

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS**

Materia: Climatología

MASAS DE AIRE Y FRENTES

Cuando el aire se estaciona varios días o semanas sobre una gran región tiende a adquirir determinadas características que dependen de las propiedades de la superficie subyacente. Si el aire es mas frío que la superficie, se calienta a su contacto y el calor se transfiere hacia arriba a través de una capa de varios kilómetros de espesor. Del mismo modo, el aire que se estaciona sobre el océano se vuelve progresivamente más húmedo.

Así tanto la temperatura como la humedad del aire tienden a ponerse en equilibrio con las superficies subyacente hasta un cierto punto que dependen de diversos factores, de los cuales el más importante es la duración del contacto.

1.1 Concepto de masa de aire

Cuando el aire posee propiedades similares en una gran extensión se le llama masa de aire. En cada nivel, la temperatura y la humedad tienen, aproximadamente, los mismos valores sobre grandes distancias horizontales.

1.2 Regiones generadoras de masas de masas de aire

Para que una masa de aire tome propiedades uniformes es necesario que se estacione, más o menos, durante cierto número de días sobre una gran región donde la superficie subyacente tenga características uniformes. Esta región se llama región generadora de masa de aire.

Este aire estacionado se encuentra, la mayoría de las veces, en los grandes anticiclones fijos o lentamente móviles donde, en la proximidad de su centro, el gradiente de presión es débil y el viento flojo o nulo en una gran extensión.

El aire también puede permanecer estacionario durante largo tiempo sobre otras regiones. A menudo se observan grandes anticiclones en invierno sobre los continentes.

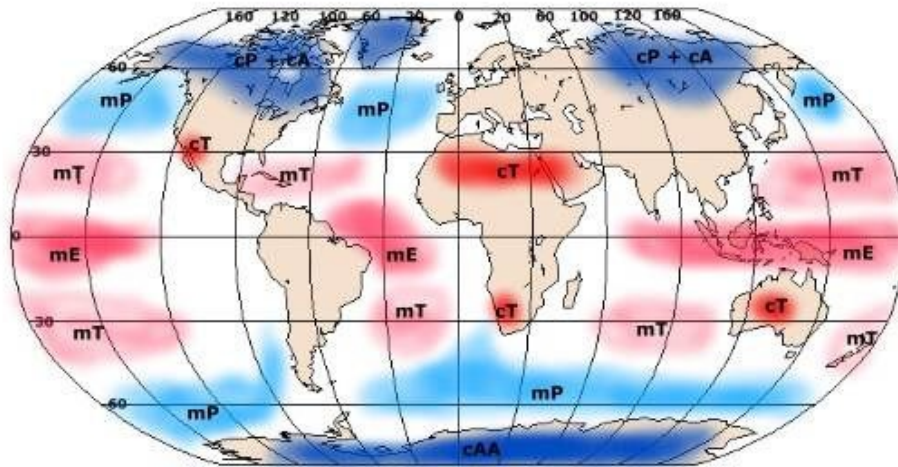


Figura 1. Regiones generadoras de masas de aire

1.3 Clasificación de las masas de aire

Algunas veces, en los esquemas simplificados de la circulación general de la atmósfera figura en cada hemisferio un solo frente —el frente polar— que da una vuelta a la tierra en las latitudes medias. Puede presentar meandros hacia los polos o hacia el ecuador, formando una serie de ondulaciones alrededor de cada hemisferio.

El aire cálido del lado ecuatorial del frente polar se designa con el nombre de “masa de aire tropical”. Por supuesto, puede incluir aire de las regiones subtropicales o de las tropicales. El lado polar del frente polar, el aire es frío y se designa por la expresión “masa de aire polar”. Este aire no proviene necesariamente de las regiones polares, puede venir igualmente de regiones subtropicales.

