



Construcción y aplicaciones de la topografía relativa 500/1.000 milibares

Por MARIANO MEDINA ISABEL

Meteorólogo.

En la primavera del 1953 tuvimos el honor y el gusto de escuchar en Madrid al prestigioso Meteorólogo alemán doctor Zimmerschied, muy conocido y estimado personalmente en nuestro Servicio, que explicó en el Observatorio del Retiro algunas conferencias sobre los procedimientos que en la Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Frankfurt utilizaban para el análisis y predicción del tiempo.

Algunas cosas, nuevas para nosotros, aprendimos. Pero el mayor fruto lo obtuvimos de la serie de aclaraciones y detalles prácticos sobre métodos que ya conocíamos.

Un conjunto de todo ello queremos ofrecer aquí, pensando principalmente en los muchos compañeros que hubiesen querido escuchar, y no pudieron, al ya citado doctor Zimmerschied.

Dada la extensión que nos veríamos obligados a dar al artículo, incluiremos aquí todo lo relacionado con el Análisis, en tanto que un posterior trabajo será dedicado a la Predicción.

Lo completaremos con una selección de las reglas prácticas clásicas sobre evolución de frentes que personalmente hemos comprobado como más útiles y fáciles de aplicar en la práctica.

Nada original vamos, pues, a ofrecer, como no sea algún razonamiento o algunos detalles prácticos intercalados, fruto de la propia experiencia, ya que la mayor parte de lo que exponíamos ha sido experimentado en la Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Barajas, bien personalmente, bien por compañeros. Y, en consecuencia, podemos afirmar que los resultados que se obtienen son bastante buenos en general, en lo que se refiere a la predicción, y francamente buenos en lo que se refiere al análisis.

Topografías relativas.

Una de las más valiosas ayudas para el analista es la topografía relativa de la superficie de 500 milibares sobre la de 1.000 milibares. Se obtiene, naturalmente, por di-

ferencia entre las topografías absolutas de dichas superficies isobaras. Como topografía absoluta de 1.000 milibares se toma el

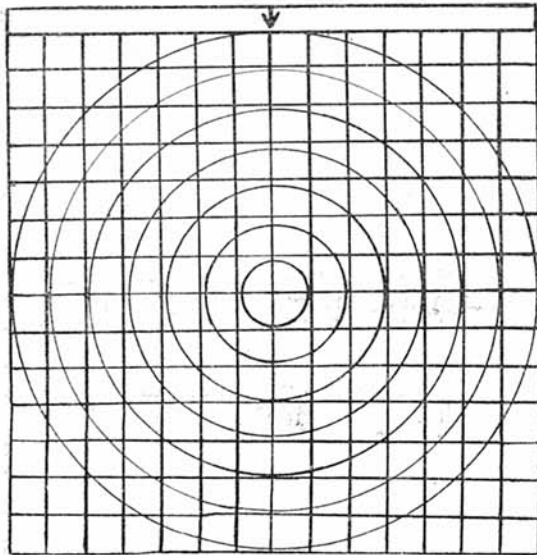


Fig. 1

análisis de superficie, poniendo a las isobaras en tierra, cotas en metros (cero metros a la de 1.000 mb.) en vez de ponerlas en milibares.

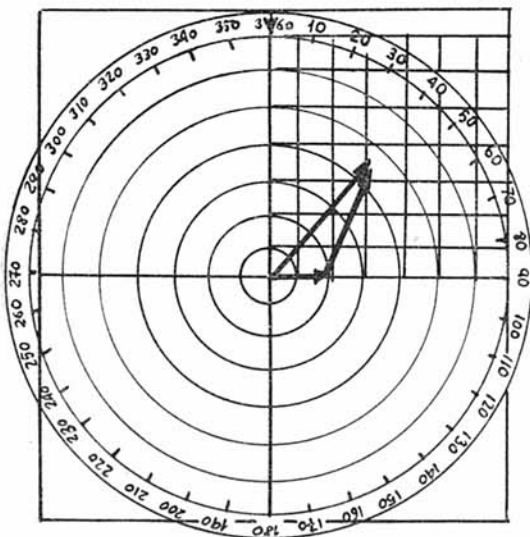


Fig. 2

Prácticamente, si se dispone de suficientes sondeos de viento y termodinámicos, se obtiene la topografía relativa dicha, poniendo

do en un mapa, en cada estación, la diferencia entre las alturas absolutas que corresponden a los 500 mb. y a los 1.000 mb. Además, se pone el "viento térmico", diferencia vectorial entre los vientos reinantes a dichas alturas, tomando como minuendo el viento a la altura de los 500 mb.

