

Capítulo 11.- Predicción meteorológica

11.1.- Introducción.

En el curso de Meteorología Marítima del actual plan de estudios tuvimos ocasión de familiarizarnos con los diversos campos físicos que describen el comportamiento de la atmósfera, y cuyos valores en un instante dado, en una determinada región espacial, definen lo que conocemos por tiempo meteorológico en la citada región. Aprendimos que las distintas variables meteorológicas se encuentran interrelacionadas entre sí, de manera que cualquier leve cambio en una de ellas se traduce inmediatamente en la alteración de las otras, de forma que el sistema atmosférico constituye un sistema complejo para cuya evolución es muy difícil efectuar un modelo matemático que la explique satisfactoriamente. La meteorología es la parte de las Ciencias Físicas donde resulta más evidente el concepto de “sistema complejo”, hasta el punto de que fueron los trabajos desarrollados por Edward Lorenz para simular en ordenador el tiempo atmosférico los que originaron la *teoría del caos*, que supuso una revolución para la Ciencia en los años sesenta y encontró interesantes aplicaciones en campos tan dispares como la economía, la medicina, la biología, etc.

Dentro del concepto “determinista” de Newton, podemos decir que en la actualidad se usan los más potentes ordenadores para modelar el comportamiento atmosférico, y aplicarlo al principal objetivo de la meteorología: la predicción del tiempo atmosférico. Tan absurdo sería negar los avances en el campo de la predicción meteorológica, como ignorar que los mejores modelos se vienen abajo en un momento dado, como si de un capricho de la naturaleza se tratara. Es evidente que nos encontramos ante un árduo problema ... que, no obstante, hemos de intentar resolver, pues son enormes los intereses económicos involucrados y, en demasiadas ocasiones, algo infinitamente más valioso: vidas humanas.

Sirva lo anterior para comprender que, aunque no es objetivo del plan de estudios hacer del marino un meteorólogo, y mucho menos un predictor, sí es posible abordar el problema con un enfoque práctico que le permita un razonable éxito para los fines perseguidos. En tal contexto hay que juzgar el capítulo que ahora se desarrolla.

11.2.- Reglas generales de predicción.

Las reglas de predicción deben ser aplicadas con sumo cuidado, pues la validez de cada una de ellas suele ser limitada, y muchas veces resulta dudoso conocer qué regla debe ser aplicada en un caso particular. Cuando se reciben a bordo partes de predicción sobre el área en que estamos navegando no conviene efectuar nuestras propias previsiones, puesto que los citados partes han sido elaborado con más datos meteorológicos y realizados por meteorólogos profesionales. Sin embargo, a veces sucede que el área por la que tenemos interés no se encuentra suficientemente contemplada en el parte, y no hay más remedio que recurrir a nuestro propio análisis y predicción. En estos caso se recomienda seguir las siguientes reglas para estimar el desplazamiento de altas, bajas y frentes, así como para los cambios de intensidad de los sistemas béricos:

1) *REGLA DE CONTINUIDAD*

Es la regla fundamental de la predicción, y consiste en la extrapolación en el tiempo de la velocidad de traslación y de los cambios climatológicos experimentados por los sistemas béricos, apoyándose en el hecho de que la evolución y cambio de intensidad han de mostrar continuidad.

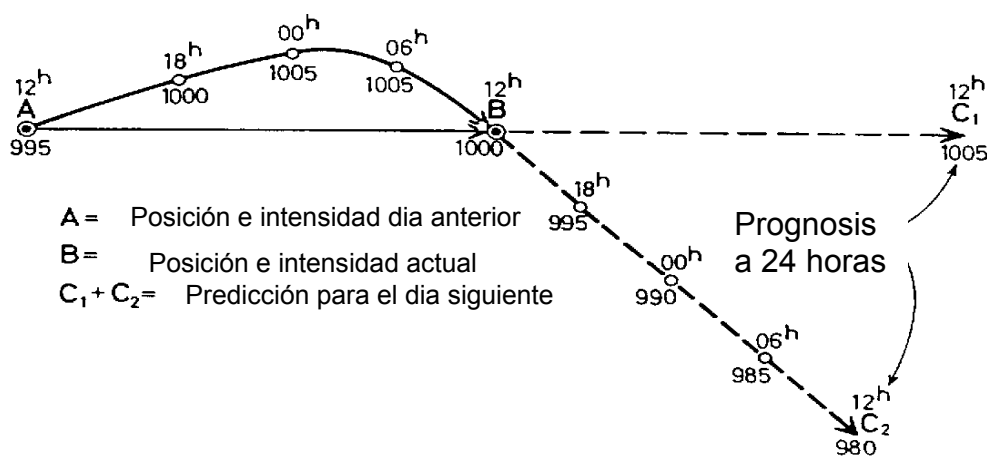


Figura 11.1

La figura 11.1 ilustra esta regla: en un momento dado, situamos una baja presión de 1000 mb en el punto B; en el mapa correspondiente a 24 horas antes la misma se encontraba en el punto A, distante 480 millas y con una intensidad de 995 mb. La aplicación de la regla aconsejaría situar el centro en C_1 , con un valor de 1005 mb, 24 horas más tarde.