Esta imagen simplificada no incluye más que dos masas de aire: una masa de aire tropical caliente y una masa de aire fría polar. Esto es casi exacto en la media y en la alta atmósfera (tropósfera). Sin embargo, en la baja troposfera la realidad es mucho más compleja. Esta complejidad se debe a dos causas principales. La primera estriba en que la circulación en las capas bajas es mucho más compleja y en ella, temporal o transitoriamente, se forman masas de aire con frentes aislados y a menudo efímeros.

En segundo lugar, los continentes y los océanos comunican propiedades diferentes al aire que esta encima. Por lo tanto, resultan masas de aire diferentes, de una forma más marcada en las capas bajas que en los niveles altos.

Una forma de clasificar las masas de aire es referirlas a sus regiones generadoras, pero es imposible conservar largo tiempo esta designación cuando se estudia una parte importante del globo. El aire, al desplazarse de unas regiones a otras, cambia de propiedades y, por lo tanto esta designación basada en su región generadora solo se puede aplicar a la historia reciente de la masa de aire.

Sin embargo para la baja troposfera ciertos meteorólogos utilizan una clasificación general que se basa esencialmente en la latitud de la región generadora. Para órdenes de latitud creciente, utilizan los términos siguientes:

- a) aire ecuatorial c) aire polar
- b) aire tropical d) aire ártico o antártico

El factor mas influenciado por la latitud es la temperatura. A menudo la distinción entre a) y b) es difícil de hacer dado que las diferencias de temperatura muy marcadas se mantienen raramente mucho tiempo en las regiones cálidas del globo. Por el contrario, el aire ártico o antártico es extremadamente frío y seco (porque solo puede contener poco vapor de agua), en consecuencia, algunas veces es posible distinguir la existencia de un frente entre c) y d).

Una clasificación secundaria toma en consideración las diferencias de humedad entre dos masas de aire. El aire de origen oceánico contiene mucho vapor de agua y se le llama masa de aire marítimo, mientras que una masa de aire formada sobre una superficie continental es relativamente seca y por eso se le designa con el nombre de masa de aire continental.

1.4 Símbolos de las masas de aire.

La clasificación más sencilla, que se basa en las regiones generadoras de las masas de aire, tiene únicamente en cuenta la temperatura y la humedad. Las masas de aire tropicales (T) y polares (P) se suponen que son relativamente cálidas o frías, respectivamente. Las masas de aire marítimo (m) están consideradas como húmedas y las masas de aire continentales (c) como secas. Por lo tanto se pueden distinguir cuatro tipos de masas de aire y para designarlas se utilizan los siguientes símbolos.

Tropical marítimo - **Tm**
Tropical continental - **Tc**
Polar marítimo - **Pm**
Polar continental - **Pc**

Sin embargo, las masas de aire, cuando dejan su región de origen, sufren modificaciones. El aire frío que pasa sobre una superficie cálida se calienta por la base. Inversamente, el aire cálido pierde calor cuando se desplaza sobre una superficie mas fría.

Estas modificaciones de temperatura actúan sobre el gradiente vertical y, por consecuencia, sobre la estabilidad. Cuando el aire se vuelve inestable, el vapor de agua es llevado a niveles más altos. Por el contrario, la formación de una inversión de temperatura puede impedir la transferencia vertical del vapor de agua.

Además, cuando las masas de aire son más cálidas o más frías que la superficie sobre la que pasan, se producen fenómenos muy marcadas. Esto nos lleva a una nueva subdivisión de las masas de aire y se utilizan los siguientes símbolos:

- a) aire más frío que la superficie sobre la cual se desplaza (K)
- b) aire más cálido que la superficie sobre la cual se desplaza (W)

Estos símbolos pueden combinarse con los que indican la región generadora de la siguiente forma:

TmK, TcK, PmK, PcK , TmW , TcW, PmW , PcW

Se observa que los símbolos K y W no se refieren a la temperatura real del aire, sino a la diferencia entre la temperatura del aire y la de la superficie subyacente.

