



MINISTERIO DEL AIRE  
DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN DE VUELO

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

PUBLICACIONES

Serie A (Memorias), núm. 24

## I.—LA TOPOGRAFÍA RELATIVA

como medio auxiliar indispensable para el análisis del mapa meteorológico, especialmente en su aplicación aeronáutica.

## II.—Anotaciones acerca de

## IRRUPCIONES DE AIRE FRÍO

de las regiones de Groenlandia y Spitzberg hacia Europa Central y Occidental a finales de otoño o a principios de invierno.

POR

DR. W. ZIMMERSCHIED

SECCIÓN DE PREDICCIÓN

M A D R I D — 1 9 5 4



AEMET-BIBLIOTECA



1001324



2.13.792

Sic 442.5 +  
M15.81



MINISTERIO DEL AIRE  
DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN DE VUELO

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

PUBLICACIONES

Serie A (Memorias), núm. 24

## I.—LA TOPOGRAFÍA RELATIVA

como medio auxiliar indispensable para el análisis del mapa meteorológico, especialmente en su aplicación aeronáutica.

## II.—Anotaciones acerca de

## IRRUPCIONES DE AIRE FRÍO

de las regiones de Groenlandia y Spitzberg hacia Europa Central y Occidental a finales de otoño o a principios de invierno.

POR

DR. W. ZIMMERSCHIED

SECCIÓN DE PREDICCIÓN  
M A D R I D — 1 9 5 4









# I.—LA TOPOGRAFIA RELATIVA COMO MEDIO AUXILIAR INDISPENSABLE PARA EL ANALISIS DEL MAPA METEOROLOGICO, ESPECIALMENTE EN SU APLICACION AERONAUTICA

por Dr. W. Zimmerschied.

ZUSAMMENFASSUNG: Die Bedeutung der relativen Topographie fuer eine physikalisch gut begruendete Analyse der Wetterlage wird unterstrichen. Da im Flugwetterdienst der "Kunde", naemlich der Flugzeugfuehrer, mit Hilfe der Wetterkarte beraten wird, ist gerade hier eine einheitliche Analyse von ausschlaggebender Wichtigkeit, auch fuer das Vertrauen des Piloten in die Arbeit des Wetterdienstes.

SUMMARY: The importance of the "thickness chart" (relative topography) relative to a well based analisis of the weather situation is pointed out. As in the Aviation Meteorological Service the "customer", i. e. the pilot, is briefed in front of the weather map, mainly in this case a uniform analisis is very important, also in regard to the pilot's confidence in the Met. Service.

## INTRODUCCION

Durante varios meses de trabajo en un centro meteorológico americano el autor tuvo nuevamente la posibilidad de comparar diariamente los análisis de la situación meteorológica, en la zona comprendida desde el Este de Norteamérica hasta los Urales, emitidos por tres centros meteorológicos, entre ellos dos centros de análisis. De esta comparación resultan, muchas veces, grandes diferencias entre las tres interpretaciones, lo que repercute desfavorablemente en el servicio aeronáutico y lo que, seguramente, no contribuye a aumentar la confianza del piloto en el meteorólogo consultado. Precisamente el Servicio Meteorológico aeronáutico debiera esforzarse, a todo trance, en conseguir un análisis uniformado, porque en este caso la situación meteorológica es explicada al "cliente" a base del mapa, lo que no ocurre en el servicio general—como, por ejemplo, para la economía o para la agricultura—, donde el cliente no oye más que la predicción por medio de la radio o de la prensa. Ciertamente que un análisis absolutamente objetivo—lo que corresponde a la diagnosis del médico—es, probablemente, imposible, ya que las definiciones de conceptos tan importantes como los frentes y las masas de aire son poco precisas. Pero, a pesar de estas diferencias personales, debería procurarse un análisis uniforme, tanto del mapa del suelo como de los de altura, por lo menos en el servicio



aeronáutico, de modo que el piloto que salga de Nueva York, por ejemplo, no encuentre un mapa analizado de manera completamente distinta, aterrizando en Irlanda, y que vea, quizá, otro diferente más tarde en Francfort.

## LA TOPOGRAFIA RELATIVA COMO MEDIO AUXILIAR INDISPENSABLE PARA UN ANALISIS FISICAMENTE FUNDADO

En Meteorología se denomina topografía relativa la distancia entre dos superficies isobáricas tipo (por eso los anglosajones la llaman también *thickness*), que depende solamente de la temperatura virtual media de la columna de aire comprendida entre aquellas superficies, representando así una medida adecuada para el contenido medio de calor de la columna entera. Nosotros nos vamos a limitar en este caso a la topografía relativa entre 500 y 1.000 mb., cuya importancia para un análisis físico bien fundado es particularmente interesante por los motivos siguientes:

- 1) Permite encontrar a primera vista las zonas en que las diferencias son más grandes entre las masas de aire y con ello los frentes, principalmente en zonas oceánicas, donde la red de observaciones no es tan densa como en los continentes.
- 2) Permite diferenciar zonas típicas de tiempo, como, por ejemplo, la de "surco" (*Trog, trough*) de la de oclusión.
- 3) Permite conocer de una manera eficaz y rápida un cambio de la "acción rectora" en relación con la situación meteorológica.

Hay que considerar que este último punto pertenece ya a la predicción y no a la diagnosis.

Ya desde la introducción del esquema de depresión de Bjerknes, en la Meteorología sinóptica, el análisis del mapa consiste en encontrar las masas distintas de aire y sus zonas de contacto, y con ellas los frentes cálidos y fríos y las oclusiones. Pero mientras en tiempos precedentes las masas de aire fueron clasificadas principalmente según sus propiedades (por ejemplo sus temperaturas equivalentes), ahora se procura encontrar el origen de la masa. Se continúa llamando de aire "ártico" una masa, aun en el caso de que ésta haya sido calentada considerablemente hasta grandes alturas en su camino hacia el Sur sobre zonas cálidas. Según los métodos anteriores, esta masa hubiera sido llamada "masa templada" y el frente ártico hubiera quedado estacionario en el lugar del mayor calentamiento, lo que, naturalmente, no está en concordancia con el concepto del frente, y de lo cual resultaría una predicción equivocada. Claro que sólo aquellas masas frías que se mueven rápidamente hacia el sur sobre una superficie relativamente cálida (en Europa masas procedentes de la zona entre Spitzberg y Groenlandia sobre la corriente del Golfo) están sometidas a un cambio



tan rápido a causa de su estructura termodinámica, como ha sido demostrado en un ejemplo muy impresionante por Lettau (1).

Mientras en los tiempos pasados, dado que la red aerológica era poco densa, se habían clasificado las masas de aire según sus cualidades en las capas más bajas principalmente (aerología "indirecta"), la ampliación considerable de la red durante y después de la segunda guerra mundial ha conducido a clasificarlas en dirección vertical hasta la estratosfera, y algunas veces hasta alturas mucho mayores todavía. Claro que este progreso ha adelantado considerablemente el problema de la diagnosis del tiempo, especialmente en el servicio aeronáutico, donde la tercera dimensión es de señalada importancia, y es imprescindible un análisis detallado de las capas altas.

En la Meteorología sinóptica la topografía relativa entre las superficies isobáricas tipo de 500 y 1.000 mb., como medio auxiliar para el análisis de una situación meteorológica, ha dado muy buenos resultados (2), facilitando muchísimo al encontrar las zonas en que las diferencias de temperatura son notables, las llamadas zonas frontales que se identifican con el *jet-stream*, chorro (*Frontalzone*, *Strahlstroemung*), y con ellas los frentes. Para su construcción se usa la diferencia de alturas de las superficies de 500 y de 1.000 mb. de los radiosondeos y la diferencia vertical de los vientos de altura, cuya dirección es perpendicular al gradiente horizontal de temperatura en esta capa, y con esto paralela a las isohipsas de la topografía relativa, siendo su fuerza proporcional al gradiente de estas líneas (los anglosajones llaman a este cambio vertical del viento *shear* o también *thermal wind*). Con esto se consiguen grandes facilidades, especialmente en zonas donde la red aerológica no es suficientemente densa, como, por ejemplo, en los océanos, pues además del valor numérico de la topografía relativa se tiene también su dirección: hay que considerar, sin embargo, que esta ley sólo vale para el viento geostrófico, de manera que para el cálculo no sirve el viento superficial, sino aquel viento que ya no esté afectado por el rozamiento.

Ciertamente que no es pura casualidad el hecho de que el método de la topografía relativa sea empleado en Europa principalmente, puesto que los contrastes de las masas de aire son aquí menores generalmente que, por ejemplo, en Norteamérica, donde el aire tropical procedente del Golfo de Méjico casi siempre confluye con el aire ártico, que tiene su fuente en latitudes polares. En vista de las grandes diferencias de las dos masas, es mucho más fácil, naturalmente, el encontrar sus "zonas de combate", o sea sus frentes, mientras que en su largo recorrido de un lado al otro del Atlántico sobre todo, la masa fría se calienta considerablemente, borrándose así los contrastes vigorosos.

---

1) H. LETTAU.—Die thermodynamische Beeinflussung arktischer Luftmassen über warmen Meeresoberflächen als Problem der meteorologischen Strömungs- und Turbulenzlehre. Schriften der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung (1944).

2) R. SCHERHAG.—Neue Methoden der Wetteranalyse und Wetterprognose. Verlag Springer, 1948.



Los meteorólogos americanos recién llegados a Europa tienen las mayores dificultades con este fenómeno, lo que ha llamado la atención del autor.