Para calcular los vientos térmicos, basta disponer de un disco de talco, graduado de 5 en 5 grados, o de 10 en 10 grados, desde 0 a 360 grados. (En cuanto a su tamaño, basta con que tenga de 10 a 15 cm. de diámetro.) Unirle por su centro, de modo que pueda girar, a una tabla o plancha de aluminio, sobre la cual vaya pegado un papel

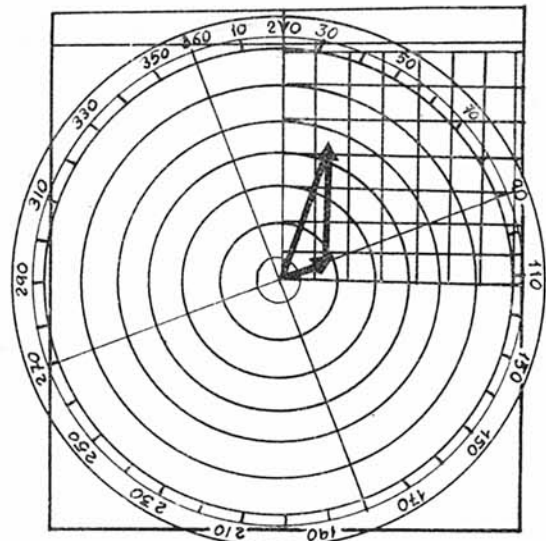


Fig. 3

cuadrículado, en el que además se hayan dibujado circunferencias concéntricas, cuyos radios se diferencien en intervalos iguales a los de la cuadrícula, y marcar en su parte superior una señal (flechita) de referencia (figura 1).

Colocado el disco transparente graduado de modo que los 0 grados coincidan con la señal, se traza sobre él desde el centro un vector equipolente al que representa el viento a 500 mb., apuntando su flecha en la dirección de la que viene el viento, y dándole módulo apropiado sin más que fijar, arbitrariamente, un número de nudos al intervalo entre dos circunferencias concéntricas consecutivas de las dibujadas sobre la cuadrícula. Suele equipararse dicha longitud o

intervalo a 5 o a 10 nudos de fuerza en el viento. En las figuras 2 y 3 lo hemos evaluado en 10 nudos.

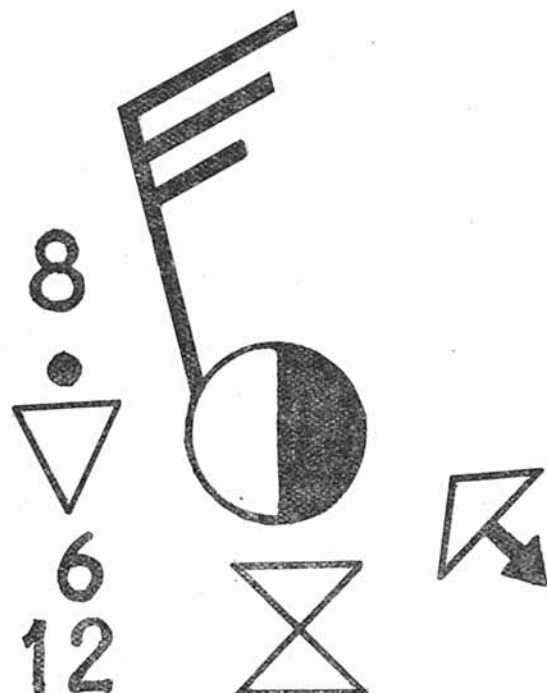


Fig. 4

De igual modo se representa sobre el talco el viento a los 1.000 mb. y se halla el vector diferencia o viento término (fig. 2). Se gira el disco hasta que el viento térmico resultante quede paralelo a las rayas verticales de la cuadrícula y con la flecha hacia arriba (fig. 3). En la cuadrícula podremos leer la intensidad del viento térmico con arreglo a la escala arbitraria fijada. La dirección nos la señalará, sobre la graduación del disco, la flecha o señal de la parte superior de la cuadrícula.

