cual ningún calor es añadido ni quitado de un sistema;

se expresa igualando a cero el cambio en el contenido de calor ( $\Delta Q = 0$ )

(2) Los procesos que tienen lugar en la atmósfera a una altura suficiente para que sea despreciable la influencia de la tierra son generalmente adiabáticos.

(3) La atmósfera puede considerarse como una inmensa máquina termodinámica en la cual el contenido de calor no cambia porque las porciones de la atmósfera experimentan procesos adiabáticos de ascenso o descenso de la atmósfera y está suficientemente lejos de la saturación para que el aire pueda ser considerado como un gas ideal y seguirá las leyes de Boyle y Charles que en su conjunto forman la ecuación de Estado para los gases ideales.

(a) La temperatura de una porción de aire que sube o baja en la atmósfera puede cambiar, pero  $\Delta Q$  permanece igual a 0 (la porción de aire está aislada térmicamente). Si la porción sube, se expande y realiza un trabajo perdiendo así temperatura. Si la porción baja, es comprimida, entonces se realiza un trabajo sobre ella y gana temperatura.

(b) Los procesos no adiabáticos ocurren en altura cuando se radia energía por una capa nubosa y esta energía no es absorbida por la atmósfera que la rodea.

(4) Los procesos en la superficie de la tierra no son adiabáticos. La adición de calor a la atmósfera cerca del suelo cuando la superficie está más caliente que el aire situado encima y la subtracción de calor de la misma manera cuando la superficie está más fría son procesos no adiabáticos continuos.

(5) Como en la atmósfera la presión disminuye rápidamente con la altura, los cambios adiabáticos de temperatura que están determinados únicamente por los cambios de presión ocurren más fácilmente cuando las porciones de aire tienen movimiento con una componente vertical. De manera que una partícula de aire llevada hacia arriba, se enfría adiabáticamente con la presión decreciente, y recíprocamente, un descenso con aumento de la presión ocasiona un aumento en la temperatura.

f. Diagramas Termodinámicos - Usados para la representación gráfica de las propiedades físicas de una masa de aire.

(1) El diagrama adiabático.

(a) Diagrama de energía en el cual el área es proporcional a la energía expresada en ergs.

(b) Como ordenada se toma la presión en escala logarítmica - disminuye hacia arriba.

(c) Como abscisa se toma la temperatura (deg. C.) - aumenta hacia la derecha.

(2) El diagrama pseudo-adiabático (Stüve).

(a) No es exactamente un diagrama verdadero de energía.

(b) Como ordenada se toman potencias 0.288 de la presión ( $P^{0.222}$ ) y disminuye hacia arriba (expresada en milibares).

(c) Como abscisa se toma la temperatura (T) y aumenta hacia la derecha. Expresada en grados centígrados enteros.

(d) Líneas en el diagrama pseudo-adiabático.

(1) Líneas castañas inclinadas = adiabáticas secas.

(2) Líneas castañas inclinadas con mayor inclinación que las adiabáticas secas = líneas de razón de mezcla de saturación constante, aumentan hacia la derecha. Expresadas en gramos y en décimas de gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco

(3) Líneas a trazos castañas inclinadas y curvadas arriba hacia la izquierda = pseudo-adiabáticas o adiabáticas húmedas.

Nota: La diferencia más importante entre el diagrama adiabático y el pseudo-adiabático se encuentra en la construcción y en que el diagrama adiabático no tiene dibujadas las líneas adiabáticas húmedas.

g. Ascenso adiabático seco.

- (1) De acuerdo con la Ecuación de Poisson ha encontrado  $\frac{T}{T_0} = \left( \frac{P}{P_0} \right)^{0,288}$  que cuando el aire asciende y se dilata se enfría aproximadamente, 10 deg. C por kilómetro. Este periodo de enfriamiento se llama Gradiente Adiabático Seco.
- (2) Todas las porciones de aire no saturado, se enfriarán según el gradiente adiabático seco cuando asciendan y se expansionen.
- (3) Las adiabáticas secas están inclinadas hacia la izquierda y no son paralelas, sino que convergen en el punto donde P y T son iguales a 0.
- (4) Cuando las porciones de aire ascienden a lo largo de las adiabáticas secas, se ve que se cruzan las líneas de razón de mezcla de saturación de menor valor.
- (5) Todas las partículas de aire que representan una porción de la atmósfera cuando descienden lo harán según la adiabática seca sin tener en cuenta el grado de saturación excepto cuando el aire que desciende permanece saturado cuando el vapor de agua condensado se evapora.

h. Relaciones de Humedad en la Atmósfera.