El método también puede aplicarse en la hipótesis de que el movimiento y variación observados en el sistema no fueran uniformes, con la única condición de que la misma haya mostrado una "tendencia" regular. Así, sirviéndonos de la misma figura, si la evolución observada en las últimas 24 horas por la depresión hubiera sido la que representa la trayectoria curvilínea, en lugar de la recta contemplada en el ejemplo precedente, la previsión de trayectoria y posición al cabo de 24 horas sería la indicada hasta el punto C_2 , y la intensidad de la misma tendería a 980 mb, a juzgar por la tendencia decreciente manifestada por la baja en las últimas seis horas.

Según vemos, las posiciones C_1 y C_2 son muy diferentes, y lo mismo ocurre con la intensidad prevista en ambos casos. El problema es cuál de las dos previsiones es la más probable. Con los datos manejados hay que pensar que es la segunda, dado que ha usado más datos intermedios entre A y B. La conclusión es que la evolución de un sistema es tanto más previsible cuanto más situaciones del mismo se conozcan, para un mismo intervalo de tiempo.

La regla de continuidad (continuidad en trayectoria, intensidad y tendencia) es tanto más válida cuanto menor es el intervalo temporal a que se aplique. Normalmente proporciona buenos resultados para predicciones a 6 horas, y menos fiable cuando se extienden hasta 12 ó 24 horas. No obstante la extrapolación puede realizarse a estos últimos plazos si tenemos en cuenta los antecedentes climáticos y el esquema bórico general del mapa meteorológico. En cuanto a los primeros, existen áreas oceánicas en donde las depresiones tienden a moverse en línea recta, y otras en que suelen curvar su trayectoria de una cierta forma. Así, por ejemplo, es bien conocido que los ciclones tropicales suelen recurvar su trayectoria inicial al alcanzar ciertas áreas oceánicas, áreas que experimentan una migración estacional. Igualmente existen regiones donde las depresiones extratropicales siguen, con mayor frecuencia, trayectorias curvilíneas, una de ellas se localiza sobre el Mar de Irminger, entre Islandia y el sur de Groenlandia, donde se desvían a menudo en sentido ciclónico, al tiempo que disminuye su velocidad de desplazamiento. Desde el punto de vista cinemático, en ciertas áreas, las depresiones tienden a

acelerar o decelerar su movimiento. Así, los ciclones aminoran durante la recurva, acelerando tras la misma, y las depresiones extratropicales tienden a aumentar su velocidad cuando pasan por zonas en las que hay un fuerte contraste térmico entre masas de agua fría y cálida (en el Atlántico norte existe una región al S y E de Newfoundland, que actúa como un auténtico acelerador de las depresiones).

2) *REGLA DE GUILBERT-GROSSMAN.*

Esta regla es muy útil para determinar la velocidad con que se desplazan los sistemas. Se enuncia de la siguiente manera:

Las vaguadas, e incluso las bajas cerradas, tienden a desplazarse hacia el lugar ocupado 24 horas antes por la dorsal de altas presiones precedente.

Si los ponientes son mucho más fuertes de lo normal, una vaguada puede incluso duplicar su velocidad, de manera que alcanza la posición que ocupaba la vaguada precedente en un espacio de 24 horas. Lo normal, sin embargo, es que el intervalo entre vaguadas (o entre dorsales) sea del orden de las 48 horas.

Esta regla es válida para latitudes medias, pues en subtropicales y tropicales el intervalo que media entre dos perturbaciones sucesivas suele ser de unos cinco días.

3) *REGLA DE LAS ISOBARAS COMPARTIDAS.*

Cuando no existe una dorsal bien definida próxima a una depresión móvil, es útil aplicar la regla siguiente:

Cuando dos depresiones están conectadas, es decir, poseen isobaras comunes, la secundaria tiende a moverse alrededor de la primera de manera que su centro permanece, 24 horas más tarde, cerca de la isobara común más baja.