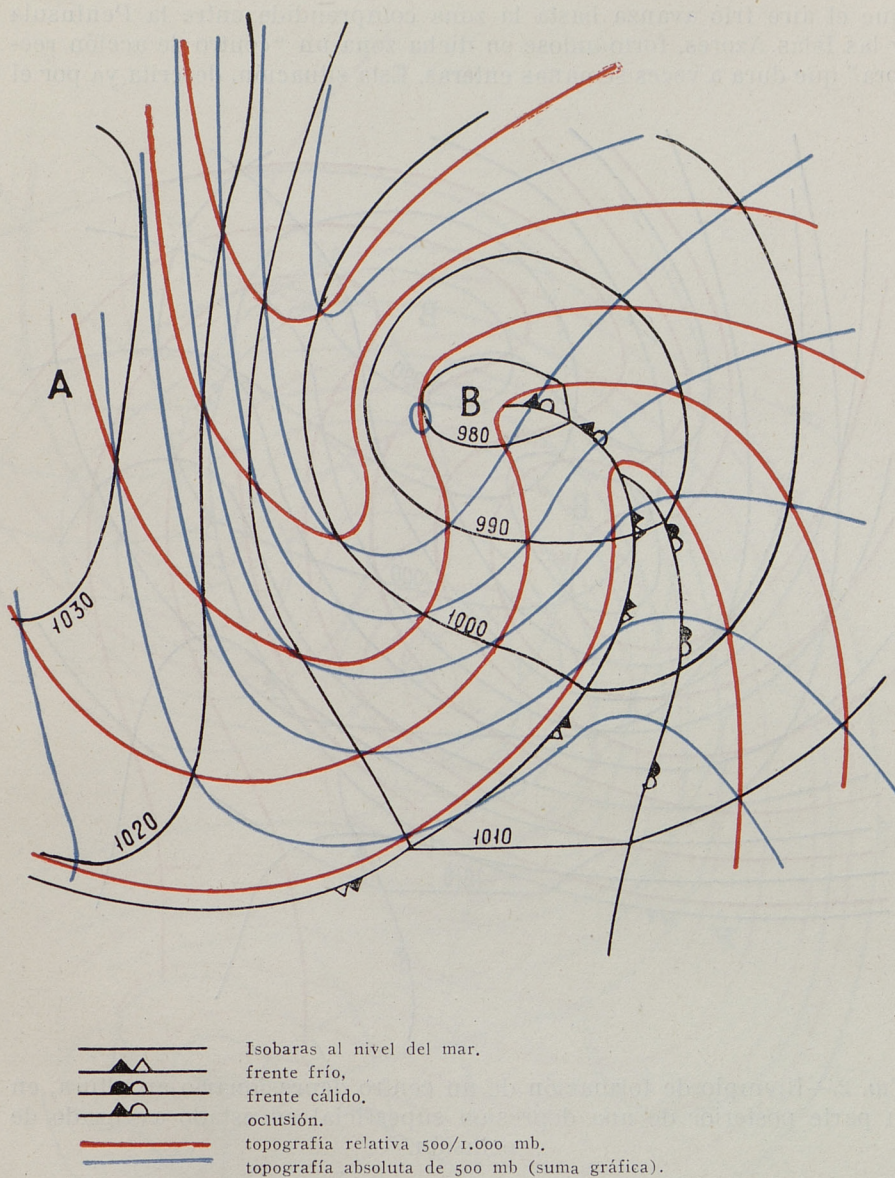
La distancia entre dos superficies isobáricas es pequeña en la masa fría, y grande en la masa cálida; las zonas frontales en la región fría se distinguen por un estrechamiento de las isolíneas de la topografía relativa o, lo que es lo mismo, por su gradiente fuerte, mientras la región cálida está caracterizada por una diferencia mínima de temperatura y, por tanto, de la topografía relativa. También este rasgo característico de la masa cálida tiene su origen en la estructura vertical de dicha masa que se enfría, en su camino hacia el Norte, principalmente en las capas más bajas, volviéndose más estable, de modo que el enfriamiento se limita a unos pocos hectómetros de altura. Mientras que la masa fría se calienta hasta grandes alturas sobre una superficie cálida, como lo hemos visto más arriba y, debido a esto, la topografía relativa de una masa fría no es ni conservativa ni representativa, puede, en cambio, considerarse la topografía relativa de una masa cálida como propiedad muy conservativa, cuya variación obedece, en primer lugar, casi sólo a las estaciones del año.

Cerca de una depresión ideal la topografía relativa tiene el aspecto de la figura 1. Se ve en este dibujo esquemático el estrechamiento de las líneas detrás del frente frío y delante del frente cálido—por tanto, siempre dentro del aire frío—y el gradiente débil dentro del aire cálido. Si la evolución de la depresión continúa, ocluyéndose por fin, y quedando casi estacionaria, se forma un centro de acción rectora, y la topografía relativa evoluciona de la manera siguiente:

Lo característico de esta evolución es la lengua del aire cálido—el aire cálido levantado—en la zona de la oclusión, y la lengua del aire frío en la parte posterior de la borrasca. En caso de que sea el campo de corriente de tal condición que otro avance de aire cálido se verifique en la parte posterior de la depresión, se corta entonces el aire frío de su fuente, y se forma una “gota de aire frío” (*Kallluftropfen, cold air pool*), que domina el tiempo días y días. Es evidente que la posibilidad de la formación de una gota de aire frío se presenta particularmente en el caso de una circulación a lo largo de los meridianos, cuando las masas cálidas avanzan mucho hacia el Norte y las masas frías mucho hacia el Sur, de tal manera que el aire cálido ataca la cuña formada por el aire frío por dos lados (véase fig. 3).

La gota de aire frío que, en este caso, origina una depresión cerrada en el nivel de 500 mb., en ciertas situaciones ciclónicas se señala también en el campo de presión del suelo como depresión cerrada a consecuencia de que el campo de presión en altura se impone hasta la superficie. Pero a diferencia de la borrasca que se forma a consecuencia de una perturbación ondulatoria en un lugar de la zona frontal, aquella depresión no tiene frentes porque su centro está rodeado de una masa uniforme. Una situación semejante, muy importante en el desarrollo del tiempo sobre la Península Ibérica, acontece siempre





(Para la deducción gráfica de la topografía absoluta de la superficie de 500 mb. hay que sumar a los valores de la topografía relativa las alturas de la superficie de 1.000 mb., deducidos de las isobaras sobre el suelo, a las cuales corresponden los siguientes valores: isohipsa, de 1.000 mb., 0 dm. geopotenciales; isohipsa, de 1.010 mb., + 8 dm. geopotenciales; isohipsa, de 990 mb., - 8 dm. geopotenciales. Es decir, basta considerar que cada intervalo de 10 mb. equivale, con bastante aproximación a 8 dm. geopotenciales; menos, claro está, en los anticiclones muy fuertes y fríos.)

FIG. 1.—Ejemplo de la distribución de la topografía relativa en una depresión típica.



que el aire frío avanza hasta la zona comprendida entre la Península y las Islas Azores, formándose en dicha zona un “centro de acción rectora” que dura a veces semanas enteras. Esta situación, descrita ya por el

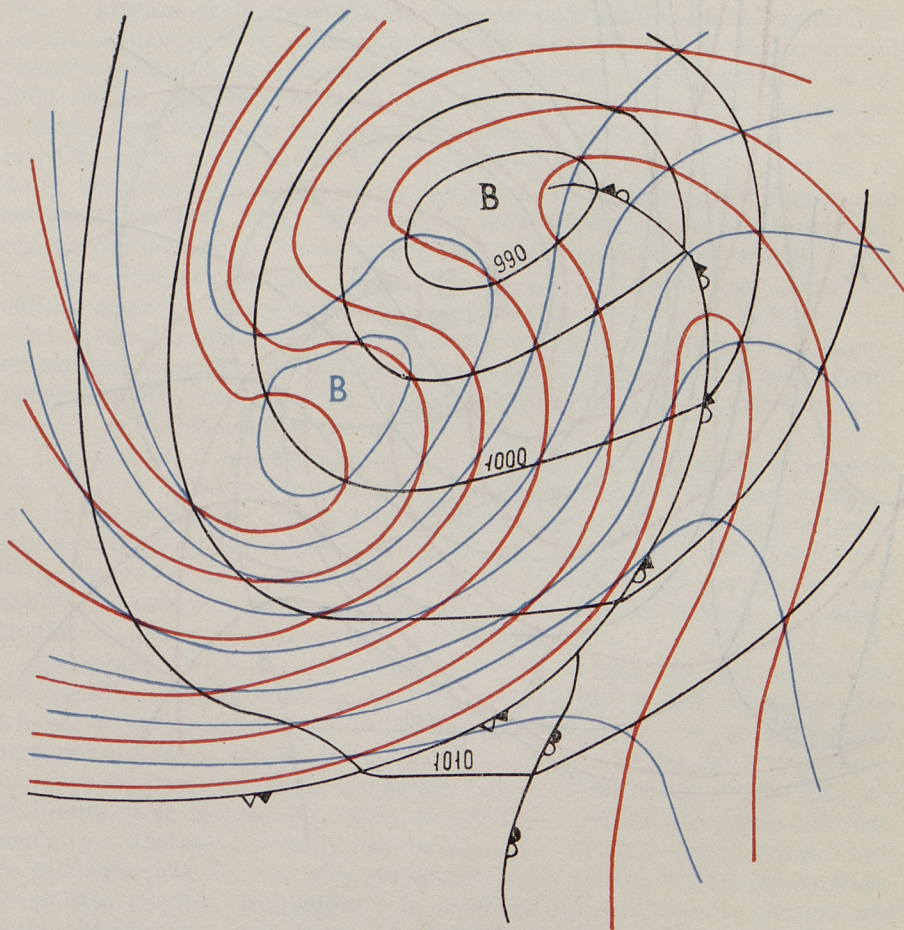


FIG. 2.—Ejemplo de formación de un centro depresionario en altura, en la parte posterior de una depresión superficial en estado avanzado de oclusión.

autor (1), es muy frecuente en primavera principalmente, y es de gran importancia para la Península como situación de lluvias abundantes. Sólo queda por decir algo respecto a la causa probable de su duración

1) W. ZIMMERSCHIED.—Situaciones meteorológicas típicas de la Península Ibérica. Publicaciones del Servicio Meteorológico Nacional de España. 1950.