1.5 Evolución de las masas de aire

Cuando una masa de aire se desplaza sobre una superficie más cálida que ella (se utiliza el símbolo K) se calienta por su base. Entonces la inestabilidad térmica se desarrolla en las capas bajas y luego se extiende hacia arriba. Si el aire inicialmente contenía inversiones estas se destruyen y se establece uniformemente en la baja troposfera un fuerte gradiente de temperatura.

Si la masa de aire (K) se desplaza sobre el agua, su humedad aumenta. La convección transporta el vapor de agua a niveles más altos donde se condensa formando nubes cumuliformes. Pueden originarse cúmulus, grandes cúmulus y cumulonimbus acompañados, eventualmente de chubascos e incluso de tormentas.

La masa de aire (K) se desplaza sobre el continente absorbe menos humedad y la formación de nubes convectivas se retrasa hasta que el calentamiento en la base extienda la inestabilidad a altitudes mayores.

Por el contrario, una masa de aire (a la que se le asignará el símbolo W) al desplazarse sobre una superficie más fría que ella, la pérdida de calor en las capas bajas la vuelve más estable, lo que puede impedir completamente la convección.

El enfriamiento en la base provoca la formación de una capa de aire frío en superficie. Sin embargo, el aire situado sobre la inversión no experimenta, en su conjunto, ninguna modificación, salvo por el enfriamiento lento causado por la radiación hacia el espacio

Eventualmente, el aire cerca de la superficie puede enfriarse por debajo de su punto de rocío y existe la posibilidad de formación de nieblas o de estratos; también se puede producir mala visibilidad y quizá llovizna.

En general, se supone que las características de las masas de aire se modifican lentamente. Por ejemplo: el aire polar que penetra en las regiones tropicales y permanece allí estacionario debe experimentar lentas modificaciones antes de que pueda designarse como aire tropical.

2.1 Generalidades sobre los frentes

Nunca se observan en la atmósfera superficies de discontinuidad claras entre dos masas de aire. Mas bien hay zonas de transición donde las propiedades del aire pasan gradualmente de las que tiene una masa a las de la otra. Por lo tanto, es más correcta utilizar la expresión zona frontal. Sin embargo, en

meteorología sinóptica sigue utilizándose corrientemente el término frente.

En general la zona frontal tiene varios kilómetros de espesor pero es más cómodo representarla en los mapas meteorológicos, por una línea. No obstante, se puede reservar el uso de la expresión "zona frontal" cuando se quiere insistir sobre el carácter gradual del paso de una región a otra.

En el caso más sencillo, una zona frontal separa masas de aire de diferente densidad. En los mapas sinópticos se pueden observar diferencias de temperatura y, con bastante frecuencia, de humedad en las proximidades de la zona frontal. Estas diferencias son más marcadas, que las variaciones despreciables, que pueden existir sobre grandes distancias dentro de cada masa.

2.2 Clasificación de los frentes.

Para simplificar, supóngase que el frente polar sea una superficie plana. No es vertical, sino que presenta una inclinación hacia el polo a partir de su intersección con la superficie del globo. En algunos puntos del frente polar, es aire frío, más denso, avanza hacia el ecuador en forma de cuña bajo el aire cálido que es obligado a elevarse. La parte del frente polar donde esto se produce es un frente frío y en ella el aire polar frío reemplaza al aire cálido tropical. También existen partes del frente donde el aire cálido, más ligero se desliza hacia los polos elevándose por la pendiente formada por el aire frío.

En este caso, esta parte del frente polar es un frente cálido y en ella el aire cálido tropical reemplaza al aire polar frío. En general la pendiente del frente frío es más abrupta que la del frente cálido. Por término medio, un frente frío se eleva 1 Km por cada 75 Km de distancia horizontal. En el caso de un frente caliente la pendiente es del orden de 1 Km por cada 250 Km.

