

## **CAPITULO 9. MASAS DE AIRE.**

Quienes vivimos en latitudes medias hemos experimentado en ocasiones veranos muy calurosos producidos por olas de calor e inviernos muy fríos por efecto de ondas de frío polar. En ambos casos lo que se experimenta son períodos de condiciones de tiempo generalmente uniformes, seguidos por períodos relativamente cortos de cambio de tiempo y el subsecuente restablecimiento de nuevas condiciones de tiempo que permanecen tal vez por varios días antes de cambiar de nuevo.

### **9.1 MASAS DE AIRE.**

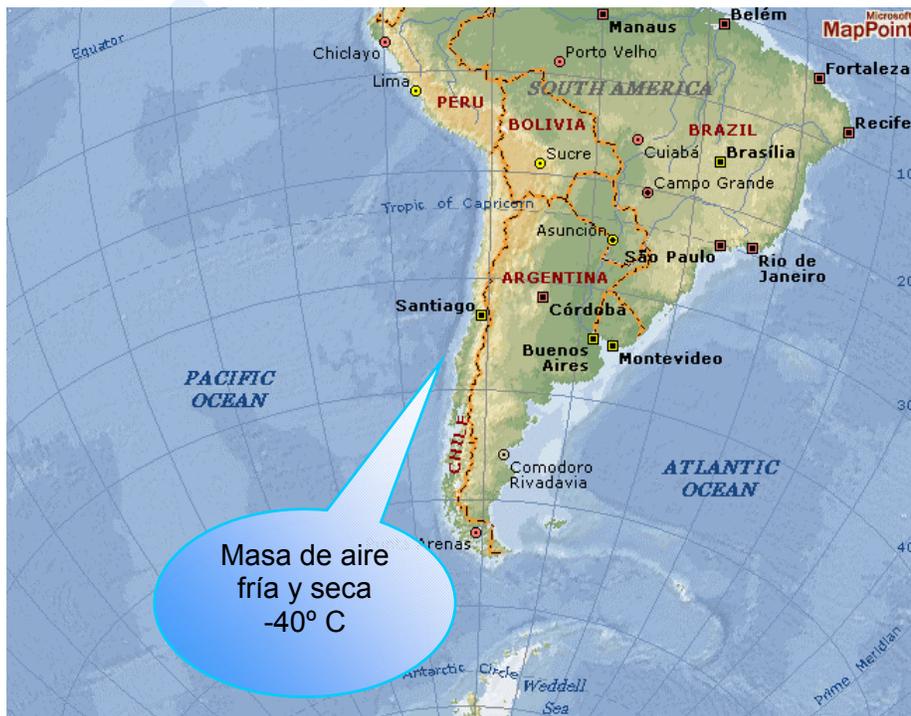
Los patrones de tiempo descritos antes son el resultado del movimiento de grandes cuerpos de aire, llamadas *masas de aire*. El concepto de masa de aire fue desarrollado por un grupo de meteorólogos escandinavos en Noruega, conocida como la Escuela de Bergen, encabezados por Vilhelm Bjerknes (1862 – 1951), entre los años 1918 y 1923.

Una *masa de aire* se define como un enorme cuerpo de aire, generalmente de 1000 km o más y varios km de espesor, que se caracteriza por tener propiedades físicas homogéneas, en particular temperatura y humedad, hasta una altura dada. Las masas de aire se producen sobre los continentes o sobre los océanos, en tales regiones el aire adquiere las propiedades físicas de la superficie que tiene debajo. Estas regiones se llaman *fuentes de masas de aire*. Cuando una masa de aire se mueve desde su región de origen, puede llevar esas propiedades a otros lados, afectando a una gran porción de un continente.

Un buen ejemplo de la influencia de una masa de aire se ilustra en la figura 9.1. Una masa de aire frío y seco desde la Antártica, se mueve hacia la zona central de Chile en invierno. En su región de origen la masa de aire puede tener una temperatura de  $-40^{\circ}$  C, pero en su movimiento hacia el norte por diversas razones puede aumentar su temperatura y cuando

llega a Concepción puede tener una temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ . Pero también lleva algo del tiempo frío del invierno del lugar de origen en su trayecto. Así la masa de aire se modifica, a la vez que modifica el tiempo de las superficies sobre las cuales se mueve.

Figura 9.1 Esquema de una masa de aire polar que se puede mover hacia la zona central de Chile.