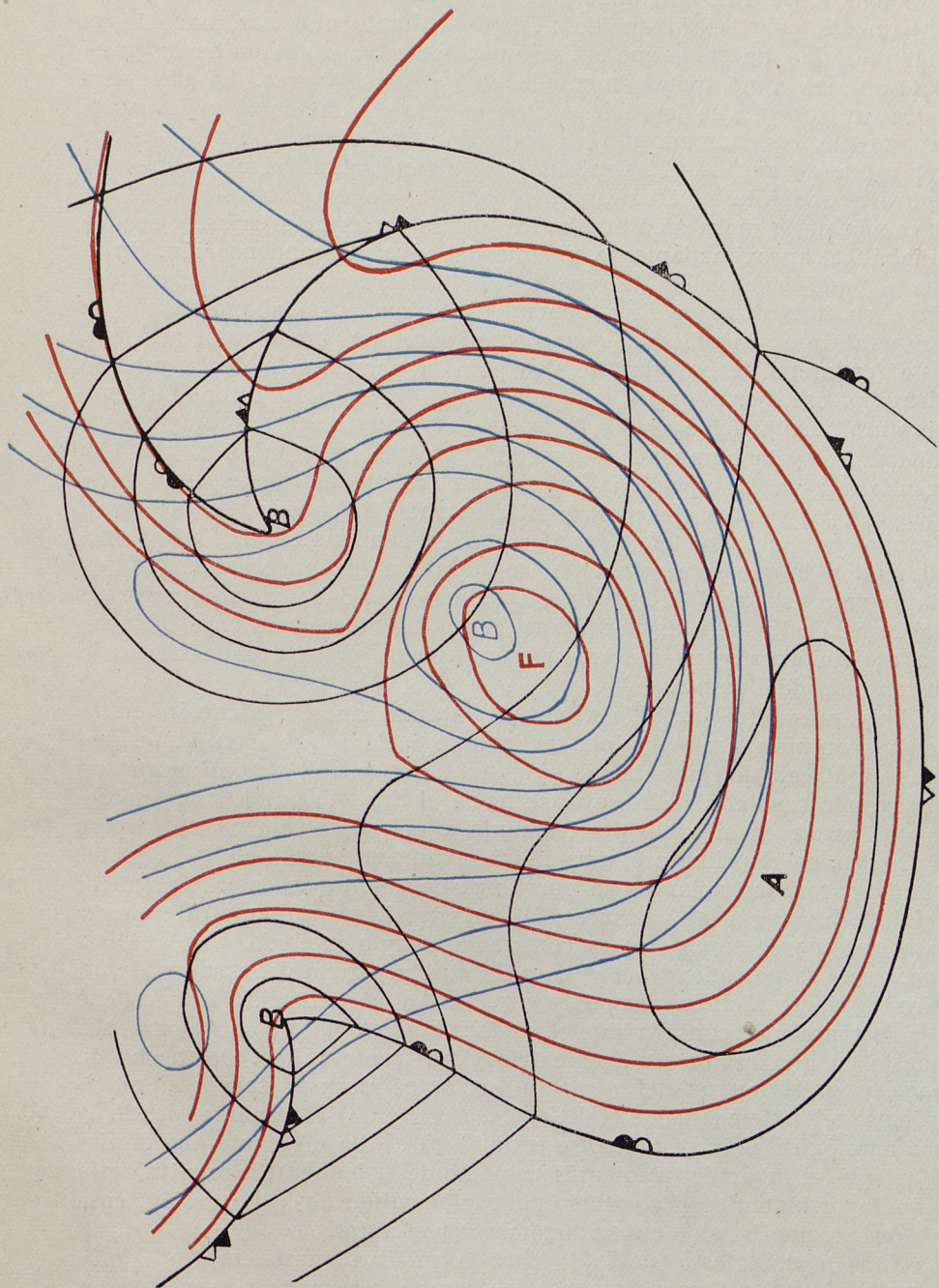


FIG. 3.—Ejemplo de formación de “una gota de aire frío” (F).



prolongada. Durante el avance hacia el Sur el aire frío se calienta continuamente por debajo debido al agua caliente del mar, haciéndose más inestable, de modo que el calor puede ser transportado hasta grandes alturas, como hemos mencionado ya varias veces. La distancia entre las superficies isobáricas de esta masa aumentará, pues, constantemente, dependiendo de la temperatura del agua. Como la reserva del vapor de agua está asegurada por el mar, el nivel de saturación estará a una altura relativamente pequeña, de manera que la estratificación de la masa será adiabática en las capas más bajas, y pseudo-adiabática, aproximadamente, encima del nivel de condensación. En el caso de que la masa de aire quede estacionaria sobre cierta zona marítima, su topografía relativa dependerá, entonces, notablemente de la temperatura de aquella zona y no podrá sobrepasar cierto valor máximo. Este fenómeno deberá ser decisivo para la persistencia de la gota de aire frío. Sea, por ejemplo, la temperatura del agua 15 grados C. (temperatura media del agua al Noroeste de la Península en mayo y en noviembre) y la humedad relativa en las capas más bajas 80 por 100, resultará para la topografía relativa un valor que corresponde muy bien con los valores observados. El desarrollo típico para la formación de una gota de aire frío ocurrió el 24 de septiembre de 1949 y días siguientes, lo que será estudiado ampliamente en otra ocasión. Contrariamente a esta gota de aire frío, aquellas otras del invierno que salen del Norte de Rusia, o de Escandinavia y Finlandia, están bajo influencia anticiclónica y no deforman el campo de presión del suelo, o lo hacen sólo débilmente.

Volvamos otra vez a la figura 2, fijando nuestra atención en la forma completamente distinta de la topografía relativa en las cercanías de la oclusión por un lado y en el surco por el otro. Mientras en el segundo caso el aire frío avanza hacia el Sur, formando una lengua, lo que causa en el suelo precisamente aquel campo de presión típico del surco, en el primero el aire cálido, avanzando hacia el Norte y elevándose, se hace notar en la curvatura de las líneas de la topografía relativa, inversa a las del surco, lo que permite claramente diferenciar la oclusión y el surco, que se confunden muy a menudo. Este análisis incorrecto es perjudicial en el caso de que, por ejemplo, a causa de un giro de viento fácil de reconocer en el Atlántico Central, y lo que debe ser interpretado, con ayuda del material aerológico, como surco, sea puesto en esta región un frente frío y un frente cálido. Del hecho de colocar en la lengua del surco un sector cálido y el seguir el movimiento del sistema hacia el Este, hasta llegar al continente, donde la red aerológica es más densa, se reconocerá al día siguiente que el aire más frío (el lugar del valor más pequeño de la topografía relativa) está situado justamente en el centro del sector cálido de la depresión, cosa absurda y que ha sido experimentada por el autor.

Si se consiguiese que la topografía relativa fuese empleada más y más en el análisis del mapa del tiempo, no se ocasionarían tales análisis incorrectos y resultarían mucho más uniformes, ya que la topo-



grafía relativa permite ver claramente las zonas frontales y las diferencias en los análisis serían sólo insignificantes. Esto el piloto aviador lo agradecerá seguramente.

Para ver el funcionamiento del mecanismo descrito y para tener una idea de cómo influye el intercambio de energía entre una superficie caliente y una masa de aire frío hasta alturas muy grandes, cambiando así la circulación normal, vamos a fijarnos en los ejemplos siguientes:

## II.—ANOTACIONES ACERCA DE IRRUPCIONES DE AIRE FRÍO DE LAS REGIONES DE GROENLANDIA Y SPITZBERG HACIA EUROPA CENTRAL Y OCCIDENTAL A FINALES DE OTOÑO O A PRINCIPIOS DE INVIERNO

**ZUSAMMENFASSUNG:** Bei spaetherbstlichen oder fruehwinterlichen Kaltluftausbruechen aus dem Gebiet Spitzbergen—Groenland nach Mittel—und West-Europa wird die Kaltluft ueber dem noch verhaeltnismaessig warmen Wasser des Nordmeeres und der Nord-See bzw. Atlantik stark, dagegen auf dem letzten Teil ihres Weges ueber den Britischen Inseln weniger oder gar nicht erwaermt, was zur Verschmaelerung der Kultlufzunge und zur Abschnuerung von eng begrenzten Kaltluft-tropfen ueber England fuehrt, die dann bis nach Deutschland zu verfolgen sind. Die staerkere Erwaermung ueber der Nord-See fuehrt zu einer Umgestaltung der 500 mb-Flaeche in diesem Gebiet und ferner dazu, dass der Trog auf der Bodenkarte solange ueber der westlichen Nord-See stationaer bleibt, bis er durch Warmluftadvektion aus West aufgefuellt wird. Die Bedeutung dieser Entwicklung fuer die Konstruktion der Vorhersagekarte wird unterstrichen.

**SUMMARY:** During outbreaks of cold air in November-December from the area between Svalbard and Greenland to western and Central Europe the cold air is heated considerably on its way over the relatively warm water. This warming does not occur or, at least, is less over the British Isles than over the adjacent sea areas, so that the "tongue of cold air" is becoming sharper over the Isles, where "pools of cold air" may form easily. The heating over the North-Sea is causing a change in the 500 mb level. At the same time it is causing that the surface trough will stay stationary until warmer air from the West is filling it. The importance in regard to the construction of the forecast map is pointed out.

Es bien conocido, y ha sido demostrado ya muchas veces mediante ejemplos típicos, que el aire frío, que irrumpe hacia el Sur, pasando sobre agua bastante más caliente, se calienta considerablemente en su camino. Como el calentamiento se realiza, principalmente, en las capas más bajas, una de estas masas de aire frío produce calentamiento en la atmósfera superficial a finales de otoño o invierno en la Europa Central, por eso el meteorólogo habla de un frente frío "enmascarado". El ejemplo más adecuado lo ha dado H. Lettau demostrando, con la ayuda de líneas de corriente, que este aire de las regiones entre Spitzberg y el NE. de Groenlandia se había calentado de 10 a 15 grados C. hasta una altura mayor de 5.000 m. en un caso extremo al llegar a la costa alemana del Mar del Norte veinticuatro horas más tarde.

Una tal corriente del N. está relacionada con un anticiclón de dirección N.-S., desde el Atlántico Oriental hasta Groenlandia, y con presiones bajas sobre Escandinavia, delante de la costa de Noruega. En lo que sigue ya no nos vamos a ocupar del calentamiento continuo



de la masa de aire desde el Norte hacia el Sur, sino que nos vamos a fijar en el efecto que esto produce en la topografía relativa de 500/1.000 mb., y, por tanto, en la topografía absoluta de la superficie de 500 mb., y modificación consiguiente de la acción rectora. Se observa este efecto principalmente en noviembre y diciembre, probablemente porque la diferencia entre el agua, relativamente caliente todavía, del Mar del Norte y del Atlántico Oriental, y las masas árticas, ya muy frías, es mayor en estos meses. Es de tal importancia que hay que tenerlo en cuenta al construir el mapa de previsión para el día siguiente.