- (1) Todo el aire contiene humedad en mayor o menor proporción y como la humedad es la propiedad más importante del aire, se hace necesario considerar algunas medidas de humedad, así como también los efectos de la humedad en el comportamiento de la masa de aire.
- (2) Se usan varios términos para expresar el contenido de humedad del aire:
  - (a) Presión de vapor
  - (b) Humedad relativa
  - (c) Punto de rocío
  - (d) Humedad específica
  - (e) Razón de mezcla.
- (3) Presión de vapor - símbolo, (e). Expresada en milibares.
  - (a) Definición - La presión o fuerza de unidad de área que ejerce el vapor de agua contenido en una muestra de vapor de aire dada; recuerdese la Ley de Dalton de las presiones parciales.
  - (b) Los componentes secos de la atmósfera son tratados como un gas, ya que la composición varía tan poco pero el vapor de agua se considera separadamente porque varía mucho.
  - (c) La presión de vapor es una función de la presión y la cantidad de vapor de agua presente.
- (4) Humedad relativa - símbolo (f)
  - (a) Definición - Es un porcentaje que presenta la cantidad de vapor de agua en el aire en comparación con la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a una temperatura dada.
  - (b) Humedad relativa =  $\frac{e}{e_s} \times 100 = \frac{w}{w_s} \times 100 \frac{q}{q_s} \times 100$ .
  - (c) Como  $e_s$ ,  $w_s$  y  $q_s$  son funciones de temperatura solamente, la humedad relativa cambiará con los cambios en T.
- (5) Razón de mezcla - símbolo, (w)
  - (a) Definición - Es el cociente del peso de vapor de agua en una muestra de aire al peso del aire seco de la muestra; generalmente se expresa en gramos/kilogramo.
  - (b) Fórmula:  $w = \frac{621 \frac{e}{p - e}}{p - e} = 621 \frac{e}{p} \text{ gm/kg. (primera aproximación)}$ .
- (6) Razón de mezcla saturada - símbolo ( $w_s$ ).
  - (a) Definición - Es el número de gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco que contendría la muestra de aire si estuviera saturada a la temperatura y presión especificada.

(b) Función tanto de la Presión, como de la Temperatura. (En contraste con la presión de vapor de saturación que es una función de T solamente).

(c) Dada por la lectura de la línea continua azul que sobre un diagrama adiabático para por el punto que representa la presión y la temperatura.

(d) Fórmula:  $w_s = 621 \frac{e_s}{P}$

(e) Las líneas se inclinan hacia la izquierda porque cuando P disminuye el denominador disminuye y  $w_s$  aumenta; cuando P disminuye el volumen aumenta a una temperatura constante y se necesita más vapor de agua para saturar la muestra.

Ejemplo: Tómese un punto a 15°C y 700 mb., si este punto asciende isotérmicamente (sin cambio en T) la presión disminuirá y se encontrarán los siguientes resultados.

(Ejemplo de trabajo sobre el diagrama Stüve)

Presión (mb)	1000	900	800	700	600	500
$w_s$	10.7	11.9	13.4	15.3	17.9	?
(gm/kg)						

(7) Humedad específica - símbolo (q)

(a) Definición - Es la masa de vapor de agua contenida en una masa dada de aire Húmedo.

(b) Fórmula.  $q = \frac{621 \cdot e}{P - 0.379e}$  Como 0.379e es generalmente un número extremadamente pequeño, hay menos de 1% de error al usar "q" intercambiamente con "w".

(c) La humedad específica (q) ha sido reemplazada por la razón de mezcla (w) y se usan pocas veces.

(8) Presión de vapor de saturación - símbolo, ( $e_s$ ).

(a) Definición - Es la presión ejercida sobre el vapor de agua en el aire cuando el aire tiene toda la humedad que puede sostener una temperatura dada.

(b) La presión de vapor de saturación es una función logarítmica de la temperatura sola.

(c) Para encontrar  $e_s$  sobre el diagrama adiabático se sigue isotérmicamente hacia arriba desde la presión dada hasta 621 mb. y  $e_s$  será igual al valor numérico de  $w_s$  a 621 mb.