En la figura 2 hemos supuesto que el viento a 500 mb. era de 040 grados, 45 nudos, y a 1.000 mb. de 090 grados, 15 nudos. El viento térmico que resulta (fig. 3) es de 020 grados, 35 nudos.

Una vez colocadas sobre un mapa las diferencias de altura, en cada estación, entre las superficies isobaras de 500 mb. y 1.000 milibares, y el viento térmico correspondiente, se trazan las isolíneas, o isohipsas relativas 500/1.000 mb., que han de ser rigurosamente tangentes al viento térmico en cada punto.

Utilización de datos de superficie para la construcción de la topografía relativa 500/1.000 milibares.

Cuando hay escasez de datos de altura, como suele ocurrir en el mar, pueden aprovecharse los datos de superficie si se tiene la certeza de conocer el gradiente térmico vertical, pues entonces, a partir de la presión y temperatura en superficie, puede trazarse sobre un diagrama termodinámico la curva de estado que hubiéramos obtenido mediante un sondeo. Esto ocurre cuando el aire frío avanza hacia superficies más calientes, y el parte sinóptico nos revela la existencia de cumulonimbos o tormentas con chubascos. Es decir, si la observación de superficie es (en el hemisferio norte) del tipo de la representada en la figura 4 (donde sólo se han puesto los datos en que, para nuestro caso, interesa fijarse). En ella se ve que el aire se mueve hacia latitudes más bajas, que la temperatura de la masa de aire es inferior a la del agua del mar sobre la cual se desliza y que existen los fenómenos que nos aseguran la existencia de un gradiente adiabático saturado desde el nivel de base de los cúmulos hasta los 5.000 metros o más, y un gradiente adiabático seco desde el suelo hasta el nivel de condensación.

Entonces, el aire frío al avanzar sobre superficies más calientes se inestabiliza cada vez más y, si la humedad se mantiene (avance sobre el mar), la curva de estado que daría un radiosondeo sería, puesta en un diagrama de Stüve, una cosa muy parecida a la representada en la figura 5. La dife-

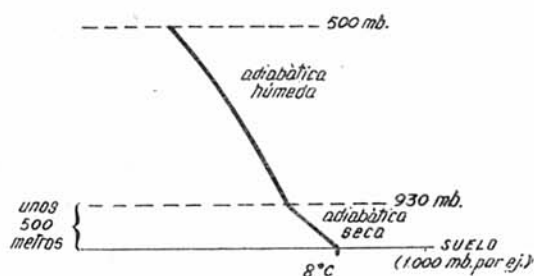


Fig. 5

rencia de alturas entre la superficie de 500 milibares y la de 1.000 mb. es entonces, llamando t a la temperatura del aire en tierra:

$$\Delta H = 2,5 t + 500 \text{ decámetros geodinámicos.}$$

En el ejemplo de la figura 4 será:

$$\Delta H = 2,5.8 + 500 = 520 \text{ decámetros geodinámicos.}$$

Dicha altura, en unidades geopotenciales, viene dada por:

$$\Delta H' = 2,75 t + 508 \text{ decámetros geopotenciales.}$$

En nuestro ejemplo será:

$$\Delta H' = 2,75.8 + 508 = 530 \text{ decámetros geopotenciales.}$$

Naturalmente que no podremos disponer del viento térmico en estos lugares, a no ser que podamos conocer el viento a la altura de 500 mb. por algún parte de un avión en vuelo. Pero de todas formas el conocer sólo la altura de la isobara de 500 mb. sobre la de 1.000, nos será de gran valor donde escaseen los datos o no existan.

Construcción de la topografía relativa 500/1.000 milibares por puntos.