En la figura 11.2 se muestra una aplicación de esta regla, donde vemos una situación sobre el Atlántico NE en la que dos depresiones comparten varias isobaras, la menor de las cuales es de 1000 mb. La depresión más profunda (principal) está situada al norte. De acuerdo con lo dicho, la depresión secundaria (meridional) estará, 24 horas más tarde, en la posición A.

11.3.- Reglas específicas de predicción.

A partir de leyes físicas más generales pueden derivarse reglas puntuales que poseen gran interés práctico para el marino, en orden a la previsión del tiempo:

ciclónicamente en torno a las primarias, y cuando son comparable en tamaño a éstas, ambas depresiones tienden a girar, una en torno a la otra, en sentido ciclónico. La secundaria posee una velocidad que depende de los vientos de circulación de la primaria.

8) Una depresión sin frentes se mueve en la dirección de los vientos más fuertes que circulan en torno a ella, es decir, conforme a las isobaras más apretadas de su vecindad.

9) Las depresiones con frentes se suceden en familias, de manera que cada nueva depresión sigue una trayectoria similar a la que le precede, pero cada vez en latitudes más bajas.

10) Cuánto más se profundiza una depresión secundaria, tanto más se aproxima al centro de la baja primaria, pudiendo incluso fundirse con ella.

11) Las depresiones tienden a moverse en torno a extensos anticiclones cálidos, en la dirección que el viento posea en sus bordes. En el hemisferio norte/sur el aire cálido siempre queda del lado derecho/izquierdo de la trayectoria seguida por la baja.

12) Las depresiones ocluidas tienden a debilitarse o rellenarse. esta tendencia se acentúa sobre aguas frías o sobre tierra firme.

13) Una baja ocluida, o carente de frentes, situada sobre aguas cálidas subtropicales se intensifica a veces durante uno o dos días antes de comenzar a rellenarse.

14) Cuando se forma una baja secundaria en el punto de oclusión (punto en que el frente frío y cálido se unen formando el frente ocluido), tal secundaria se desplaza en la dirección de las isobaras que corresponden al sector cálido e incluso a la derecha del mismo.

15) Si una ondulación de un frente es seguida por otra, a corta distancia, es poco probable que se genere una depresión fuerte. La profundización de una depresión (que se inicia como consecuencia de una ondulación frontal) solo tiene lugar si hay suficiente aire frío empujando tras ella, lo cual viene indicado por varias isobaras cortando el frente frío.

11.3.2.- Movimiento de los ciclones tropicales.

En la figura 11.3 se ilustran las trayectorias habitualmente seguidas por los ciclones tropicales en las regiones donde se originan.

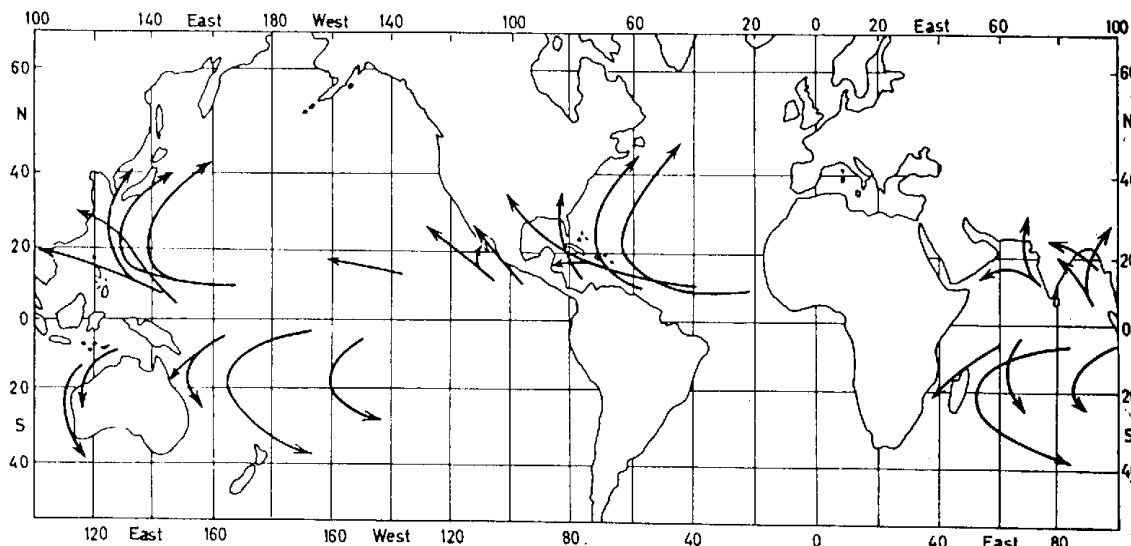


Figura 11.3

Como podemos apreciar poseen pautas de comportamiento bien distintas, pese a lo cual es posible aplicar ciertas normas, en lo que concierne a su trayectoria:

- a) Los ciclones suelen curvar alrededor del alta subtropical adyacente. Téngase presente que el cambio de posición estacional de esta alta provoca un cambio, igualmente estacional, en la trayectoria media de los ciclones, así, para los tifones del Pacífico Norte tenemos

E P O C A	LATITUD DE LA RECURVA
Julio- Agosto	25°N
Noviembre- Abril	18°N

y para los ciclones del Indico meridional,

E P O C A	LATITUD DE LA RECURVA
Enero-Febrero	22°S
Abril	15°S

b) A veces la recurva de los ciclones tiene lugar a muy bajas latitudes, por ejemplo en el Caribe, al sur de las Filipinas y el norte de Madagascar.

c) La componente en la dirección de los polos de la trayectoria de un ciclón suele ser mayor que la deducida a partir del campo bórico existente fuera de la trayectoria del propio ciclón.

d) Si un alta que se desplaza hacia el E bloquea un ciclón, este puede variar su trayectoria en función de las intensidades relativas de ambos sistemas. El efecto de bloqueo, que hace variar la dirección del ciclón hacia la izquierda/derecha (hemisferio norte/sur), disminuye con la latitud y cuanto más avanzada se encuentra la estación de los ciclones.

11.3.3.- Movimiento y evolución de los anticiclones.

1) Las dorsales de alta presión existentes entre dos depresiones se desplazan en la misma dirección y con la misma velocidad que las propias depresiones.

2) Un anticiclón frío post-frontal se intensifica cuando se desplaza hacia el sur/norte (hemisferio norte/sur), en tanto que un anticiclón subtropical cálido pre-frontal se debilita.

3) Un anticiclón frío o semifrío, con isobaras cerradas, se desvía a la derecha/izquierda (hemisferio norte/sur) de la trayectoria de la depresión que le precede.

4) Un anticiclón frío que se mueve lentamente o se hace estacionario, en latitudes subtropicales, se transforma pronto en un anticiclón cálido, con lo que se convierte en un centro de acción respecto de las depresiones que se encuentran en el lado próximo al polo del mismo.

5) Los centros de altas presiones de pequeña extensión se mueven más rápidamente que los que cubren grandes extensiones. Los anticiclones cálidos muy extensos tienden a desplazarse lentamente y, a veces, de forma muy irregular.

11.3.4.- Movimiento de los frentes.

1) La velocidad con que se desplaza un frente viene dada por la componente del viento perpendicular a éste. Desde el punto de vista gráfico, un frente que se encuentra cruzado de isobaras muy apretadas se desplazará rápidamente.

2) Un frente frío se desplaza más rápidamente cuanto más sube la presión tras él, y un frente

cálido cuanto más baja la presión delante del mismo.

3) Un frente que se coloca paralelo a las líneas isobaras es estacionario o se mueve muy lentamente, debilitándose y extinguiéndose al cabo de poco tiempo.

4) Cuando un frente se extiende a lo largo de una vaguada de presiones, y no es cortado por ninguna isobara, es estacionario. Puede ocurrir que el campo bórico general provoque movimiento de la propia vaguada, en cuyo caso el frente se desplazará con ella.

5) Cuando un frente ocluido se acerca a un alta estacionaria su avance disminuye.

6) Los frentes cálidos avanzan, por lo general, con velocidad entre un 70% y un 50% de la que se deduciría del viento perpendicular al frente. Los frentes fríos lo hacen con velocidades entre un 70% y un 90% de dicho valor. Los frentes ocluidos se desplazan con análoga velocidad que lo hace uno cálido o frío, según sea cálida o fría, respectivamente, la naturaleza de la oclusión.

Puesto que los cálculos para la velocidad del viento se efectúan bajo la aproximación de *viento geostrófico*, es obvio que su validez queda limitada para latitudes por encima de los 35° N y 35° S, y tanto más apropiadas cuanto mayor sea la fuerza del viento.

11.3.5.- Precipitaciones asociadas a los frentes.

1) La precipitación frontal será tanto más intensa cuanto mayor sea la convergencia de los vientos (que viene dada por el ángulo formado entre las isobaras y el viento resultante en el frente).