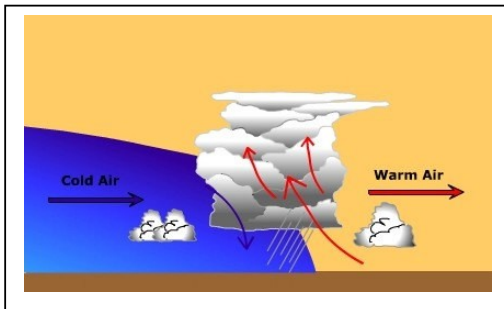


Fig.2.1 Pendiente del frente frío

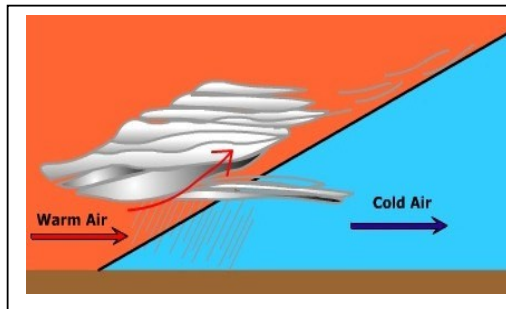


Fig.2.2 Pendiente del frente cálido

2.3 Fenómenos asociados con los modelos teóricos de frentes.

Se describirán los fenómenos meteorológicos que pueden estar asociados a estos modelos teóricos sin olvidar que muy frecuentemente se apartan de la realidad. Por ejemplo: si el aire caliente es estable y seco, el desarrollo de las nubes es más limitado y puede que no se produzcan precipitaciones.

2.3.1 Modelo teórico del frente frío.

En general, la pendiente de los frentes fríos es abrupta. Por lo tanto, su acción en la producción de nubes y precipitaciones es mas violenta cuando el aire frío reemplaza al aire cálido y húmedo. El frente puede ir acompañado de cumulonimbus (Cb), Nimboestratus (Ns), Cirrus (Ci) y Cirrusstratus (Cs), vientos turbulentos y ráfagas, fuertes lluvias y algunas veces tormentas. Cuando el aire del frente frío actúa sobre el aire húmedo inestable se puede observar una línea de turbonada acompañada de tormentas y un brusco giro del viento. Debido a que el frente frío es abrupto provoca en una distancia muy corta, un levantamiento del mismo orden que el producido en una zona mucho más extensa en la parte delantera de un frente caliente. Por lo tanto, va acompañada de una zona mucho mas estrecha de nubes y precipitaciones que la correspondiente a los frentes caliente. Su acción es de corta duración pero violenta.

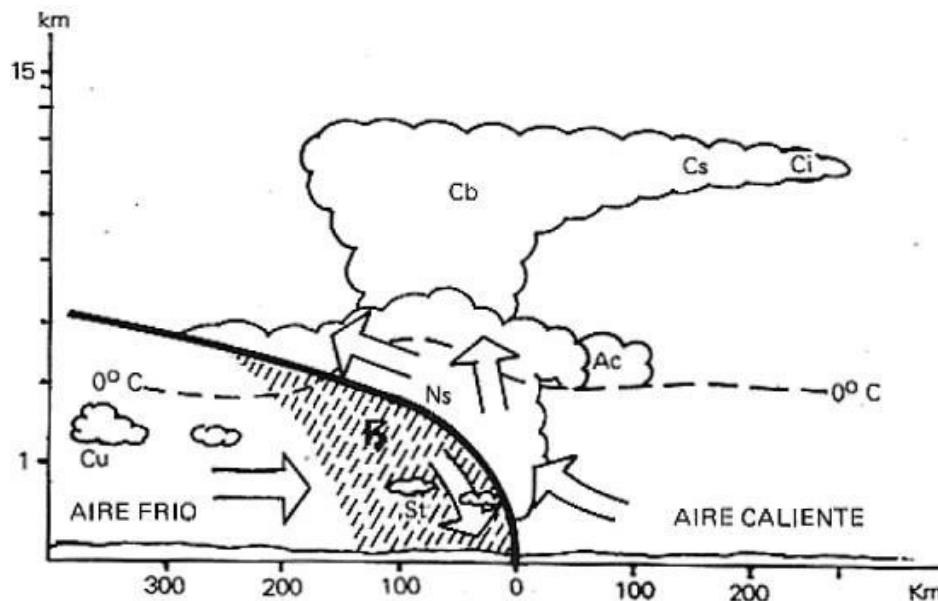


Figura 3. Frente Frío y nubosidad asociada

2.3.2 Modelo teórico del frente caliente

Cuando el aire caliente es húmedo, la llegada de un frente caliente se anuncia por la aparición de cirrus, después cirroestratus que forman un velo de espesos creciente. Si el aire cálido es inestable y turbulento se pueden observar cirrocúmulos (cielo aborregado).