Puede ocurrir que en un área grande no dispongamos en absoluto de datos para construirla según lo antes expuesto; o que, por las razones que sean, sólo podamos disponer del mapa de superficie y de la topografía absoluta de 500 mb. recibida "por

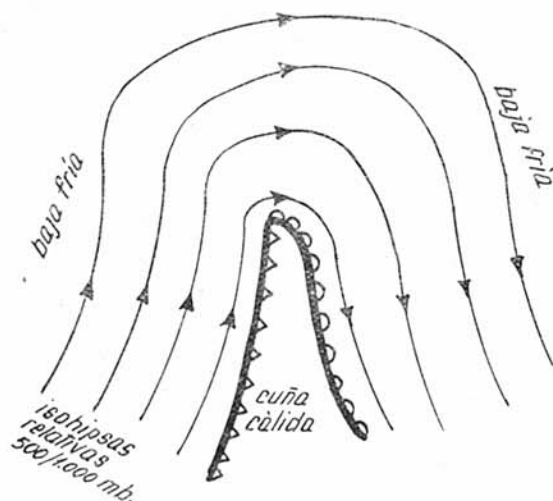


Fig. 6

puntos", es decir, con sólo las isohipsas y sus cotas. Entonces puede construirse la topografía relativa mediante las normas siguientes:

1.º Numérense las isobaras en tierra (cuidadosamente trazadas), poniendo 00 a la de 1.000 mb.; -32 a la de 996 mb.; -64 a la

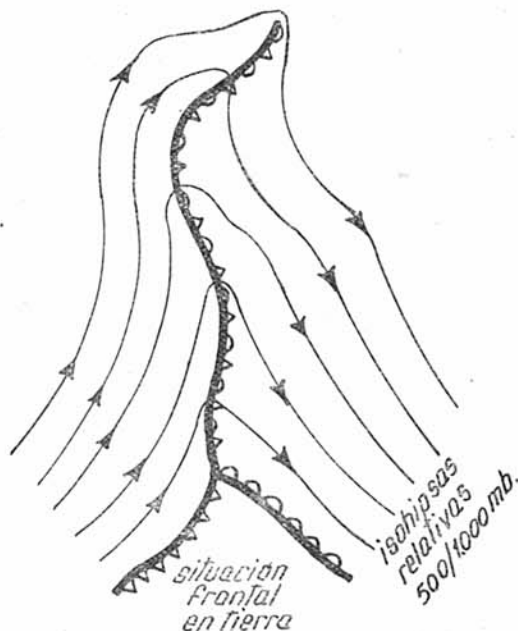


Fig. 7

de 992 mb.; -96 a la de 988 mb., etc.; y +32 a la de 1.004 mb.; +64 a la de 1.008 milibares; etc. (para lo cual hemos considerado una correspondencia de 8 metros por cada milibar de diferencia).

2.º Pónganse en mapa aparte, en lápiz, en los puntos de intersección de los meridianos con los paralelos, tomados ambos de 5 en 5 grados, las alturas, según las cotas de la topografía absoluta de 500 mb. (interpolando convenientemente).

3.º Réstense de esas alturas los valores de la superficie de 1.000 mb., según las cotas con que se han rotulado las isobaras de tierra (en metros) y que correspondan a los mismos puntos. Pónganse dichas sumas en tinta, borrando a continuación las de lápiz.

4.º Calcúlese para el mayor número posible de puntos (por ejemplo de 10 en 10 grados) el viento térmico y póngase en el mapa. Para calcularlo disponemos del viento en tierra (que tomamos como de 1.000 mb.) y del que podemos deducir de la topografía absoluta de 500 mb. mediante el empleo de uno de esos ábacos bastante extendidos en nuestro Servicio, que dan la fuerza del vien-

to en función de la separación de las isohipsas y la latitud del lugar.

5.º Trácese las isolíneas (isohipsas relativas 500/1.000 mb.).

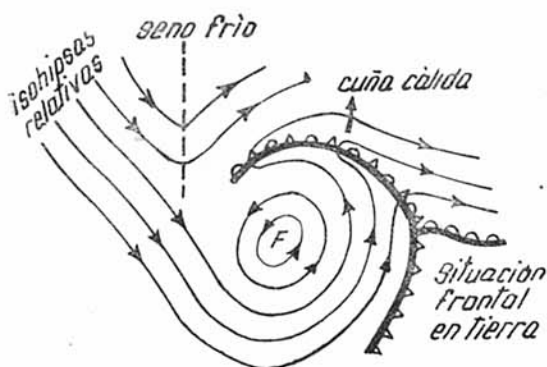


Fig. 8

Algunas deducciones interesantes de la topografía relativa 500/1.000 mb.