### EXPLICACION ESQUEMATICA

Es bien claro que este calentamiento tiene que tener una relación estrecha con el gradiente de temperatura del agua en aquellas regiones marítimas, que se representa en la figura 4. La configuración normal de

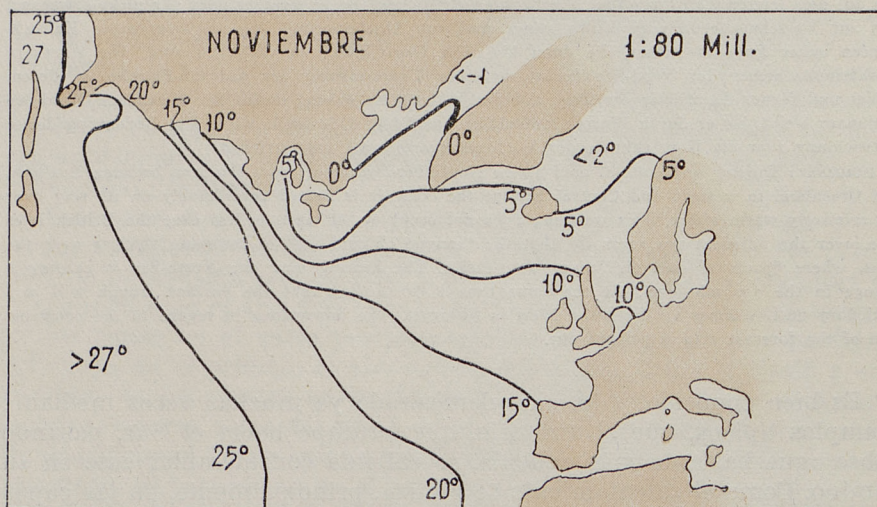


FIG. 4.—Temperaturas medias del agua del Atlántico en el mes de noviembre

Esta figura es copia de la fig. 19 b, pág. 55 del libro.

R. SCHERHAG, Neue Methoden der Wetteranalyse und Wetterprognose, Verl. Springer, 1948

la topografía relativa 500/1.000 mb. sobre una depresión (se entiende por "normal" cuando no existe intercambio considerable de energía entre el aire frío y el suelo), y la topografía absoluta de 500 mb., que es consecuencia de aquélla, se ve en la figura 1. Al campo normal no perturbado de la topografía relativa de la situación mencionada le será superpuesto como campo "adicional" el que resulte de la distribución



de temperatura del agua. Este campo adicional tendrá un aspecto tal, que irá haciendo aumentar la topografía relativa progresivamente desde la latitud de la isla de Jan Mayen hasta el paralelo 54 grados (costa alemana) en una cantidad del orden de 24 dm. geopotenciales en total, lo cual está en concordancia con las observaciones. Como este calentamiento no se verifica sobre las Islas Británicas mismas, encima de éstas no habrá el campo adicional, y, por tanto, la topografía relativa del aire frío, en su camino desde Escocia hacia el Continente, no cambiará mucho, mientras el aire que avanza tanto al Oeste, sobre el Atlántico, como al Este, sobre el Mar del Norte, va siendo calentado continuamente, con lo que aumenta su topografía relativa de 8 a 10 dm. geopotenciales. Por eso la lengua de aire frío, dirigida exactamente de N. a S., sobre las Islas, será más estrecha; pero si está dirigida hacia el Mar del Norte, el eje de la misma será desviado hacia el Oeste, o sea, hacia las Islas, lo que quiere decir que sobre el Mar del Norte las líneas de topografía relativa serán más cerradas y, por tanto, estarán dirigidas casi en la dirección de los meridianos. Lo principal para la sinóptica es que en la región del Canal de la Mancha y de la costa alemana del Norte cambiará la acción rectora y se debilitará el gradiente de presión en el suelo considerablemente en esta región. Con esto también cambia la velocidad de traslación del frente frío y su misma forma. El surco queda estacionario sobre el Mar del Norte durante un tiempo más largo. Se ve claramente en la configuración de las isolíneas de la topografía relativa sobre las Islas Británicas, que en éstas pueden separarse fácilmente "gotas de aire frío"; como se verá en los ejemplos siguientes. Aunque el mecanismo de este cambio no es tan simple como se ha descrito, puesto que se han mencionado solamente las causas termodinámicas del cambio y no se ha hablado casi nada de las consecuencias en el aspecto dinámico, el ensayo de explicación permite, sin embargo, reconocer las características esenciales, de modo que puedan ser aplicadas en la confección del mapa de previsión. Como consecuencia de la permanencia del surco sobre las Islas Británicas, el frente frío no se trasladará de la manera general; lo hará más despacio por la disminución del gradiente como consecuencia de la configuración isobárica que origina la permanencia del surco. El surco no empieza a moverse hasta que un avance nuevo de aire caliente lo llena.

A continuación vamos a describir dos ejemplos de cómo ocurren en otoño o invierno de casi todos los años.

### **1) La situación del día 3 al 5 de diciembre de 1950.**

En la última semana del mes de noviembre del año 1950, en Norteamérica, una configuración típica de un anticiclón frío sobre Terranova, y de un anticiclón frío sobre la Bahía Hudson, por cuyo lado oriental avanzaron masas muy frías hacia el Sur, causaba la formación de una zona frontal, que estaba dirigida desde la parte meridional



de la Bahía Hudson hacia el NE. (durante los días 25 y 26 las masas, extremadamente diferentes, habían originado una depresión en los Estados centro-orientales, de una intensidad generalmente desconocida hasta en los Estados Unidos, donde ocurrieron diferencias de temperatura de más de 25 grados C. dentro de unos 100 kilómetros y velocidades de viento a ras del suelo de más de 50 nudos, habiendo bajado las temperaturas bajo cero hasta en las mismas costas del Golfo de Méjico, en donde las tormentas de nieve ocasionaron más de 300 muertos y daños enormes). En esta zona frontal, una zona isalobárica en veinticuatro horas negativa, ahondándose en su camino, corrió hacia el NE., encontrándose el día 28, a las 0000 TMG sobre Groenlandia, el día 29 entre Islandia y Groenlandia, con más de 40 mb. en veinticuatro horas, y el día 30 en la cercanía meridional de Islandia. La depresión perteneciente a esta zona isalobárica estaba situada el día 30 a 0000 TMG sobre la isla misma, teniendo una presión de menos de 970 mb. en su centro. Hasta el día 2 del mes de diciembre la depresión se trasladó, con la misma presión central, a la costa noruega, donde quedó estacionaria durante los días siguientes, llenándose lentamente (figs. 5, 6, 7 y 8). Entre esta depresión, casi estacionaria, y el anticiclón que se había formado desde el Atlántico septentrional hasta el Polo Norte, una corriente Norte muy fuerte conducía hacia el Sur masas de aire de las cercanías del Polo. Renunciamos a comprobar, con ayuda de las líneas de corriente, el aumento continuo de la topografía relativa ocasionado por el transporte continuado de calor desde el mar hacia la masa de aire en su camino (como consecuencia de lo cual se nota la gran inestabilidad por las tormentas sobre las Islas Británicas). Un cálculo aproximado demuestra, sin embargo, que la masa de aire para cuya región de origen se puede tomar la topografía relativa de la estación 320 del NE. de Groenlandia, había llegado en dos a dos días y medio al Sur de Inglaterra y a la costa alemana del Mar del Norte, respectivamente, habiendo aumentado la topografía relativa de 488 dm. geopotenciales a 520 dm. aproximadamente.

En los mapas de las figuras 9-18 se ve la topografía relativa de aquellas regiones de doce en doce horas, y sobre la zona principalmente interesante de las Islas Británicas y Alemania, de seis en seis horas, desde el día 3 a las 0300 TMG (hay que mencionar que tanto los sondeos de las Islas Británicas como los de la Alemania septentrional son de la 0200, 0800 1400 y de las 2000 horas TMG) hasta el día 5 de diciembre de 1950. Ha sido una gran ventaja que los datos aerológicos de las Islas Británicas sean muy uniformes entre sí. Además de los valores de la topografía relativa (en decámetros geopotenciales, omitiendo la primera cifra) figuran también los vientos térmicos, por considerarlos indispensables para un análisis detallado, pues de lo contrario pueden darse casos en que datos de excepcional interés no queden de manifiesto por no permitirlo el intervalo con que se trazan las isohipsas. Teniendo en cuenta los valores de los vientos térmicos (en este caso entre 900 y 500 mb.), se nota al instante cómo la masa de aire