(9) Punto de rocío - símbolo ( $T_d$ ).

(a) Definición - Es la temperatura más baja a la cual el aire puede ser enfriado a una presión constante sin que ocurra condensación alguna.

## 11.- LAS PROPIEDADES FISICAS ASOCIADAS CON LAS MASAS DE AIRE

(a) Formación y movimiento de la masa de aire.

(1) Una masa de aire se forma cuando una porción extensa de la superficie de la tierra, que tenga una superficie claramente homogénea, y está localizada geográficamente de forma que debido al estancamiento o al movimiento lento de las corrientes de aire, el aire permanece en contacto con esta superficie el tiempo suficiente para adquirir una distribución de temperatura y un contenido de humedad de éste en equilibrio con la superficie. Esta superficie se llama la región de origen y las propiedades físicas iniciales de la masa de aire, que son funciones de la temperatura y humedad y que son aproximadamente homogéneas en la dirección horizontal, que son características de dicha región de origen..

(2) A medida que la masa de aire sale de la región de origen, estas propiedades serán modificadas de acuerdo con la superficie sobre la cual se mueve y la duración del tiempo que pase en este viaje. En este mo-

vimiento se desarrollan los fenómenos meteorológicos que están determinados por su origen y modificación en otras palabras, la historia de la masa de aire.

(3) Así, necesitamos saber qué propiedades de masas de aire pueden servir como características que las identifiquen de un mapa al siguiente. Estas propiedades, para que aseguren una identificación tendrían que ser casi constantes sobre largos periodos de tiempo a través los varios cambios sobre las diferentes superficies. Las propiedades físicas que no cambian con la modificación de una masa de aire, son conservativas. También es necesario que los valores que usemos sean representativos, esto es, la magnitud observada debe ser característica de toda la masa de aire o de una gran porción de ella.

b. Propiedades físicas. Serán discutidas las siguientes propiedades físicas, dando la definición, el cálculo por medio del diagrama, representatividad y conservatividad de cada una:

- (1) Temperatura de aire libre.
- (2) Temperatura de aire en superficie.
- (3) Temperatura máxima del aire en superficie.
- (4) Temperatura potencial.
- (5) Presión de vapor
- (6) Razón de mezcla y humedad específica.
- (7) Humedad relativa.
- (8) Punto de rocío.
- (9) Temperatura del termómetro húmedo
- (10) Temperatura potencial del termómetro húmedo.
- (11) Temperatura equivalente
- (12) Temperatura equivalente potencial.

(c) Conservatividad

- (1) Cualquier propiedad física de una masa de aire que tiende fuertemente a retener su valor dentro de un cierto límite de tiempo cuando la masa de aire está sujeta a un proceso específico, se dice que es conservativa para ese proceso.
- (2) No hay propiedad conservativa para todos los procesos.
- (3) Las propiedades en superficie deben ser conservativas de 6 a 12 horas. Las propiedades en altura deben ser conservativas de 12 a 24 horas.
- (4) Cuando se haya encontrado una propiedad que sea casi conservativa, se llama Quasi-conservativa.

d. Representatividad.

- (1) La propiedad es representativa si muestra el verdadero valor de la masa de aire.
- (2) Las propiedades son más representativas en la altura que en la superficie.

e. Temperatura de aire libre.

- (1) Es la temperatura del aire que es obtenida en el aire lejos de la superficie de la tierra y su influencia. (Globos, cometas, aviones.)
- (2) Quasi-conservativa para la radiación. Los cambios de temperatura causados por la radiación solar no exceden de 1 a 2°C en 24 horas. (Es menos que el cambio de temperatura que ocurriría si el aire ascendiese o descendiese 200 m. en 24 horas).
- (3) Considerada como representativa de la masa de aire en su conjunto.

f. Temperatura del aire en superficie.

- (1) Es la temperatura tomada dentro de la garita meteorológica.
- (2) No es conservativa desde ningún punto de vista porque los procesos no adiabáticos irreversibles cerca de la superficie de la tierra hacen cambiar la temperatura, Conducción, radiación, insolación, evaporación, condensación y mezcla, todos ellos afectan a la temperatura de la superficie.

(3) Muy a menudo no es representativa debido a las influencias de la superficie, tales como evaporación y condensación e influencias locales y orográficas. Más representativa a mediodía o poco después. Bastante representativa cuando el cielo está cubierto de nubes y cuando la velocidad del viento es alta.

g. Temperatura máxima del aire en superficie.