2) La zona pre-frontal de precipitaciones en un frente cálido es estrecha si el eje de la dorsal pre-frontal está cerca del frente cálido. En cambio será muy extensa si existe un fuerte gradiente de presiones en el sector cálido y no hay una dorsal bien definida ante él.

3) En latitudes subtropicales la actividad climatológica de los frentes fríos es más pronunciada que la de los frentes cálidos. En latitudes polares, por el contrario, se muestran más activos los frentes cálidos y ocluidos que los fríos.

4) Un frente frío que se desplaza lentamente posee una zona de precipitación más amplia que uno, también frío, que lo haga más rápidamente.

Si un frente frío se mueve rápidamente no hay zona de precipitación continua a lo largo del mismo, sino una línea pre-frontal de chubascos de lluvia y viento (*línea de turbonada*).

11.3.6.- Formación de los sistemas bóricos.

Es bien sabido que la densidad del aire depende de la temperatura, de manera que el aire

frío es más denso (y por tanto pesado) que el aire cálido. Este hecho pone de manifiesto la importancia que posee el carácter térmico de las masas de aire atmosférico para establecer un determinado sistema de presión. Así, si dos masas de aire contiguas, fría una cálida la otra, se encuentran a una misma presión en superficie, dado que el gradiente vertical de presiones es mayor en la masa fría, hay que ascender menos en la zona fría que en la cálida para apreciar la misma variación de presión, es decir, a un mismo nivel geodésico la presión es superior en la mas cálida que en la fría.

De acuerdo con esto pueden darse las siguientes características generales para la formación de sistemas de presión:

1) Un sistema de altas presiones en superficie de naturaleza cálida, se refuerza en altura y, por tanto, el sistema es estacionario o se mueve muy lentamente.

Los anticiclones de latitudes medias y subtropicales, que poseen un gran flujo de aire cálido circulando por su lado polar son, mayoritariamente, de esta clase.

2) Un anticiclón frío de superficie posee muy poca extensión vertical, porque se va debilitando rápidamente la curvatura de las sucesivas superficies isobáricas, llegando a transformarse en bajas de altura, con intensa circulación de aire. Este sistema será, por lo general, móvil. A este tipo pertenecen las dorsales intercaladas entre depresiones extratropicales y las altas cerradas que siguen a los frentes fríos.

3) Una depresión parcialmente cálida también posee poca extensión vertical, pues las superficies isobáricas van adoptando curvatura contraria con la altura, con intensa circulación de aire. Según sea esta circulación la depresión se moverá más o menos rápidamente.

Tal es el caso del sector cálido de toda depresión. También pertenecen a este tipo los ciclones tropicales tras la recurva, cuando entran en contacto con masas de aire polar, y las depresiones ocluidas, que lo hacen con aire ártico.

4) Una depresión fría se profundiza con la altura y, por tanto, se moverá muy lentamente o se hará estacionaria. Este es el caso de las depresiones ocluidas.

Las bajas presiones de esta clase se denominan *bajas centrales*.

11.3.7.- Desarrollo de los temporales.

Por lo general, los temporales extratropicales se desarrollan a partir de una depresión de sector cálido, y aunque no siempre tal depresión origine un temporal, existen casos extremos en que estas son muy violentas y conviene conocerlos:

a) *Situación de punto triple.*

Denominamos así a la coincidencia en un mismo lugar de tres masas de aire distintas:

- Aire marítimo tropical al S. (La masa más cálida de las tres).
- Aire polar continental al NW.(La masa más fría de las tres).
- Aire marítimo polar al E y NE.(Masa de aire en retroceso con características térmicas intermedias).

Cuando esta situación tiene lugar, ver figura 12.4, hay que contar con el desarrollo de una profunda depresión en el plazo de 24 horas.