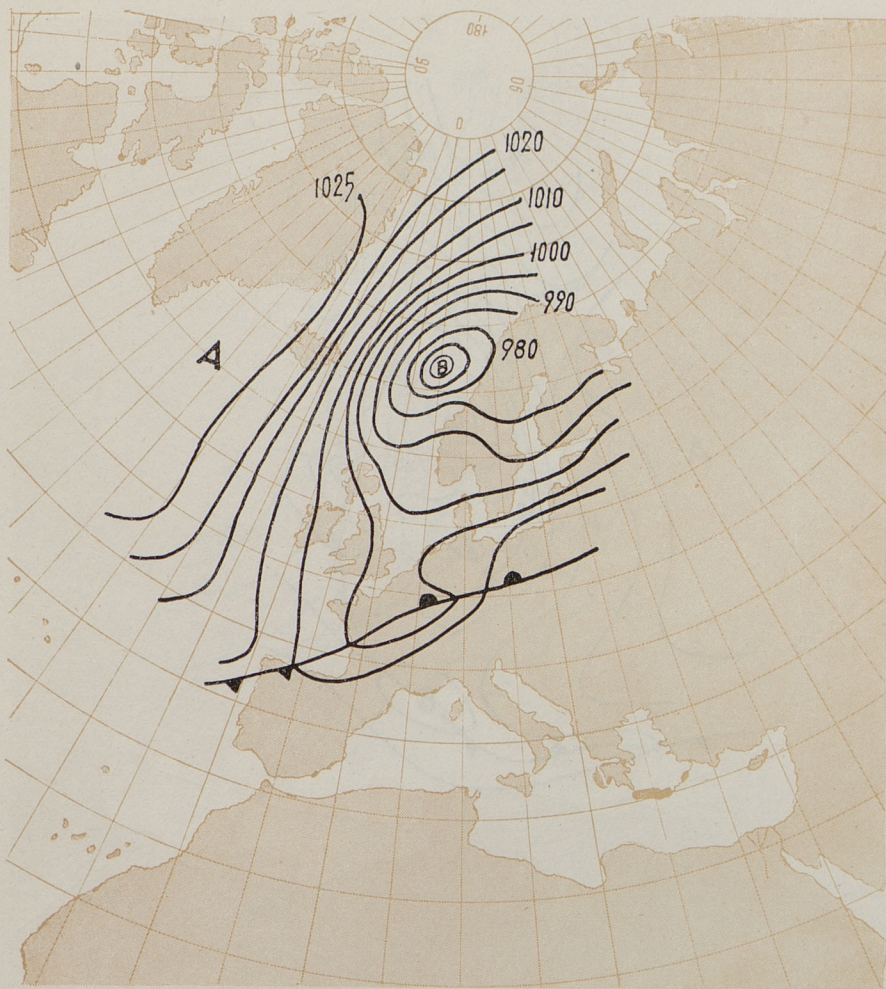
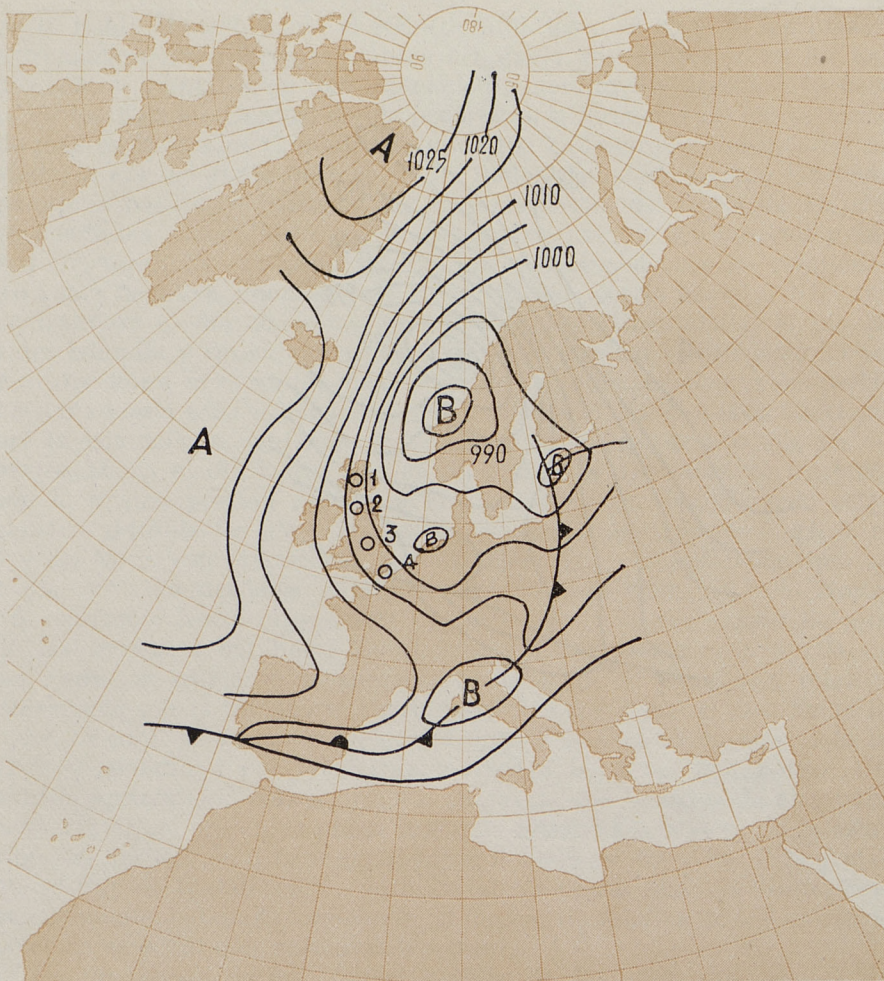


FIG. 5.—3-12-1950, a las 0000 TMG.

se calienta continuamente sobre las masas de agua adyacentes de las Islas Británicas, durante su avance hacia el Sur, mientras deja de calentarse sobre las islas mismas o al menos el calentamiento es mucho menor.

Se tiene la impresión de que se desprenden constantemente gotas de aire frío, muy pequeñas, de la lengua de aire frío que está dirigida desde la isla de Jan Mayen, pasando por Thorshavn, hacia Escocia, moviéndose después sobre las Islas Británicas hasta el Oeste de Alemania, lo que se observa con facilidad. Fijémonos en la gota que aparece el día 3 a las 2000 TMG sobre las Islas Hébridas (figs. 12 a 15),





Posición de la "gota de aire frío".

1: el día 3, a las 2000 TMG.

3: el día 4, a las 0800 TMG.

2: el día 4, a las 0200 TMG.

4: el día 4, a las 1400 TMG.

Fig. 6.—4-12-1950, a las 0000 TMG (mapa del suelo).

Observamos su situación al día siguiente, a las 0200 TMG, con el mismo valor aproximadamente, cerca de la frontera, entre Escocia e Inglaterra, y seis horas más tarde, algo al N. de Londres. El día 4, a las catorce, está situada sobre la desembocadura del río Támesis, habiendo subido su valor desde las 2000 horas del día anterior 4 dm. En los días siguientes la gota gira hacia Alemania.





FIG. 7.—5-12-1950, 0000 TMG.

Lo más notable de estas topografías relativas es la lengua muy afilada de aire frío, extendiéndose sobre las Islas Británicas hasta Alemania septentrional, con núcleos muy reducidos de aire frío y el aire relativamente más caliente sobre el mar del Norte, lo que demuestra muy claramente el campo perturbado de la topografía relativa como resultado de haberse añadido al campo "normal" el campo "adicional". Las gotas de aire frío, que o no se hacen notar en el campo isobárico del suelo o sólo dan lugar a un aumento del gradiente de presión, por lo cual se las llama gotas "verdaderas" de aire frío, se mueven exactamente en la dirección de las isobaras del suelo, como se ve en sus



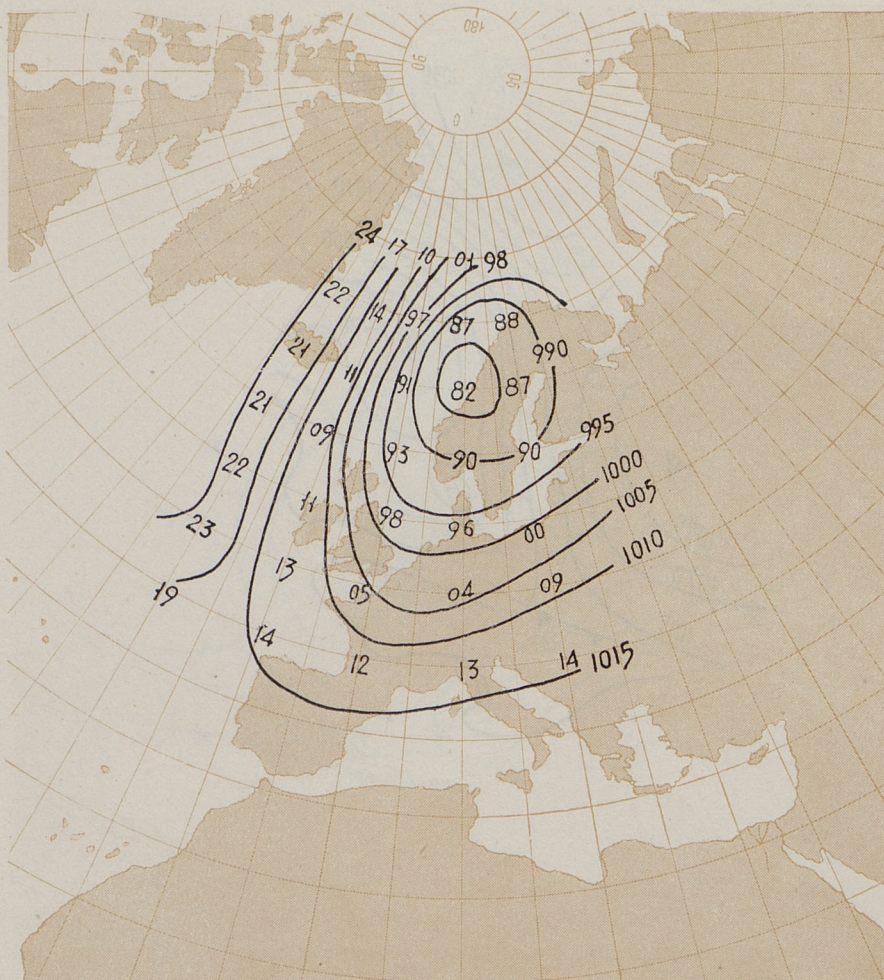


FIG. 8.—Situación isobárica media del día 2 al 5 de diciembre de 1950, a las 0000 TMG.

posiciones fijadas en el mapa del día 4, a las 0000 horas TMG (figura 6) y con el 85 por 100 de la velocidad de gradiente aproximadamente. Por el contrario, ellas hacen cambiar por completo la corriente rectilínea al nivel de 500 mb., lo que se ve en las topografías absolutas de 500 mb. del día 4, a las 0200 y a las 0800 horas TMG (figs. 19 y 20). En el nivel de 300 mb. ya no se nota la perturbación causada por la gota de aire frío. Se trata entonces de un caso en donde cambios muy bruscos del nivel de 500 mb. están gobernados desde el suelo, lo que no es de extrañar, teniendo en cuenta que en este caso la fuente de energía



está situada en el suelo, o mejor dicho en el agua. Principalmente destacable es el hecho de que el surco en el mapa del suelo queda estacionario desde el día 3 al día 5 en el mismo sitio, más o menos (en dirección N.-S., a lo largo del meridiano 3° E.), con lo que la dirección de las isobaras sobre Alemania se conserva WSW-ENE.