- (1) Es la temperatura más elevada alcanzada en el curso del día.
- (2) Más aproximadamente conservativa que la temperatura en superficie y tanto más conservativa cuanto más pendiente es el gradiente vertical de temperatura.
- (3) Representativa sobre la tierra los días soleados.

h. Temperatura potencial - símbolo,  $\theta$  (theta), Escala de temperaturas absolutas.

(1) Es la temperatura que tendría una porción de aire si se trae a 1000 mb. siguiendo un proceso adiabático seco

$$= T \left( \frac{1000}{P} \right)^{0,288}$$

- (2)  $\theta$  se encuentra leyendo directamente el valor de la adiabática seca que pasa por el punto que representa la muestra, o siguiendo en el diagrama la adiabática seca al nivel de 1000 mb. y leyendo la temperatura a ese nivel.  $\theta$  Se expresa generalmente en grados de la escala absoluta de temperatura.
- (3) Las adiabáticas secas son líneas de temperatura potencial constante.
- (4) Conservativa para procesos adiabáticos secos
- (5) Depende de las T y P del aire libre y es por consiguiente representativa.

i. Presión de valor.

(1) La presión de valor es una función de presión. Es, por consiguiente, conservativa para los procesos que no requieren desplazamiento vertical, conservativa para los cambios isobáricos de temperatura. Para el aire próximo a la superficie la presión de valor es conservativa solamente en teoría.

j. Razón de mezcla y humedad específica.

- (1) Conservativas para los cambios de temperatura. El cambio en T no cambia la razón ni la masa o el vapor de agua.
- (2) Conservativa para expansión y compresión adiabáticas excepto después que se haya alcanzado la saturación. En el enfriamiento adiabático hasta la saturación, la razón de mezcla muestra una disminución, porque entonces el vapor de agua se condensa y precipita.

k. Humedad relativa.

- (1) Conservativa para enfriamiento adiabático húmedo, es decir cuando una partícula saturada ( $f = 100\%$ ) asciende a lo largo de una adiabática húmeda.
- (2) La humedad relativa depende del cociente de dos presiones de vapor, la real y la de saturación. La presión real de vapor varía con la presión y la presión de saturación varía con la temperatura. Por consiguiente, la humedad relativa varía marcadamente en los procesos adiabáticos y en todos los otros procesos en que hay un cambio en la temperatura o en la presión.
- (3) En la mayor parte de las estaciones, la humedad relativa tiene una variación diurna amplia, cambiando inversamente con la temperatura.

l. Temperatura del punto de rocío ó simplemente punto de rocío - símbolo  $T_d$ .

- (1) Es la temperatura a la cual debe enfriarse isobáricamente el aire húmedo a fin de que justamente se alcance la saturación. En este punto  $e = e_s$ ,  $w = w_s$ , y  $f = 100$ .
- (2) El punto de rocío es una función de la presión de vapor y la temperatura. Como  $e$  es conservativa para los cambios isobáricos de temperatura, el punto de rocío está considerado como conservativo para los procesos no adiabáticos sin cambio de presión, esto es, para los cambios isobáricos de temperatura.

- (3) El punto de rocío varía a lo largo de las líneas de  $w_s$  constantes. Como estas líneas se inclinan ligeramente hacia la izquierda, el punto de rocío se considera quasi-conservativo para los procesos adiabáticos secos.
- (4) El intervalo diurno es de 1/5 a 1/6 del intervalo diurno de la temperatura en superficie. Máximo durante el día en regiones húmedas y mínimo durante la noche. Sobre los desiertos se invierte la variación debido a la falta de humedad.
- (5) Más representativa en el momento en que  $T_s$  es más representativa.

m. Temperatura del termómetro húmedo - símbolo  $T_w$

- (1) Es la  $T$  más baja a que puede enfriarse el aire a presión constante por evaporación de agua dentro del aire. ( $T$  registrada por el termómetro húmedo de un psicrómetro).
- (2)  $T_w$  se encuentra gráficamente enfriando la partícula siguiendo la adiabática seca hasta NCA (nivel de condensación por ascenso) y después volviendo al nivel original por la adiabática húmeda.
- (a) Este es un proceso artificial y un medio gráfico de encontrar  $T_w$ . Este proceso artificial no tiene lugar en la atmósfera.
- (3) Conservativa para la condensación y evaporación porque en el aire libre se repiten las condiciones que intervienen en la definición de  $T_w$ .
- (4) Muy representativa a mediodía cuando  $w$ ,  $T_s$  y  $T_d$  son más representativas.

n. Temperatura potencial del termómetro húmedo - símbolo  $\Theta_w$

Escala de temperatura absoluta.