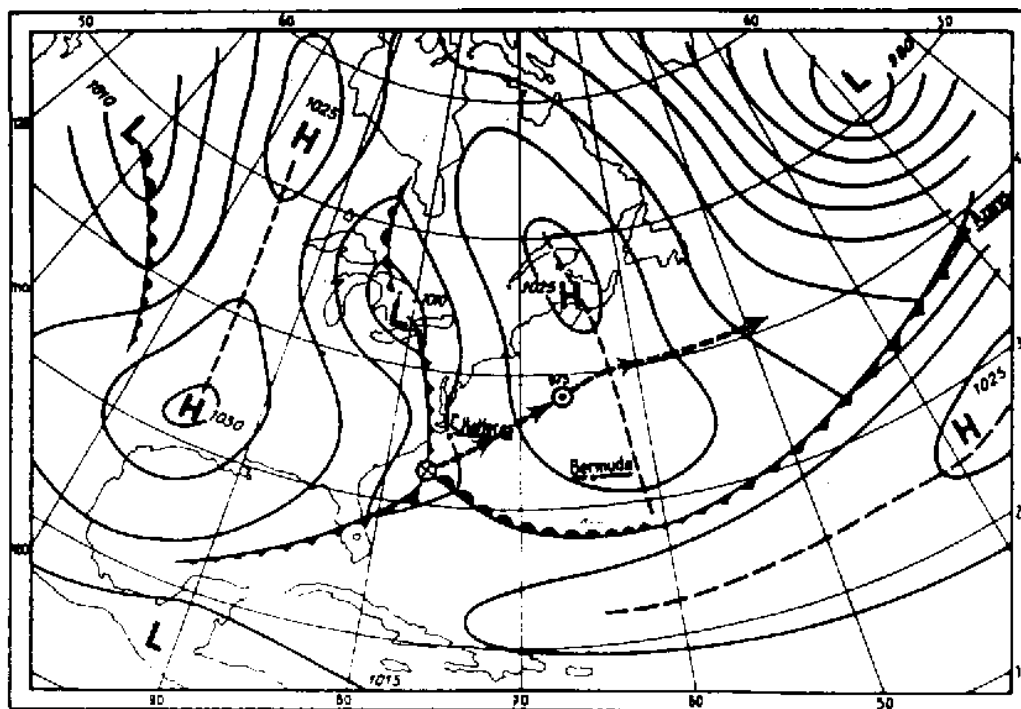


Figura 11.4

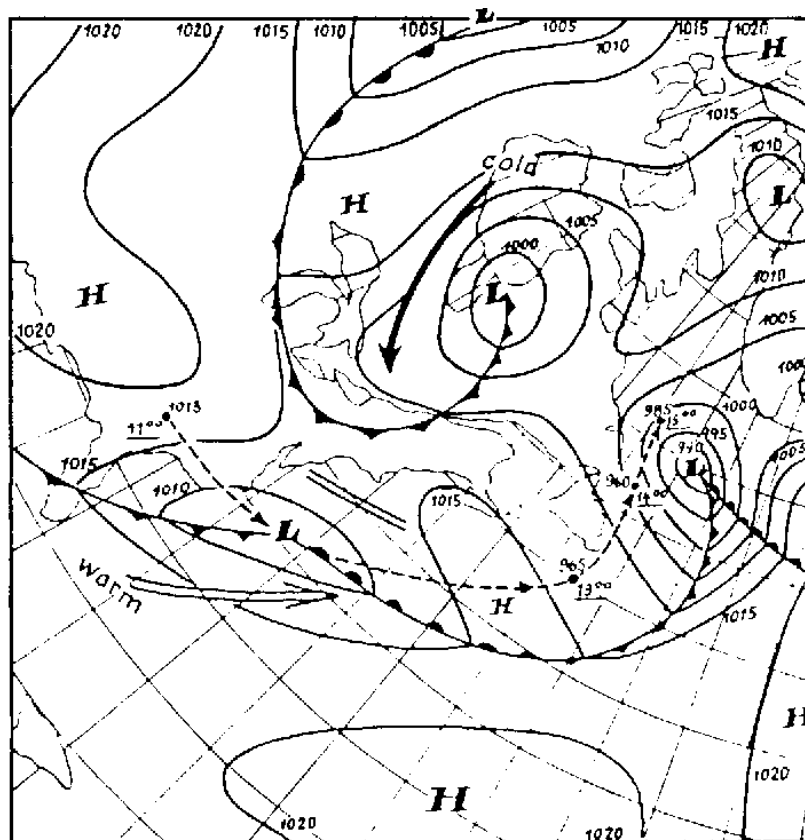
Las tres masas de aire están caracterizadas por muy altas presiones, cuyos ejes se encuentran indicados en la figura citada mediante líneas discontinuas. El temporal asociado se mueve dentro de la masa de aire intermedia y en 24 horas la presión puede experimentar descensos del orden de los 40 a 50 mb.

La zona al sur de cabo Hatteras es propicia a este tipo de formaciones.

b) *Depresiones al este de las costas.*

Cuando una depresión frontal con sector cálido se profundiza y se desplaza a lo largo de la costa oriental de los continentes, y es alcanzada por un frente frío de otra depresión continental, hay que esperar una fuerte actividad ciclónica en las siguientes 24 horas.