La gota mencionada de aire frío pasa con su centro por Francfort durante el día 5, donde ocasiona fenómenos meteorológicos muy marcados aún. Empieza, por ejemplo, con vientos débiles o moderados del Sur, una nevada ligera o moderada un poco después de las 0500 TMG, durante la cual disminuye la visibilidad hasta un kilómetro ocasionalmente. Termina de nevar entre las 1200 y las 1300 TMG, quebrándose las nubes y girando el viento a SW., alrededor de las 1400 TMG, mientras la visibilidad aumenta a más de 10 kms. El surco queda al Oeste, extendiéndose el día 5, a las 1200 TMG, del punto 51° N./03° W. hacia el Norte de Dinamarca. En este caso la diagnosis justa se deduce exclusivamente de un análisis detallado de la topografía relativa.

## **2) La situación del día 11 al 12 de diciembre de 1950:**

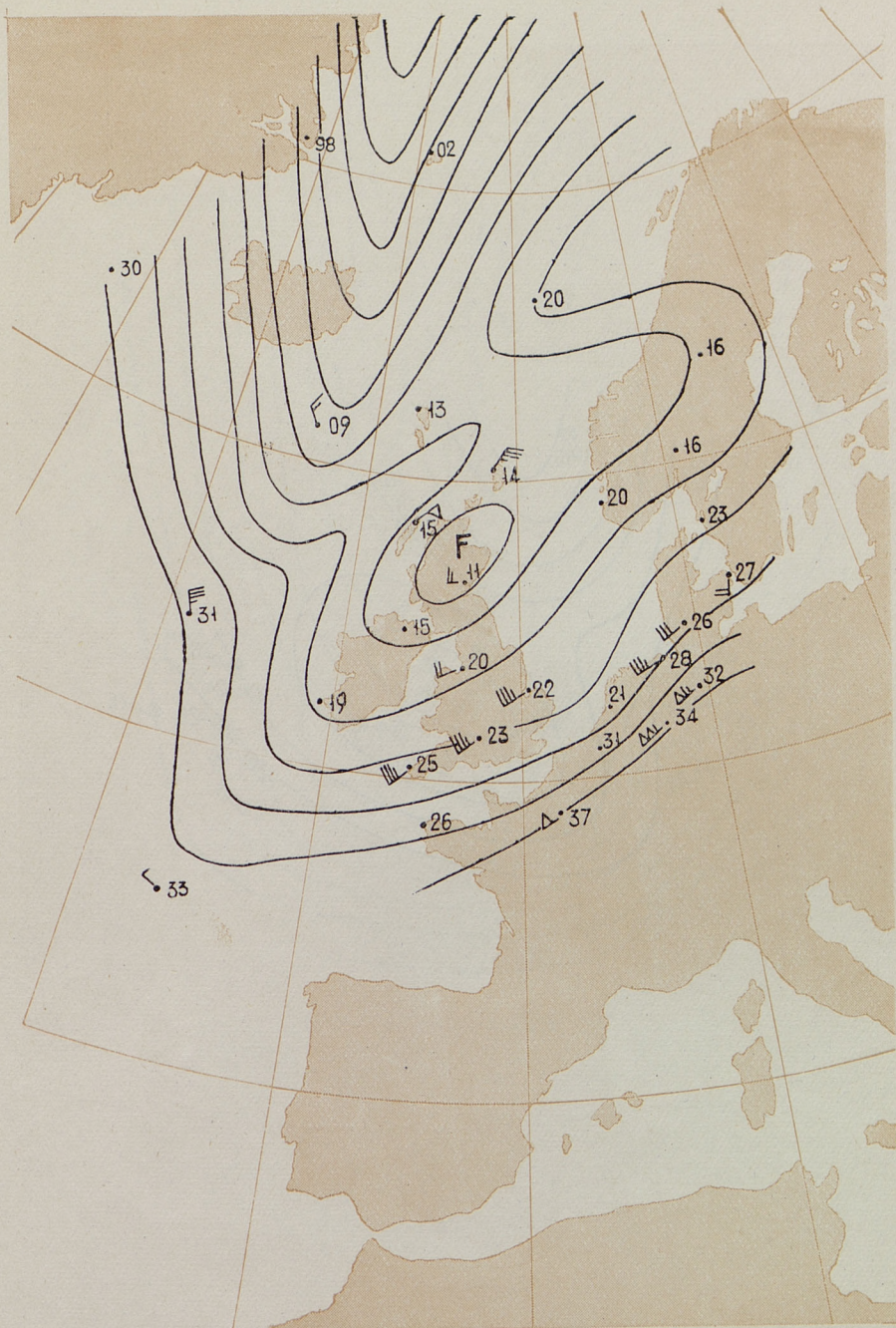
Una situación muy parecida ocurre algunos días más tarde. Una depresión muy profunda estaba situada al Sur de Islandia, moviéndose de forma que el día 12, a las 0000 TMG, con su centro de 970 mb., se sitúa en el punto 60° N./04° E. Otra vez masas de aire muy frío fueron conducidas desde la región Spitzberg-Groenlandia hacia el Sur. En el día 11, a las 0300 horas, la lengua de aire frío se extendía desde el Norte de Groenlandia por Islandia hacia Irlanda, donde se formaba una gota de aire frío, que se trasladaba durante el día hasta el Oeste de Alemania (figs. 21-28). Por el pequeño movimiento del centro de la depresión hacia el Este y principalmente por la advección muy intensa de aire caliente delante de una nueva perturbación que se había formado al SW. de Islandia, la lengua de aire frío se trasladaba hacia el Este hasta el día 12, a las 0300 TMG, extendiéndose de una manera muy destacada desde el Norte hacia el Sur, pasando por Escocia, Inglaterra, el Norte de Francia hacia Alemania. Con singular claridad se apreciaba la lengua, a las 0900 horas del día 12 sobre el Sur de Inglaterra, donde se reconoce que los vientos térmicos de las dos estaciones Larkhill y Downham en el Sur de Inglaterra, que están distanciadas por 200 kilómetros solamente, tienen dirección contraria, habiendo una velocidad de 40-45 nudos. También en este ejemplo se manifiestan los valores relativamente grandes de la topografía relativa sobre el Mar del Norte. El surco queda estacionario sobre la parte occidental de este mar (hasta el día 13); las isobaras del suelo sobre Alemania, aun durante el día 12, corren de WSW. a ENE. y no de NNW. a SSE., como se había pronosticado en el mapa de previsión del día 11 para el día 12.



### *Anotaciones finales.*

En lo mencionado anteriormente se ha llamado la atención hacia una situación bien definida del Noroeste de Europa; pero es muy probable que se observen estas mismas condiciones también en otros sitios de la Tierra, bajo circunstancias parecidas. Estas son avances de aire muy frío sobre aguas muy calientes, donde forman las isothermas de la superficie del agua un ángulo agudo con el eje de la lengua del aire frío. Estas condiciones se dan en forma ideal durante el invierno en la costa oriental del Norteamérica. También allí se observa casi siempre la divergencia grande de las isobaras del suelo detrás del frente frío, tan pronto como pasa desde el continente hacia el mar, y un traslado de los fenómenos meteorológicos más activos hacia el surco, que está más o menos paralelo a la costa.






 • Viento térmico (= 240 grados a 65 nudos).  
 Los valores indican, p. e.: 31 = 5310 metros geopotenciales.  
 F = la gota de aire frío.

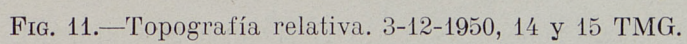
FIG. 9.—Topografía relativa 500/1.000 mb. del 3-12-1950, a las 02 y 03 TMG.





FIG. 10.—Topografía relativa. 3-12-1950, 08 y 09 TMG.







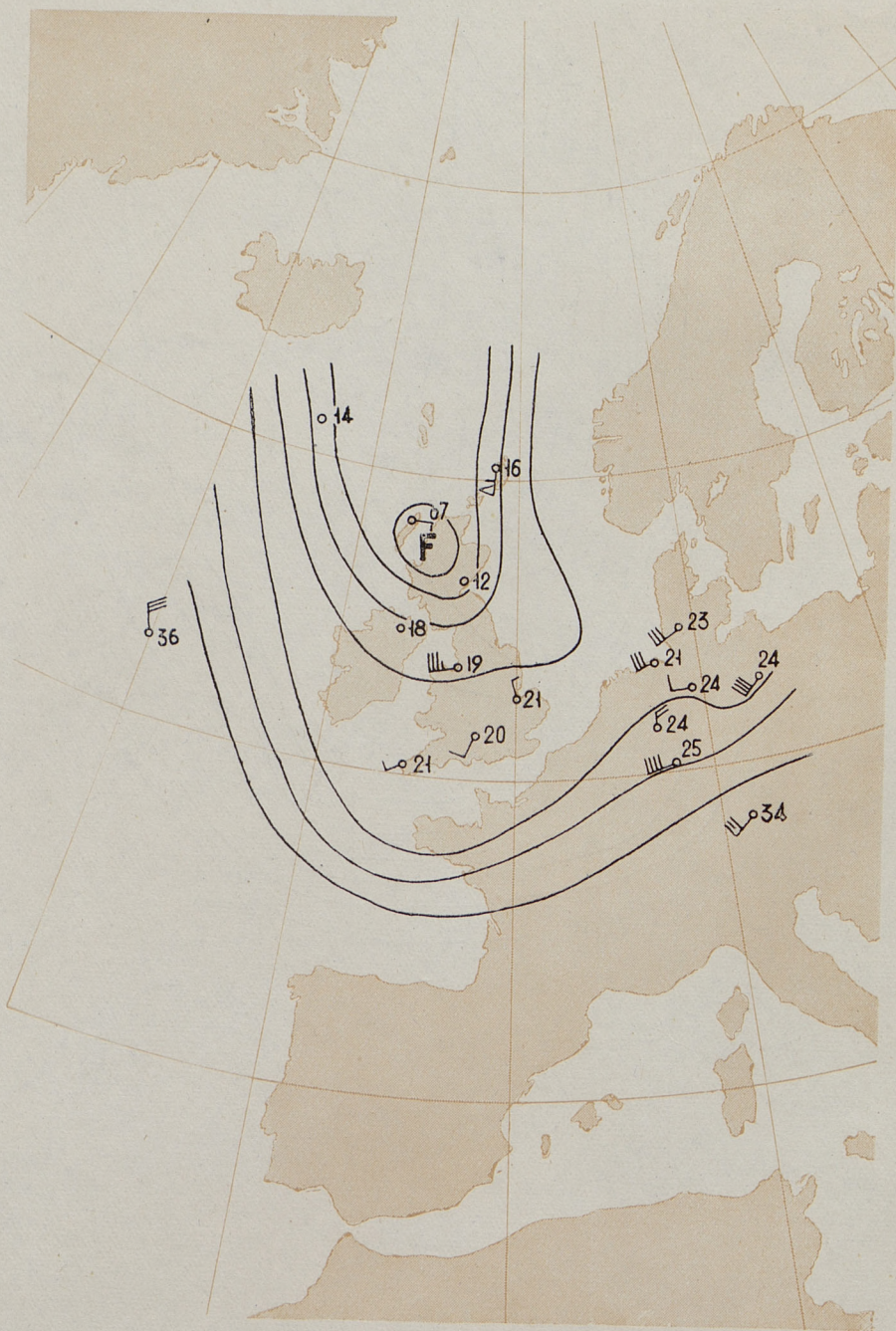


FIG. 12.—Topografía relativa. 3-12-1950, 20 y 21 TMG.