- (1) La  $\Theta_w$  es la  $T_w$  llevada a 1000 mb, siguiendo la adiabática húmeda.
- (2) Conservativa por los mismos procesos que  $T_w$  (evaporación y enfriamiento) y además es conservativa para los procesos más - ascenso adiabático húmedo y seco. La variación de  $T_w$  para ambos procesos adiabático seco y húmedo tiene lugar a lo largo de la adiabática húmeda, de modo que una vez que haya sido determinada  $T_w$ , siempre tendrá ese valor cuando sea llevada a 1000 mb, y será la misma tanto si la partícula está saturada o no.
- (3) Es exactamente tan representativa como  $T_w$ , ya que se determina de la misma manera y luego simplemente se reduce a 1000 mb.

o. Temperatura equivalente - símbolo  $T_e$ . Escala de temperatura en  $^{\circ}$

- (1) Es la temperatura que tendrá una porción de aire si se asciende hasta que todo el vapor de agua se condensa y el calor latente así liberado se usa para calentar el aire y luego la porción se vuelve siguiendo la adiabática seca al nivel original.
- (2) Es análoga a  $T_w$  por evaporación del agua dentro del aire enfriado hasta que se satura  $T_e$  por condensación del agua y usando el calor de condensación para calentar el aire.
- (3) Se encuentra por ascendiendo la partícula según la adiabática húmeda desde el NCA hasta el punto de intersección con la línea  $w_s$  igual a 1 gr. Entonces se añaden  $2.5^{\circ}\text{C}$  a la temperatura en el punto de intersección. Después de añadir  $2.5^{\circ}\text{C}$  se vuelve la partícula a la presión inicial siguiendo la adiabática seca que pasa por el nuevo punto.
- (4) Conservativa para los procesos de evaporación y de condensación (similar a  $T_w$ ).
- (5) Representativa en la misma medida que  $T_w$ . Normalmente representativa en el aire libre; muy representativa en superficie cuando  $T_w$  es representativa.

p. Temperatura potencial equivalente - símbolo  $\Theta_e$ . Escala absoluta de temperaturas.

- (1) Es la temperatura que tendrá una partícula de aire si asciende según las adiabáticas secas y húmedas hasta que toda la humedad se condensa y la partícula vuelve según la adiabática seca al nivel de 1000 mb

(2) Es la  $T_e$  llevada al nivel de 1000 mb.

(3) Métodos de determinación

(a) Llévese  $T_e$  a 1000 mb. y añádase 273

(b) O el valor puede leerse directamente desde el extremo izquierdo de la adiabática húmeda seguida hacia arriba a partir del nivel de condensación.

(4) Conservatividad.

(a) La evaporación y la condensación -  $\theta_e$  permanecen constantes ya que  $\theta$  disminuye y  $w$  aumenta.

(b) Ascenso adiabático seco -  $w$  constante,  $\theta$  constante, por consiguiente  $\theta_e$  es constante

(c) Adiabática húmeda -  $\theta$  aumenta,  $w$  disminuye,  $\theta_e$  permanece constante.

(5) Representativa en el aire libre porque depende de  $\theta$  y  $w$  que son representativas. No es representativa en superficie excepto cuando  $T_s$  es representativa.

TABLA DE PROPIEDADES CONSERVATIVAS

ELEMENTO.	CAMBIOS ADIABATICOS SECOS.	CAMBIOS ADIABATICOS HUMEDOS.	EVAPORACION Y CONDENSACION.	CAMBIOS ISOBARICOS DE TEMPERATURA.
Aire libre	No	No	No	No
$T_s$	—	—	—	No
Máx $T_s$	—	—	—	Quasi
$T_d$	Quasi	No	No	Si
$T_w$	No	No	Si	No
$T_e$	No	No	Si	No
$\theta$	Si	No	No	No
$\theta_w$	Si	Si	Si	No
$\theta_e$	Si	Si	Si	No
$e$	No	No	No	Si
$f$	No	Si	No	No
$w$	Si	No	No	Si

.....