En la figura 11.5 se muestra un ejemplo. La línea doble señala la zona de aproximación entre el sector cálido de la depresión marítima y el frente frío de la baja continental.



frontal se desplazará "corriente abajo", hacia el ENE, a unos 40 nudos de velocidad, ahondándose rápidamente, a medida que el aire frío del NW la empuja. Pasadas 20 horas, la situación evolucionó a un temporal con bajas de 985 mb.

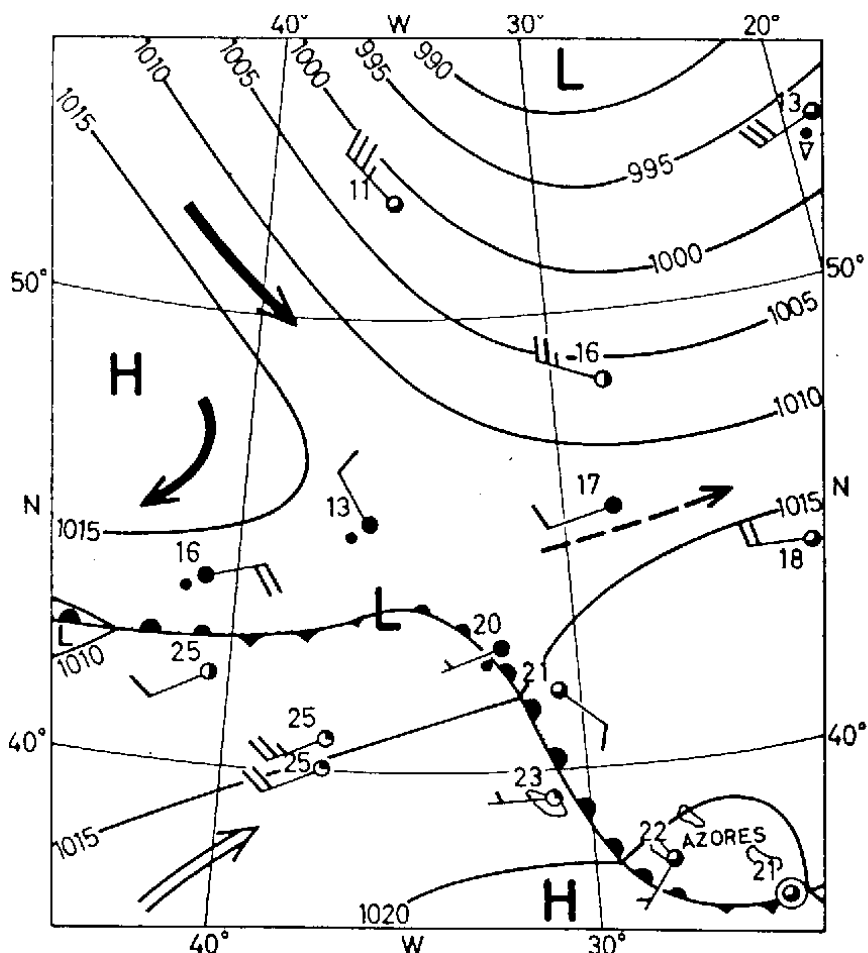


Figura 11.6

d) Vaguada post-frontal.

Cuando una poderosa depresión frontal se ocluye y frena, puede originarse una vaguada post-frontal tras el frente ocluido (o el frente frío). Esta vaguada, sin frentes, puede desarrollar incluso vientos huracanados, que originan peligrosas situaciones en la mar. La distancia entre el frente ocluido y el eje de la vaguada oscila entre 200 y 600 millas.

Si el barómetro no experimenta subida tras el paso del frente ocluido (o frío) sino que, por el contrario, comienza a bajar al tiempo que el viento rola lentamente a la dirección que tenía antes de pasar el frente, hay que esperar la vaguada post-frontal.