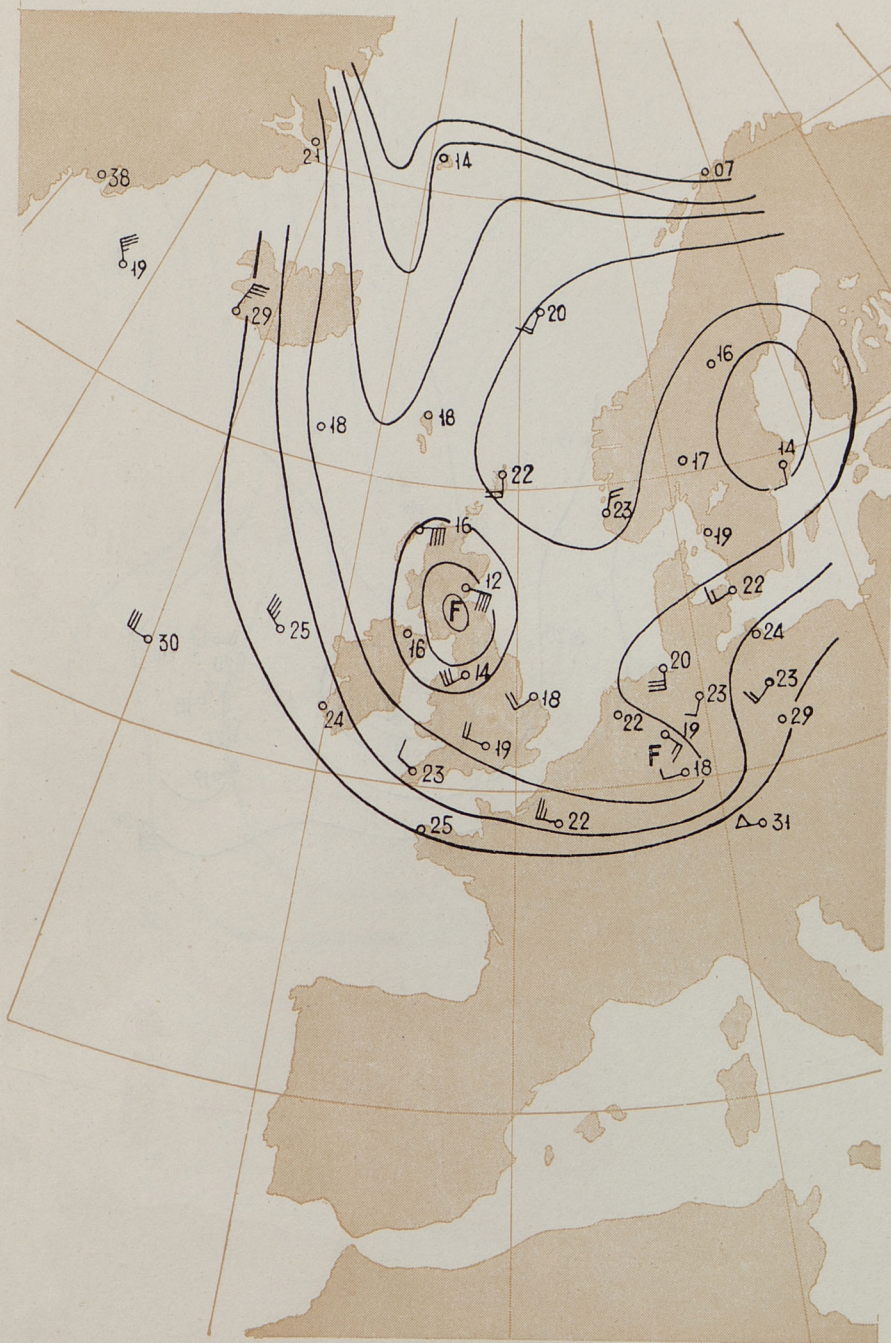


FIG. 13.—Topografía relativa. 4-12-1950. 02 y 03 TMG.





FIG. 14.—Topografía relativa. 4-12-1950, 08 y 09 TMG.



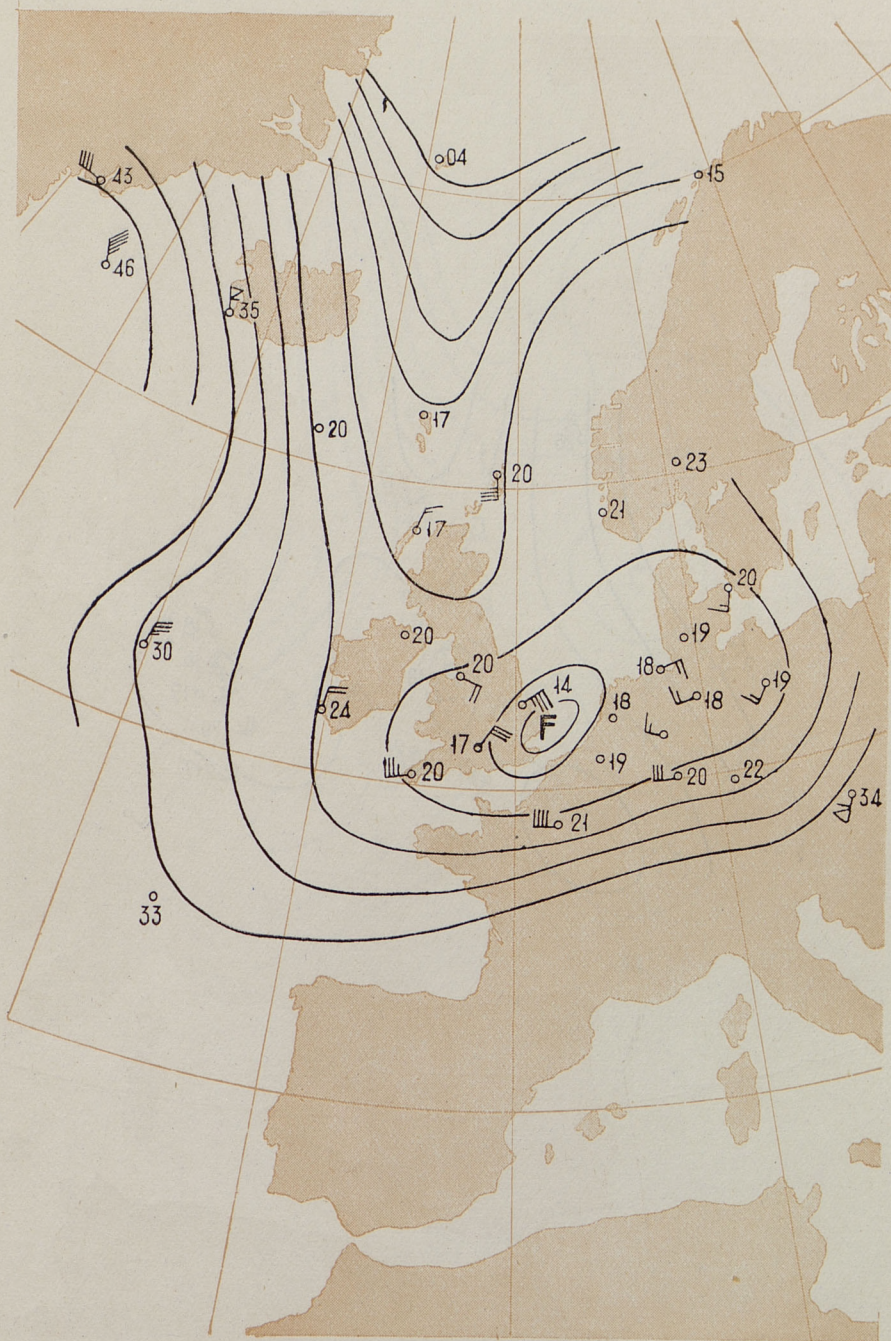


FIG. 15.—Topografía relativa. 4-12-1950, 14 y 15 TMG.