A medida que el frente se acerca, el aire cálido esta cada vez más bajo y las nubes pertenecen al piso medio tales como altostratus y altocúmulus. La lluvia o la nieve comienzan cuando los altocúmulus se espesan.

Sin embargo sucede que estos hidrometeoros se evaporan antes de alcanzar el suelo, formando virgas bajo la capa nubosa principal.

Con la llegada de los nimbostratus las precipitaciones se hacen cada vez más intensas. Muy a menudo se observan también nubes bajas en el aire frío que se forman a consecuencia de la evaporación de las gotas y del agua de la lluvia.

del suelo. Los fenómenos que acompañan al frente caliente dependen estrechamente de las características que posea el aire cálido antes de elevarse. Además, debido a la débil velocidad de ascendencia sobre la pendiente poco acusada del frente, la mayoría de las fuertes lluvias sólo pueden explicarse por la presencia de grandes convecciones en el aire cálido, que, por lo tanto, tiene que ser inestable.

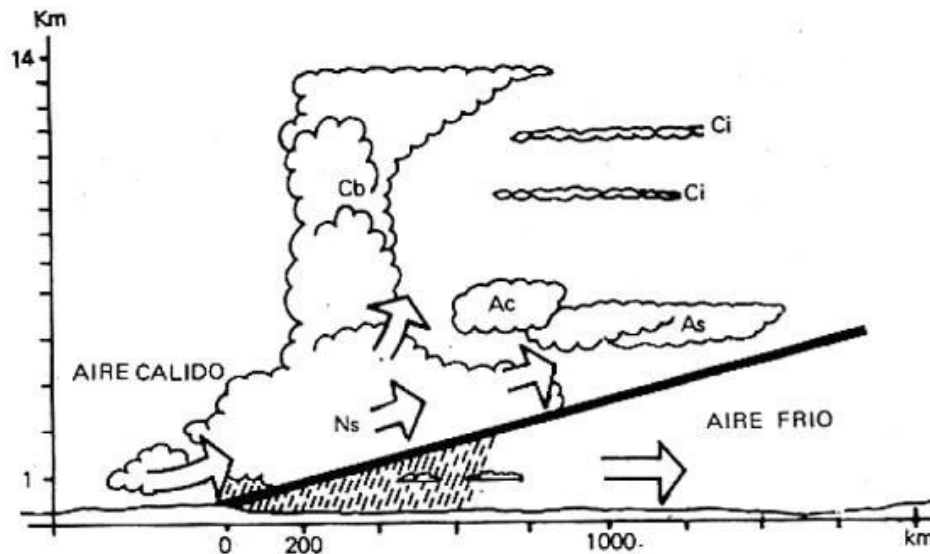


Figura 4. Frente Cálido y nubosidad asociada

2.3.3 Frentes ocluidos

Cuando el frente frío se desplaza más rápidamente que el frente caliente y lo alcanza, el sector cálido se estrecha y se forma un frente complejo representado por la línea de trazos. Es el proceso de oclusión. El frente que resulta se llama frente ocluido. El aire que inicialmente se encontraba en el sector cálido, es empujado hacia niveles mas altos se pueden formar dos tipos de frente ocluido debido a que el aire frío situado detrás del frente frío tiene una historia y una evolución que difieren de la del aire frío que se encuentra delante del frente cálido.