La uniformidad horizontal de una masa de aire no es completa, ya que puede extenderse a través de  $20^{\circ}$  de latitud o más y cubrir cientos de miles de kilómetros cuadrados, por lo que se deberían esperar diferencias de temperatura y humedad de un punto a otro. Pero esas diferencias son pequeñas en comparación con la magnitud del cambio que se experimenta cruzando el límite de una masa de aire. Debido a que le puede tomar varios días a una masa de aire pasar por un área, la región bajo su influencia

experimenta condiciones de tiempo aproximadamente constante, situación llamada **tiempo de masa de aire**. Ciertamente existen variaciones diarias, pero son muy diferentes a esas en las masas de aire adyacentes.

Una masa de aire pierde estabilidad cuando abandona su región fuente, esto implica un cambio de temperatura, de humedad y también de su estabilidad vertical. Así por ejemplo, cuando una masa de aire se mueve sobre una superficie más caliente absorbe calor por debajo, el resultado será la generación de nubes y con ello chubascos, tormentas, granizo o tornados; por el contrario si se mueve sobre una zona fría, la masa de aire libera calor y generará estabilidad, produciendo nieblas y neblinas.

Una masa de aire se generaría o adquiriría sus características de la región fuente, de las superficies sobre las cuales ha viajado el aire después de abandonar la fuente y de la edad y tiempo que ha empleado en el viaje. La magnitud de las modificaciones y la profundidad vertical a la que se han extendido dependerán del contraste con la superficie subyacente y de la duración de las influencias modificadoras.

## **9.2 REGIONES FUENTES DE MASAS DE AIRE.**

El lugar donde se forman las masas de aire y los factores que determinan su naturaleza y grado de uniformidad, están relacionados entre sí. El área donde se origina una masa de aire se llama **región fuente**. Puesto que la atmósfera se calienta desde el suelo y gana su humedad por evaporación desde la superficie de la Tierra, la naturaleza de la región fuente determina las características iniciales de una masa de aire. Una región fuente ideal debe reunir dos criterios esenciales. Primero debe ser un área extensa y físicamente uniforme. Una región que tenga irregularidades topográficas o que tiene contrastes de agua y tierra no es satisfactoria. Segundo, el área debe tener un estancamiento general de la circulación atmosférica, para que el aire pueda estar sobre la región un tiempo largo para que pueda alcanzar el equilibrio con la superficie. En general las regiones dominadas por los anticiclones estacionarios o que se mueven lentamente, con

sus extensas zonas de calmas o vientos ligeros, son buenas regiones productoras de masas de aire.

Un esquema general de estas regiones fuentes puede obtenerse considerando los principales rasgos de las propiedades físicas de la superficie de la Tierra y las corrientes de aire que la barren. De acuerdo a la distribución global de temperatura (figura 4.5), se observa que en las proximidades del Ecuador la temperatura es muy uniforme, en el cinturón de latitudes medias la transición es bastante gradual, y en latitudes altas se encuentran grandes contrastes a lo largo de los bordes de hielos polares, también en las costas de los continentes se encuentran grandes contrastes de temperatura. Se debe considerar que los contrastes entre latitudes bajas y altas y entre océanos y continentes son más débiles en verano que en invierno, por lo que los contrastes entre las diferentes masas de aire son menores en verano que en invierno.

La temperatura máxima media anual se puede usar como un indicador de las propiedades del suelo de tierra firme. Esta temperatura, que es la temperatura promedio que se alcanzaría en días relativamente calmos y claros, es una buena medida de la capacidad de la superficie terrestre para usar la radiación que llega al suelo. Para delimitar las regiones favorables al desarrollo de masas de aire distintas, superponemos los vientos en las proximidades de la superficie terrestre sobre el campo de isotermas.

Una característica de importancia considerable es la tendencia que las corrientes de aire tienen a divergir de las áreas de alta presión y a converger en las áreas de presión baja. Como consecuencia, las propiedades adquiridas por el aire en los anticiclones se esparcirán horizontalmente y el aire tenderá a uniformarse, mientras que los contrastes de masas de aire se mantendrán en las regiones de bajas presiones. Por consiguiente, debemos considerar las áreas de altas presiones como las principales productoras de masa de aire.

Las regiones bajo influencias de los ciclones no son buenas para producir masas de aire debido a que los sistemas se caracterizan por vientos con-

vergentes en superficie, que permanentemente están entregando aire con diferentes propiedades de humedad y temperatura en el área. Además el tiempo en que se producen esas diferencias no es muy largo, lo que genera gradientes de temperatura y no se pueden formar masas de aire. De acuerdo a lo anterior, las diferentes regiones fuentes de masas de aire son las siguientes:

***Fuentes de aire ártico.*** Esta región está bien definida, abarca los campos polares árticos y antárticos cubiertos de hielo y nieve. Las propiedades de la superficie subyacente son uniformes en alto grado; el sol esta bajo el horizonte la mayor parte del invierno y el área esta principalmente ocupada por los anticiclones polares fríos, por lo que se encuentra bajo un régimen de circulación anticiclónica. Los vientos son débiles y el aire permanece en contacto con el suelo durante largo tiempo, la masa de aire, en conjunto, se encuentra estancada.