Ya se comprende que la distancia vertical entre las superficies isobaras de 500 y 1.000 milibares es mayor cuanto menor sea la densidad de la masa de aire comprendida entre ambas, es decir, cuanto mayor es su temperatura. La topografía relativa nos da, pues, una idea muy clara de la distribución por densidades de las masas de aire. En ella las zonas de "alta" corresponden a

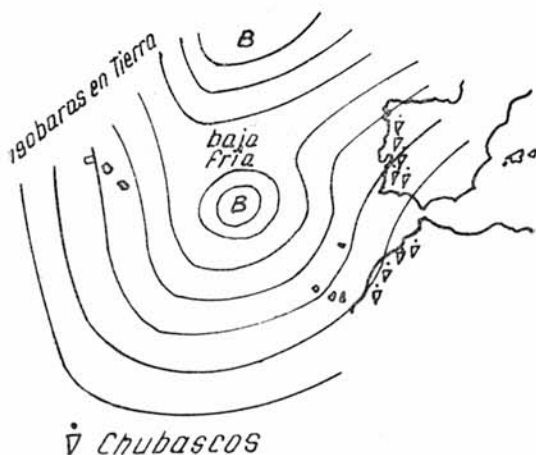


Fig. 9

áreas de aire poco denso y, por tanto, caliente. Y recíprocamente en las zonas de "baja". Por eso en vez de señalar con A y B a dichas zonas, se las señala con las letras C (caliente) y F (frío).

Para situar con certeza la dirección de los frentes y el tipo, basta tener en cuenta el viento térmico:

a) Si el viento en 500 mb. gira a la derecha con respecto al de tierra, el frente es "cálido" y paralelo al viento térmico.

b) Si el viento en 500 mb. gira a la izquierda con respecto al del suelo, el frente es "frío" y paralelo al viento térmico.

c) El conjunto, en la topografía relativa, aparecerá como se indica en la figura 6.

d) Las cuñas cálidas, muy delgadas en la topografía relativa 500/1.000 mb., demuestran un sector cálido muy estrecho en altura y, por tanto, una oclusión en tierra (fig. 7).