Cuando el aire frío situado detrás del frente frío es el más frío de las dos masas de aire se desliza bajo el frente cálido y se forma una oclusión con carácter de frente frío.

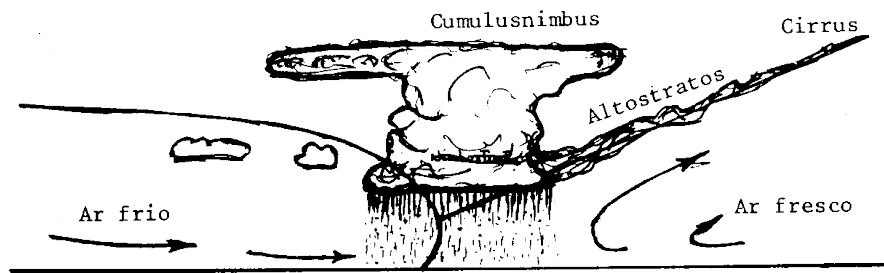


Figura 5. Frente Ocluido y nubosidad asociada

La figura representa una oclusión con carácter de frente caliente. En este caso, la más fría de las dos masas de aire frío es la que se encuentra bajo el frente caliente y el aire que sigue al frente frío se eleva sobre ella.

2.3.3.1 Fenómenos asociados con los frentes ocluidos.

En estos dos tipos de oclusión, un valle constantemente encerrado entre las dos masas de aire frío que se acercan contiene aire cálido, el cual es empujado hacia arriba y puede formar nubes y producir precipitación. En ciertos casos, la interacción entre las dos masas frías también puede provocar la formación de nubes y de precipitación en las capas bajas a lo largo de la línea de giro del viento. En realidad, los fenómenos que se producen en el caso de los frentes ocluidos dependen de su estructura y de sus movimientos. Pueden presentar algunas de las características de los frentes fríos y de los calientes pero la sucesión de acontecimientos es más compleja. Mientras continua el proceso de oclusión, el sector cálido se eleva cada vez mas, Entonces la depresión se encuentra enteramente rodeada de aire frío en las capas bajas. Cuando llega a este estado, las masas de aire han tenido tiempo de modificarse completamente y de mezclarse. La depresión se rellena progresivamente y desaparece.

2.4 Ciclones extratropicales y perturbaciones del Frente Polar.

En la vecindad del frente polar existe una gran concentración de energía potencial. Esta energía se libera por un mecanismo natural constituyendo perturbaciones del frente polar.

También se emplea la expresión "ciclones extratropicales" pues las perturbaciones del frente polar van acompañada de depresiones móviles que es necesario distinguir de los ciclones tropicales cuyo mecanismo es muy diferente.

Algunas veces, las depresiones extratropicales se pueden formar en ausencia de frentes. Las que están ligadas a un frente están asociadas a una deformación, en forma de onda o de ola del frente, que es la que constituye la perturbación.