***Fuentes de aire polar continental.*** El suelo está generalmente cubierto de nieve, y cada una de las regiones está dominada por un área polar continental de altas presiones. Puesto que en estas regiones el sol brilla poco, y puesto que la nieve es un buen radiador, cualquier aire que invada estas regiones se enfriará rápidamente por la irradiación en onda larga del suelo. El resultado es un mínimo de temperatura en el suelo y un máximo entre los 900 y 850 milibares (1.0 a 1.5 km). En esta inversión el calor es conducido hacia abajo y la temperatura del suelo se establece como un equilibrio entre el calor perdido por irradiación y el ganado por conducción. La distribución de humedad en la vertical muestra una marcha semejante, indicando que el aire suministra vapor de agua al suelo. Tanto las masas de aire polar continental como las masas de aire ártico son altamente estables; el gradiente de temperatura en las capas bajas es mucho menor que el adiabático, y las nubes estratiformes son las predominantes.

***Fuentes de aire polar marítimo.*** Las regiones polares están separada de las regiones tropicales por un cinturón relativamente estrecho. Sobre los océanos, se forman las masas de aire polar marítimo, sobre todo cuando

se desarrollan allí áreas de altas presiones. En ocasiones el aire de estas fuentes puede esparcirse lejos hacia latitudes medias.

***Fuentes de aire tropical marítimo.*** En estas regiones el movimiento del aire esta determinado por los anticiclones subtropicales que son muy persistentes y que están ubicados sobre los océanos de temperaturas muy uniformes, por lo tanto el aire en la superficie del mar es también muy uniforme. En la parte este de estos anticiclones existe un persistente movimiento de subsidencia y normalmente se produce una inversión de subsidencia entre unos 500 a 1000 metros de altura sobre la superficie del mar, por lo que el aire no se extiende hasta grandes alturas. En Chile esto se observa claramente en el radiosondeo de Antofagasta, como se analizó en el capítulo 8. La humedad absorbida del océano se restringe a la capa límite marina, y por encima de la inversión la humedad relativa es muy baja, con valores menores que 30%. En la parte oeste de las altas subtropicales se produce un ligero movimiento ascendente, con un profundo gradiente de temperatura. Como consecuencia, la humedad absorbida del océano asciende hasta grandes alturas. La diferencia entre la estructura de las masas de aire en los bordes estes y oestes de los anticiclones subtropicales se puede apreciar claramente comparando la distribución de precipitaciones de la zona central de Chile con la de Uruguay, mostrada en la figura 8.11 del capítulo 8.

***Fuentes de aire tropical continental.*** Ocupa la mayor parte de los continentes, la tierra está muy seca y la circulación es anticiclónica, pero de intensidad relativamente débil. En las zonas continentales influenciados por los sistemas de altas presiones, con acentuada subsidencia de aire desde altura, la columna de aire es relativamente seca y la precipitación escasa. Solo se encuentra humedad apreciable a lo largo de los bordes occidentales de las regiones fuentes, y aquí son claramente frecuentes los chubascos de verano.

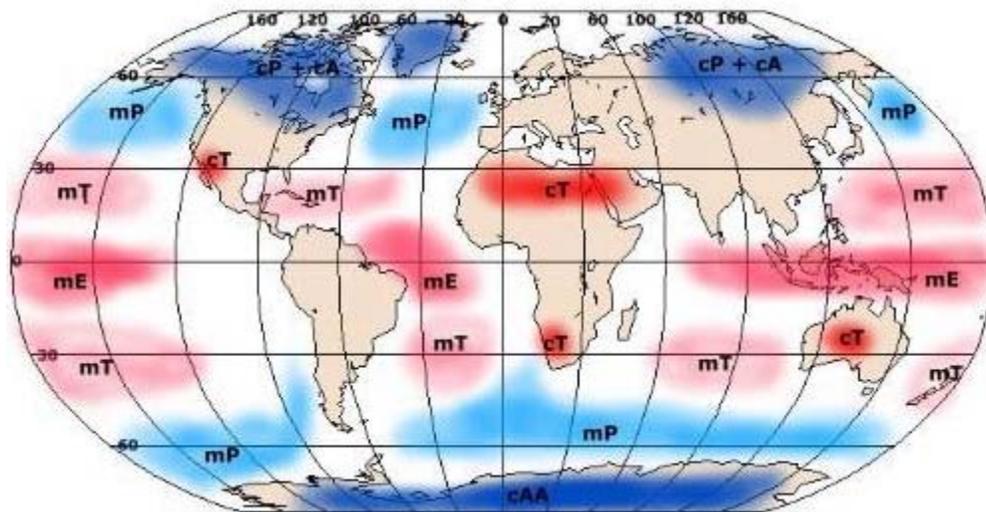
***Fuentes de aire ecuatorial.*** En el borde ecuatorial de las altas subtropicales, los alisios se encuentran en la zona de convergencia intertropical, sobre agua más caliente. En la zona de convergencia hay un movimiento