Una situación que se da con alguna frecuencia, especialmente en latitudes, com-

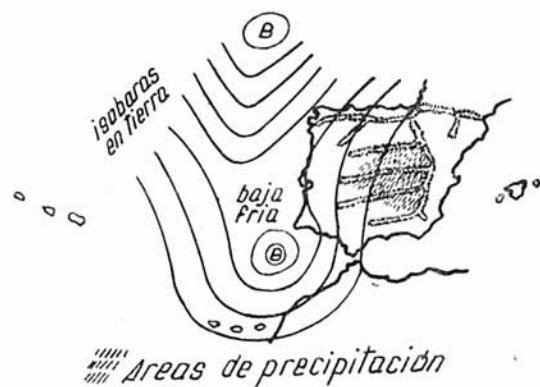


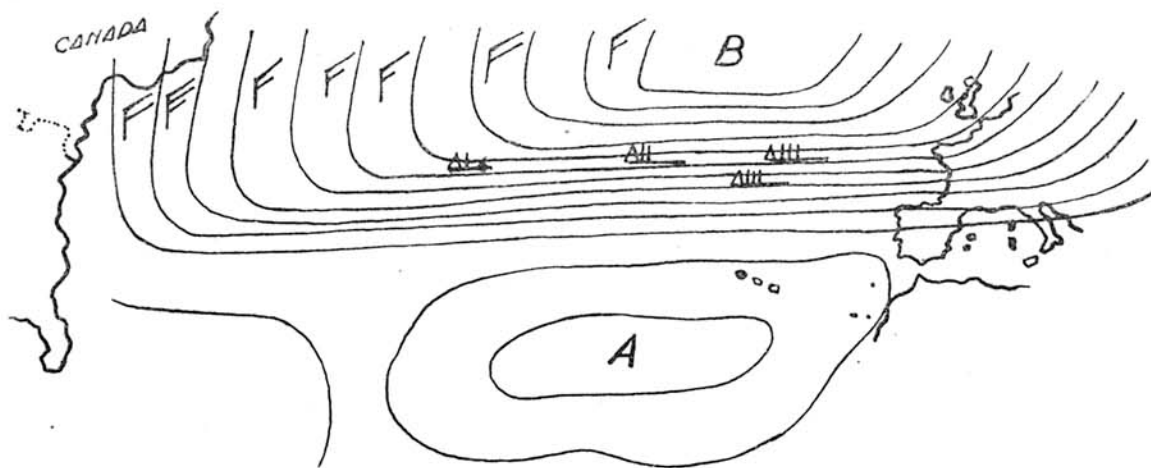
Fig. 10

prendidas entre los 33 y los 60 grados Norte, es la que corresponde al aislamiento de una "gota de aire frío" y que en la topografía relativa 500/1.000 mb. se manifiesta como se indica en la figura 8. La línea de trazos que en dicha figura se ha dibujado en el seno frío corresponde a una "línea de convergencia" en tierra, pero no a un frente en el sentido clásico de la palabra; y no se desplaza con la velocidad que corresponde al gradiente de presiones existentes. La tendencia barométrica suele estar bajando a la derecha de la línea de convergencia y subiendo a su izquierda, pero ello es debido al movimiento del seno de W. a E.

Estas gotas frías que quedan cortadas y aisladas suelen ser muy permanentes, adquiriendo un movimiento de rotación que se acelera y sus ejes suelen ser verticales o casi verticales. No presentan frentes defi-

nidos (aunque a veces lo parezca), sino áreas de precipitación que aparecen cuando por alguna circunstancia surge un contraste de viento; por ejemplo, el contraste por au-

fica de un sondeo termodinámico realizado en una de estas gotas será (en papel Stüve) del mismo tipo que el que dibujamos en la figura 5.

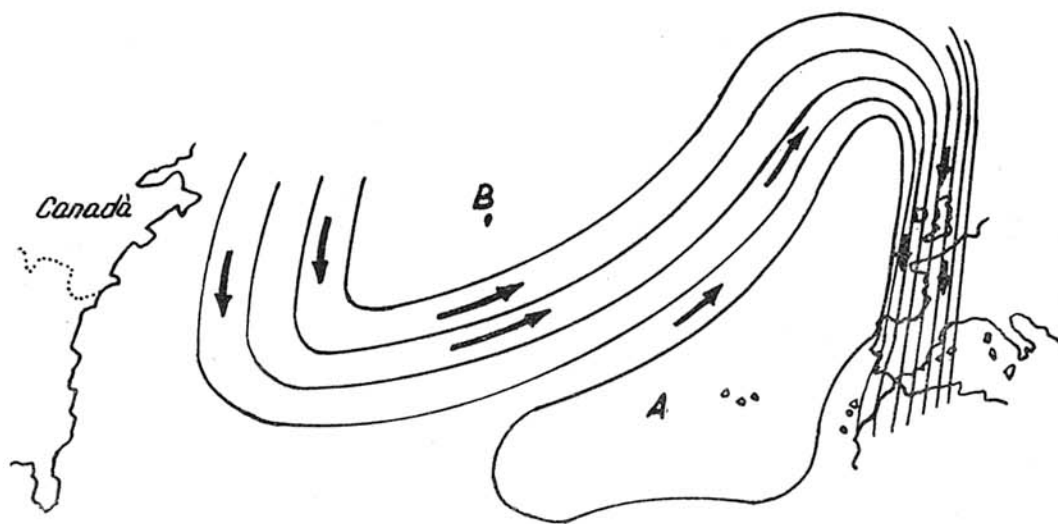


Formación del "Chorro" en 500 mb.

Fig. 11

mento de rozamiento al pasar el viento del mar a la tierra (fig. 9), o al surgido al ser forzada a ascender la masa de aire por las

Al cabo de algunos días de permanencia, o de movimiento muy lento, la gota fría se recalienta por abajo tomando la temperatu-



Rotura del "Chorro"

Fig. 12

laderas de las cordilleras, con lo que se desencadena su labilidad, siempre existente debido a su gran humedad (fig. 10). La grá-

ra del agua del mar, y empieza a moverse más de prisa, rellenándose más de prisa también. Si en su movimiento hacia el Sur,

la posición más meridional que alcanza la borrasca tiene su centro como en la figura 9, suele marchar hacia Gibraltar y luego hacia el Sur de Cerdeña.