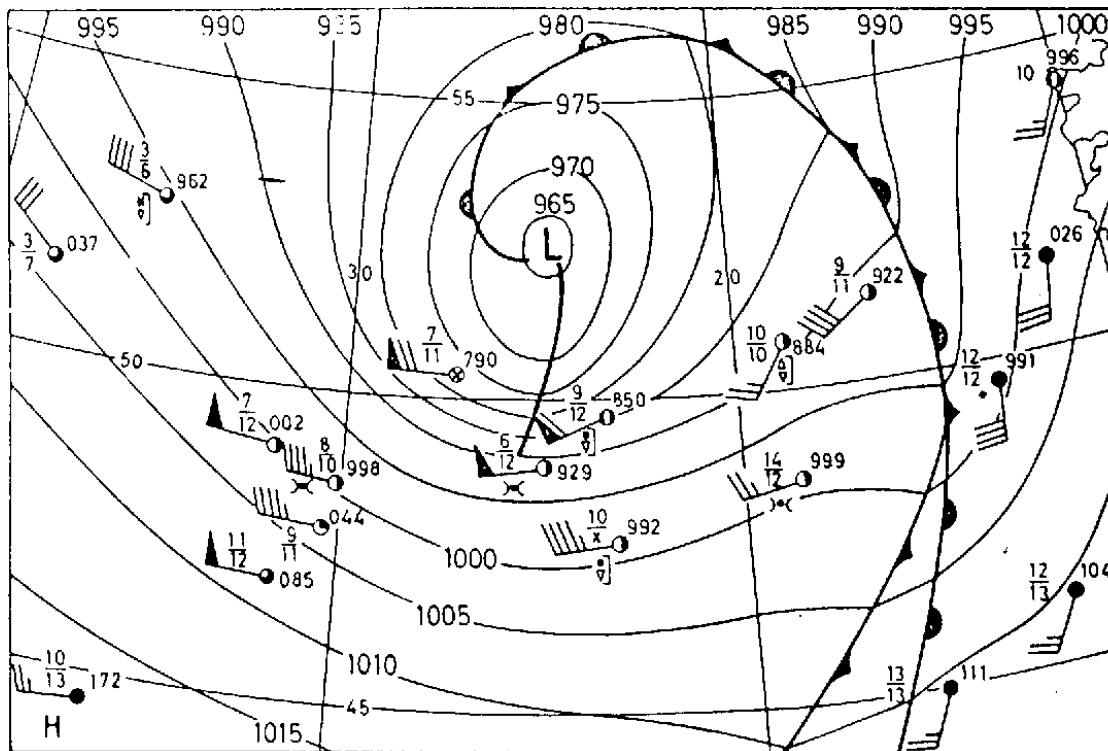


Figura 11.7

En la figura 11.7 se recoge una situación como la citada, sucedida realmente el 28 de Marzo de 1959 en 50° N y 25° W a las 1800 GMT. Los barcos próximos a ese punto encontraron vientos de 70 nudos y altura de olas de más de 18 metros.

Desarrollos de esta clase son relativamente frecuentes en la faja de los 40° a 55° S ("roaring forties" o bramadores cuarenta).

11.4.- Uso de los mapas de altura.

Cuando el marino disponga de mapas de altura proporcionados por radio-facsímil, particularmente el que corresponde al nivel de los 500 mb, pueden aplicarse las siguientes normas:

- 1) Las isohipsas de 500 mb indican la dirección con que se mueven en superficie los sistemas de presión, así como los frentes depresionarios y las dorsales de alta presión.
- 2) Estos sistemas de presión se desplazan, aproximadamente, a la mitad de la velocidad con que lo hace el viento en el nivel de 500 mb.
- 3) La predicción acerca del movimiento de las depresiones extratropicales a partir de mapas de

altura, solo es válida para bajas débiles y poco extensas de tipo frontal, cuyas isobaras cerradas no alcanzan el nivel de los 500 mb.

4) Dado que la circulación en altura también evoluciona con el tiempo cronológico, los mapas de 500 mb pueden considerarse un buen indicador del movimiento de las depresiones para las siguientes 6 a 12 horas.

En lo que concierne al cambio de trayectoria de las corrientes de altura, se pueden aplicar las normas siguientes:

5) Cuanto más intensa y extensa sea un alta o baja en altura, más lentamente se mueve.

6) Cuanto más pronunciada es la curvatura de las vaguadas y las dorsales de altura, más lentamente se desplazan.

7) A medida que se va desarrollando una depresión, las isobaras cerradas alcanzan mayor altura.

11.5.- Predicciones en la mar.

Si disponemos de un mapa de previsión estamos en condiciones de deducir los vientos y tiempo climatológico asociados a la distribución de presiones, aplicando el mismo procedimiento que hemos descrito para el análisis de un mapa de condiciones actuales.

Si únicamente contamos con posiciones previstas para los principales centros de presión, es aconsejable trazar el mapa previsto a partir de tales posiciones, y evaluar las intensidades de los meteoros resultantes. Conviene trazar las posiciones previstas para los frentes teniendo en cuenta la tendencia a la oclusión de los sectores cálidos, etc.

Tras haber dibujado el esquema de previsión, es fácil deducir las condiciones de viento y tiempo a rumbo. En caso de no disponer de ninguna información sobre previsión, el marino debe hacerla por sus propios medios, analizando los mapas previos y aplicando las reglas y criterios estudiados en las secciones anteriores.