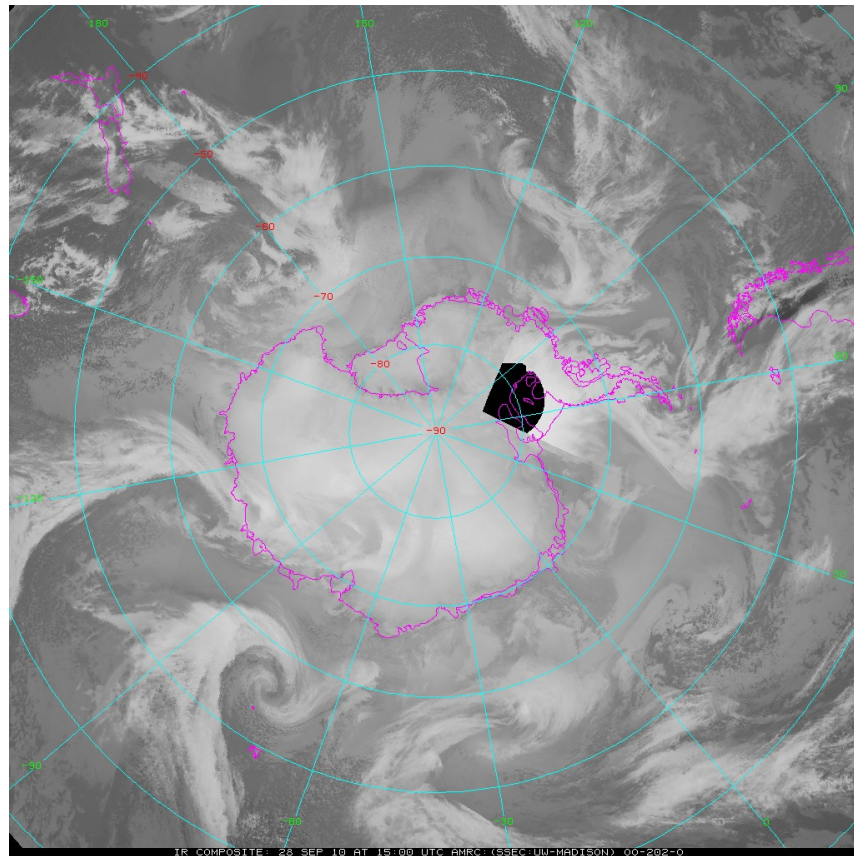


Figura 6. Ciclones extra-tropicales y perturbaciones en el frente polar

2.5 La perturbación frontal.

Durante la primera guerra mundial la falta de observaciones de las regiones vecinas, en particular de los océanos, incitó a los meteorólogos noruegos a establecer en su propio país una red densa de estaciones de observación para intentar compensar esta falta. De esta forma reunieron una información abundante y detallada, en particular sobre los ciclones extratropicales. Un grupo de meteorólogos del Instituto de Geofísica de Bergen, pudo desarrollar un modelo de depresión móvil que sirviera de base a la teoría de las perturbaciones del frente polar.

Según esta teoría, pueden formarse depresiones móviles sobre el frente polar. Después se descubrió que se pueden formar otros frentes en los cuales existe la posibilidad de que se originen depresiones. Estas se forman alrededor de una deformación en forma de onda sobre el frente. Algunas de estas ondulaciones evolucionan poco y acaban desapareciendo. Estas son las ondas estables. Sin embargo algunas veces, la amplitud de la ondulación aumenta hasta tal punto que acaba por empujar las masas de aire polares o tropicales lejos de su región generadora y provocar su evolución y después su mezcla. Tales ondulaciones se llaman inestables. También se las llama perturbaciones frontales.

La amplitud de las ondulaciones inestables aumenta hasta que parecen

romperse como las olas del océano. La figura 7 representa esta evolución en el hemisferio sur.