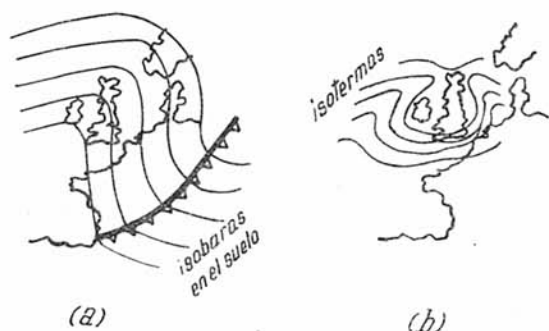


Fig. 13

Si su centro estaba como indica la figura 10, suele marchar hacia el Norte, bordeando más o menos la costa portuguesa. Al llegar al NW. de Galicia y según la situación general isobárica, suele optar por dos trayectorias: Seguir hacia el Canal de la Mancha, rellenándose con bastante rapidez, o marchar hacia el Golfo de Vizcaya para pasar al Golfo de León e ir a morir en los alrededores del Norte de Italia.

Otra deducción interesante que nos proporciona la topografía relativa está relacionada con el cese del tipo de circulación que suele darse en el Atlántico Norte y que se conoce con el nombre de "chorro".

La figura 11 indica cómo se establece el "chorro" en la topografía absoluta de 500 milibares. Esta situación es muy estacionaria y a veces dura hasta quince días. Se rompe cuando una masa fría penetra hacia el Sur por las proximidades de la costa atlántica del Canadá. Ello hace que la masa cálida del anticiclón de las Azores avance hacia el Norte, convirtiéndose la circulación zonal del chorro en circulación casi meridiana SW.-NE. en el Atlántico Norte, y apareciendo una circulación meridiana Norte-Sur en las Islas Británicas, Francia, Cantábrico, España, Europa central y Mediterráneo (fig. 12), con vientos en general muy fuertes que a nosotros nos producen fuerte marejada en el Cantábrico y Golfo de León; chubascos en la vertiente cantábrica, Pirineos, Barcelona y Baleares, y, en fin, con todas las características descritas por nuestro compañero, el Meteorólogo don Manuel

Castañ, en su trabajo titulado "La situación del Norte en España y su importancia para la navegación aérea", aparecido en la REVISTA DE AERONAUTICA núm. 153, del mes de agosto de 1953.

Pues bien, este cambio de circulación zonal a meridiana, con todas sus consecuencias, se puede ver con alguna anticipación en la topografía relativa de 500/1.000 mb., pues se aprecia en ella el movimiento de los centros reactivos: penetración hacia el Sur de una masa fría por el Atlántico noroccidental, y marcha hacia el N.-NE. de la masa cálida del anticiclón de las Azores.

Otro caso que pone muy de manifiesto la importancia y el valor de la topografía relativa 500/1.000 mb. para el Meteorólogo es el siguiente, rigurosamente observado en la práctica:

Las masas frías que llegan a las Islas Británicas suelen calentarse por contacto con el agua más caliente del mar del Norte y del Atlántico, pero no sobre las islas, adquiriendo, para una distribución isobárica en tierra como la representada en la figura 13 a), una configuración isotérmica como la que muestra la figura 13 b). En la bolsa



Fig. 14

de aire frío formada llega a quedar aislada una gota fría, que por un efecto análogo al que la distribución de la figura 9 producía en la costa noroccidental de África y en Portugal, da lugar en la costa Noroeste de

Francia y en Dinamarca a la formación de una línea de convergencia como la representada (de trazos) en la figura 14.

Esto se ve muy bien en la topografía relativa 500/1.000 mb.