general de ascenso; el gradiente de temperatura es profundo y la conducción de calor y humedad hacia arriba, hasta niveles altos, es activa. Nos encontramos con el cinturón ecuatorial con nubes cumulonimbus de gran desarrollo vertical y precipitación intensa.

**Regiones de Transición.** Son regiones de transformación rápida de masas de aire (en cálidas o frías), en las cuales el calor y la humedad son tomados por el aire a grandes velocidades, alcanzando grandes alturas debido a un aumento en la movilidad vertical del aire, son regiones de frecuentes tempestades.

En el esquema de la figura 9.2 se muestran las ubicaciones de las distintas regiones fuentes de masas de aire. La nomenclatura se define en el punto 9.3.

Figura 9.2 Regiones fuente de masas de aire.



La figura 9.3 muestra las regiones fuentes de masas de aire que frecuentemente se producen cerca de Chile. Las zonas tropicales son productoras

de masas de aire cálido y las zonas polares son productoras de masas de aire frío.

Figura 9.3 Regiones fuente de masas de aire cerca de Chile.



### 9.3 CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS DE AIRE.

La clasificación de una masa de aire depende de la latitud de la región fuente y la naturaleza de la superficie en el área de origen: océano o continente. La latitud de la región fuente regula las condiciones de temperatura dentro de la masa de aire y la naturaleza de la superficie debajo influye fuertemente en el contenido de humedad del aire.

Una masa de aire se identifica con dos códigos. Con referencia a la latitud (o temperatura), una masa de aire se ubica en cuatro categorías: polar (**P**), ártica o antártica (**A**), tropical, (**T**) y ecuatorial (**E**). Las diferencias entre las polar y ártica y entre las tropical y ecuatorial son generalmente pequeñas y simplemente sirven para indicar el grado de enfriamiento o calentamiento de las respectivas masas de aire. Con referencia a la naturaleza de la superficie de la región fuente, y por lo tanto a las características de humedad de la masa de aire, se usan las letras minúsculas **m** para marítima o **c** para continental. Puesto que las masas de aire marítimo se forman sobre los océanos, tienen mayor contenido de vapor de agua que las masas de aire continental, formadas sobre superficies de tierra.

Aplicando este esquema de clasificación, se pueden identificar las siguientes masas de aire: ártica continental (**Ac**), polar continental (**Pc**), tropical continental (**Tc**), tropical marítima (**Tm**), polar marítima (**Pm**) y ecuatorial marítima (**Em**) (figura 9.2). Observar que en la lista no se incluyen ni **Am** (ártica marítima) ni **Ec** (ecuatorial continental), porque si se forman, son muy raras. Aunque las masas de aire ártico se forman sobre el océano Ártico, este está siempre cubierto de hielo, por lo que tiene características de humedad similar a las de regiones fuentes continentales. Por el contrario, la región de los vientos alisios producen casi exclusivamente masas de aire cálido y húmedo. Una masa de aire continental ecuatorial generalmente no se forma, porque esta región del globo está dominada por los océanos, más del 75 % de la franja ecuatorial 10° N y S es océano. Además las áreas de tierras adyacentes al ecuador son cálidas y de bosques tropicales lluviosos, por lo que las masas de aire ahí formadas tienen un contenido de humedad relativamente alto. En la tabla 9.1 se clasifican las distintas masas de aire, indicando los valores característicos de temperatura, humedad y propiedades de estabilidad del aire.

#### **9.4 MODIFICACIÓN DE UNA MASA DE AIRE.**

Después que se forma una masa de aire, normalmente migra desde la región fuente a otra zona con superficie de diferentes características. Una

vez que la masa de aire se mueve desde su región fuente, no solo modifica el tiempo del área por la que pasa, sino que también es gradualmente modificada por la superficie donde se mueve. El calentamiento o enfriamiento desde abajo, la adición o sustracción de humedad y los movimientos verticales, todos actúan para producir cambios en la masa de aire. La cantidad de la modificación puede ser relativamente pequeña o el cambio puede ser lo suficientemente profundo como para alterar completamente la identidad de la masa de aire.