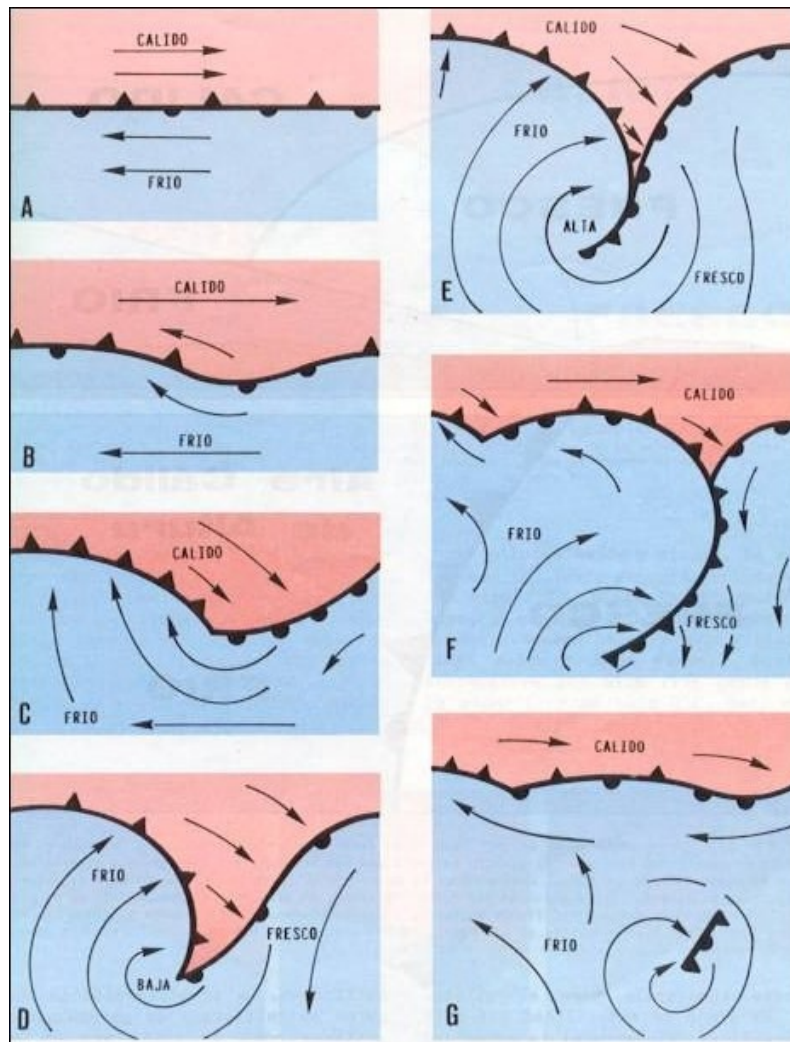


Figura 7. Etapas en la formación de una depresión frontal (H.S.)

2.6 Fenómenos asociados a las perturbaciones.

Véase lo que ocurre cuando una perturbación que haya alcanzado el estado c) de su desarrollo (se dice que ha alcanzado su madurez) pasa sobre una estación: primeramente el frente caliente, después el frente frío separados por el sector cálido. Cuando se acerca el frente cálido, la presión baja, tanto más cuanto más cerca está el frente. Al mismo tiempo, la nubosidad y las precipitaciones lo mismo que la humedad aumentan. En general, la temperatura varía poco o crece lentamente hasta que el frente en superficie alcance la estación.

Entonces, se produce una elevación brusca de la temperatura cuya importancia depende del contraste entre las dos masas de aire separadas por el frente. Al paso del frente, la nubosidad decrece o el cielo se aclara enteramente. Esta parte de la perturbación se llama sector cálido. En este sector, la nubosidad depende de las características de la masa de aire que ocupa esta región, entre

las que se encuentran su temperatura, su humedad y el gradiente vertical de temperatura. Sin embargo, la temperatura permanece relativamente alta. Primeramente el barómetro se estaciona o señala una ligera baja; después, una baja mas marcada a la llegada del frente frío.

Cuando se aproxima un frente frío abrupto y bien delimitado, el viento del sector cálido refresca y si el aire es húmedo e inestable se ve aparecer cumulonimbus con precipitaciones en aumento. Asimismo del frente se produce una vigorosa turbonada con giro brusco de la dirección del viento en el momento en que el aire frío alcanza la estación. A continuación, después de la llegada del frente se produce una marcada subida de presión.

Normalmente, se produce un rápido despeje de nubes cuando el frente tiene una pendiente fuerte. Sin embargo, en las regiones montañosas u oceánicas pueden originar tormentas si el aire situado detrás del frente es húmedo e inestable.

Esta descripción corresponde a una situación teórica. Sin embargo, conviene recordar que no todas las perturbaciones corresponden a este esquema. Las nubes y las precipitaciones asociadas a una perturbación dada dependen esencialmente de la temperatura, de la humedad y del gradiente vertical de temperatura de las masas de aire consideradas.

2.7 Ejemplos de simbología en los mapas del tiempo (mapa sinóptico).

A continuación se presentan algunas de las simbologías utilizadas para colocar los datos observados y para representar la ubicación y presencia de frentes fríos, calidos, etc. en los mapas sinópticos de superficie.