Suele desplazarse dicha gota hacia el

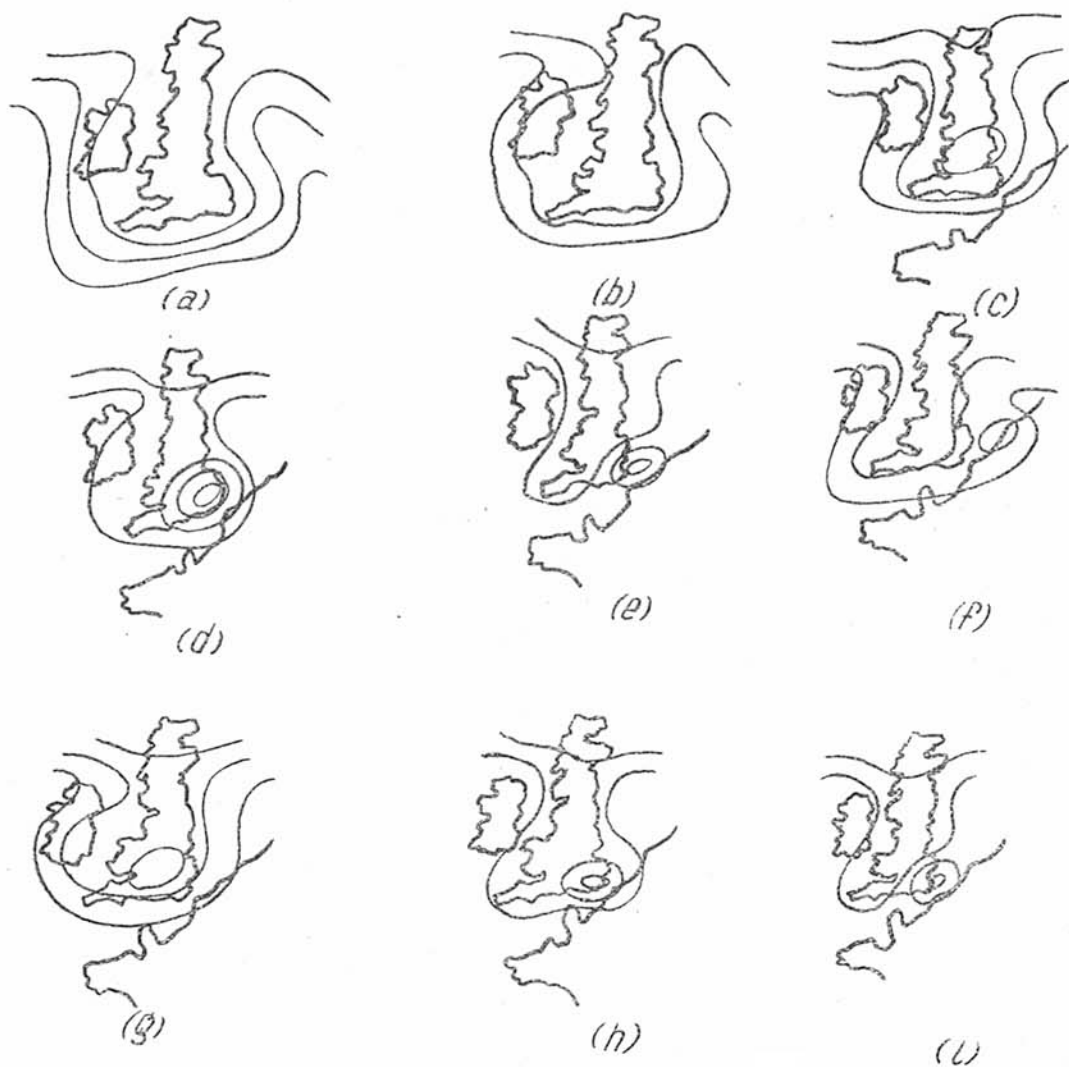


Fig. 15

La situación de la figura 14 no sería previsible sin ese detalle de las isotermas. La línea de convergencia formada es casi estacionaria y produce nubosidad abundante, y, a veces, chubascos, en una zona donde parecería lógico predecir una cuña anticiclónica.

Aún más: la penetración fría sobre las islas suele, como ya hemos dicho, quedar aislada, formándose una gota de aire frío que se desplaza según el viento en tierra.

Sureste y disiparse en el mismo Canal de la Mancha, por calentamiento desde abajo, después de haber producido mal tiempo en toda esa zona.

Y se observa que, sucesivamente, van desprendiéndose otras gotas frías que siguen igual camino, rellenándose las correspondientes bajas frías en el Canal de la Mancha. Las topografías relativas sucesivas van mostrando configuraciones como las representadas en las figuras 15 a), b), c), d), etc.