Tabla 9.1 Clases de masas de aire.

Masa de aire	Símbolo	Temperatura (°C)	Humedad específica (gr/kg)	Propiedades
Ártica continental	<b>Ac</b>	-55 a -35	0.05 a 0.2	Muy fría, muy seca, muy estable
Polar continental	<b>Pc</b>	-35 a 10	0.2 a 8	Fría, seca y estable
Tropical continental	<b>Tc</b>	30 a 42	5 a 10	Cálida seca e inestable
Tropical marítima	<b>Tm</b>	22 a 30	15 a 20	Cálida, húmeda, estabilidad variable
Polar marítima	<b>Pm</b>	0 a 15	5 a 10	Fresca, húmeda e inestable
Ecuatorial marítima	<b>Em</b>	Aprox. 27	Mayor 20	Cálida, muy húmeda e inestable

Cuando una masa de aire es mas fría que la superficie sobre la cual se mueve, se agrega una letra minúscula *k* después del símbolo de la masa de aire y si es mas caliente, se le agrega la letra minúscula *w*. Esto no significa que la masa de aire sea fría o cálida, sino que el aire es relativamente más frío o más cálido en comparación con la superficie subyacente sobre la cual se mueve. Por ejemplo, una masa de aire **Tm** que en verano se acerque a Concepción, se clasifica como **Tmk**, porque es más fresca que la cálida superficie de tierra por la que pasa. Las letras *k* y *w* dan una indicación de la estabilidad de la masa de aire y del tiempo que se podría esperar. Una masa de aire que es más fría que la superficie, se

va a calentar en su capa más baja. Esto produce inestabilidad que favorece el ascenso del aire cálido de abajo y crea la posibilidad de formación de nubes y precipitación. El tiempo característico asociado a una masa de aire k a menudo se compone por nubes cumuliformes y con posibilidad de producirse precipitación como lluvia o tormentas. También la visibilidad es buena debido a la agitación y reciclado del aire.

Inversamente, cuando una masa de aire es más cálida que la superficie sobre la cual se mueve, su capa más baja se enfría. Se produce una inversión en superficie que aumenta la estabilidad de la masa de aire. Esta condición no favorece el ascenso del aire y se opone a la formación de nubes y precipitación. Las nubes que se forman pueden ser estratiformes y a lo más producen una ligera llovizna. Sin embargo, debido a la carencia de movimiento vertical, a menudo el humo y el polvo se concentran en las capas más bajas de la masa de aire y se produce mala visibilidad. Durante ciertas épocas del año, las nieblas, especialmente de advección, pueden ser comunes en algunas regiones.

Además de las modificaciones que resultan de las diferencias de temperatura entre una masa de aire y la superficie de abajo, los movimientos verticales inducido por ciclones y anticiclones o por topografía, también pueden afectar la estabilidad de la masa de aire. Tales modificaciones se llaman mecánicas o dinámicas y generalmente son independientes de los cambios producidos por la superficie que enfría o calienta. Por ejemplo, la subsidencia asociada con los anticiclones actúa estabilizando la masa de aire. O cuando una masa de aire asciende sobre tierra alta la estabilidad disminuye o si desciende por una barrera montañosa la estabilidad aumenta. O cuando una masa de aire está dentro de una baja, la convergencia y ascenso dominan y la masa de aire se hace más inestable.

***PREGUNTAS.***

1. Defina los términos masa de aire y tiempo de masa de aire.
2. ¿Qué dos criterios se deben reunir en un área para ser considerada una región fuente de masa de aire?
3. ¿Por qué las regiones que tienen circulación ciclónica generalmente no son productoras de masa de aire?
4. ¿Sobre qué base se clasifican las masas de aire?
5. Comparar cualitativamente la temperatura y humedad características de las siguientes masas de aire: Pc, Pm, Tm y Tc.
6. Mencionar las condiciones generales del tiempo asociadas con las masas de aire indicadas con k y w.
7. ¿Cómo pueden modificar unas masas de aire los movimientos verticales inducidos por sistemas de presión o topografía?
8. ¿Qué masa de aire influye en el tiempo de las costas de Chile más que cualquier otra?
9. ¿En qué condiciones una masa de aire polar puede irrumpir bien hacia el norte en Chile?
10. ¿Dónde y en qué condiciones una masa de aire Tc puede afectar a Chile?