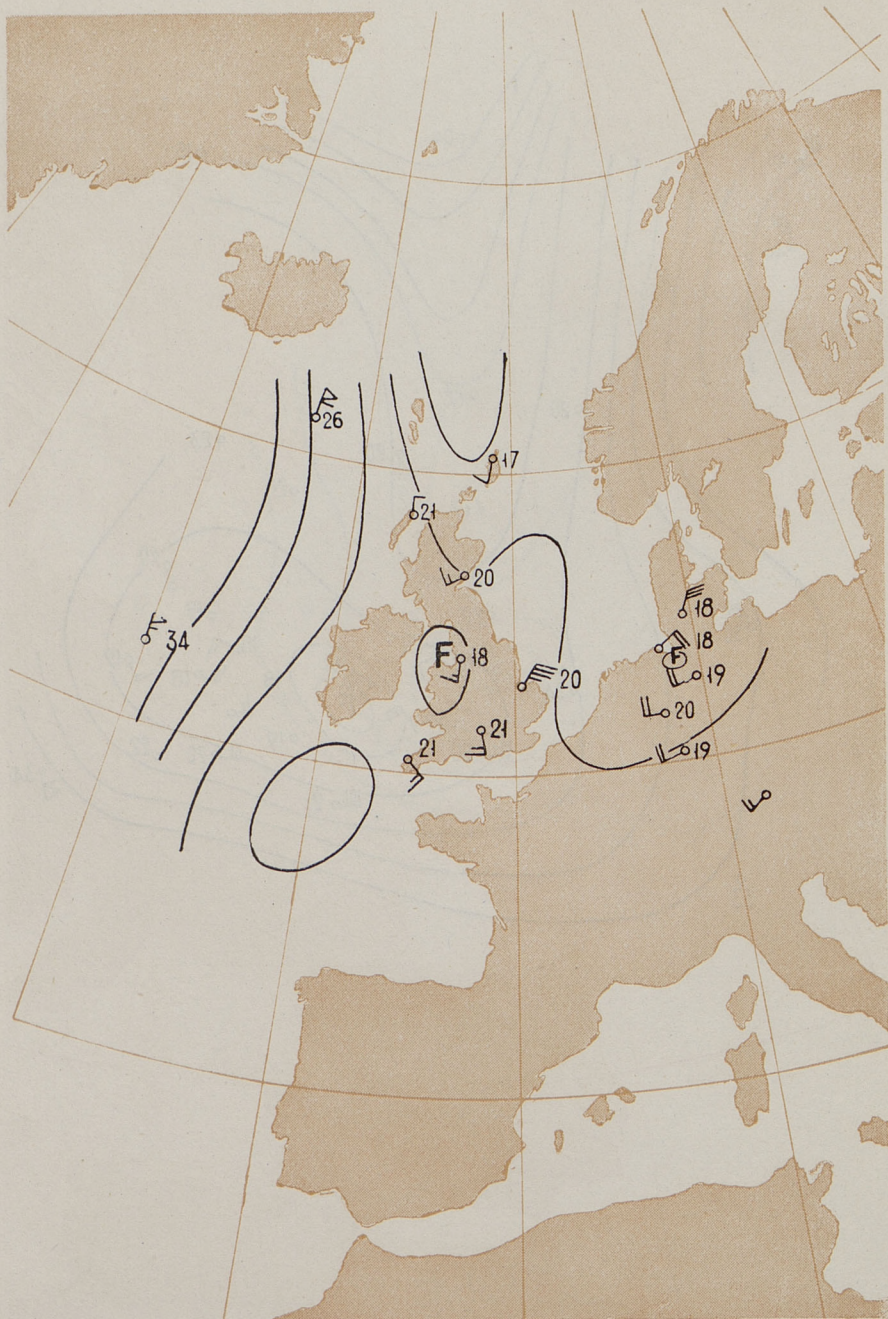


FIG. 16.—Topografía relativa. 4-12-1950, 20 y 21 TMG.



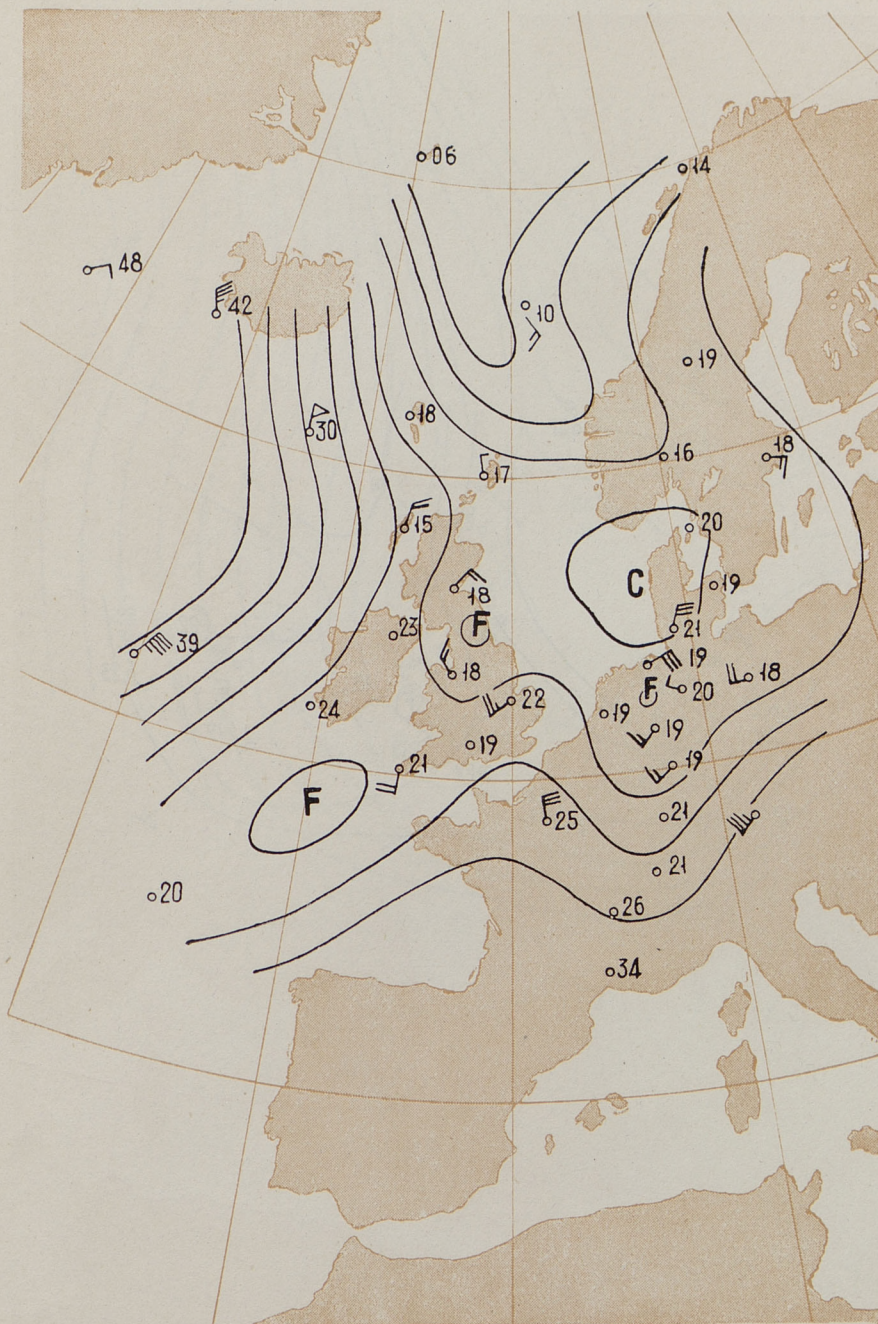


FIG. 17.—Topografía relativa. 5-12-1950, 02 y 03 TMG.





FIG. 18.—Topografía relativa. 5-12-1950, 08 y 09 TMG.



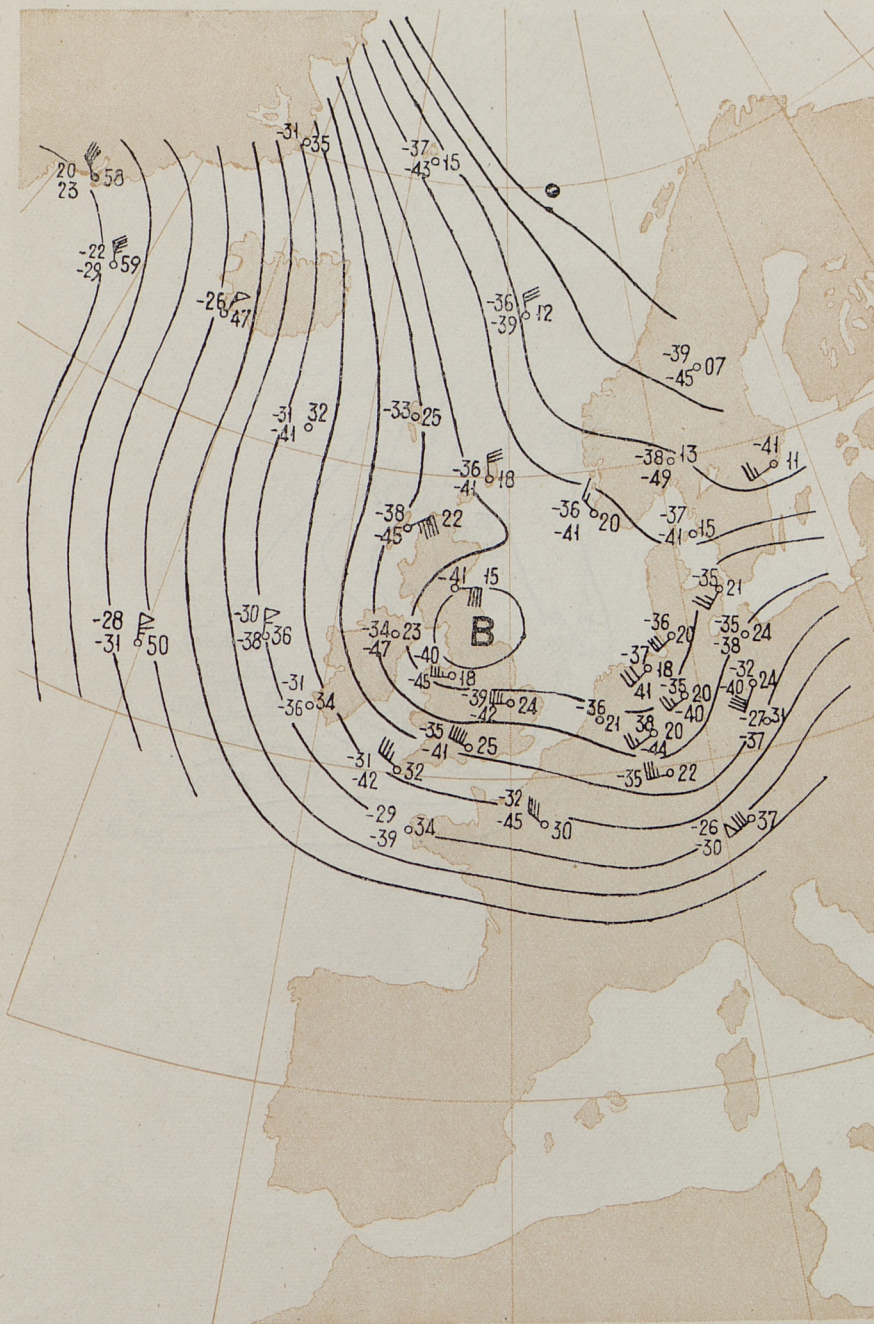


FIG. 19.—Topografía absoluta de la superficie de 500 mb. 4-12-1950, 02 y 03 TMG.



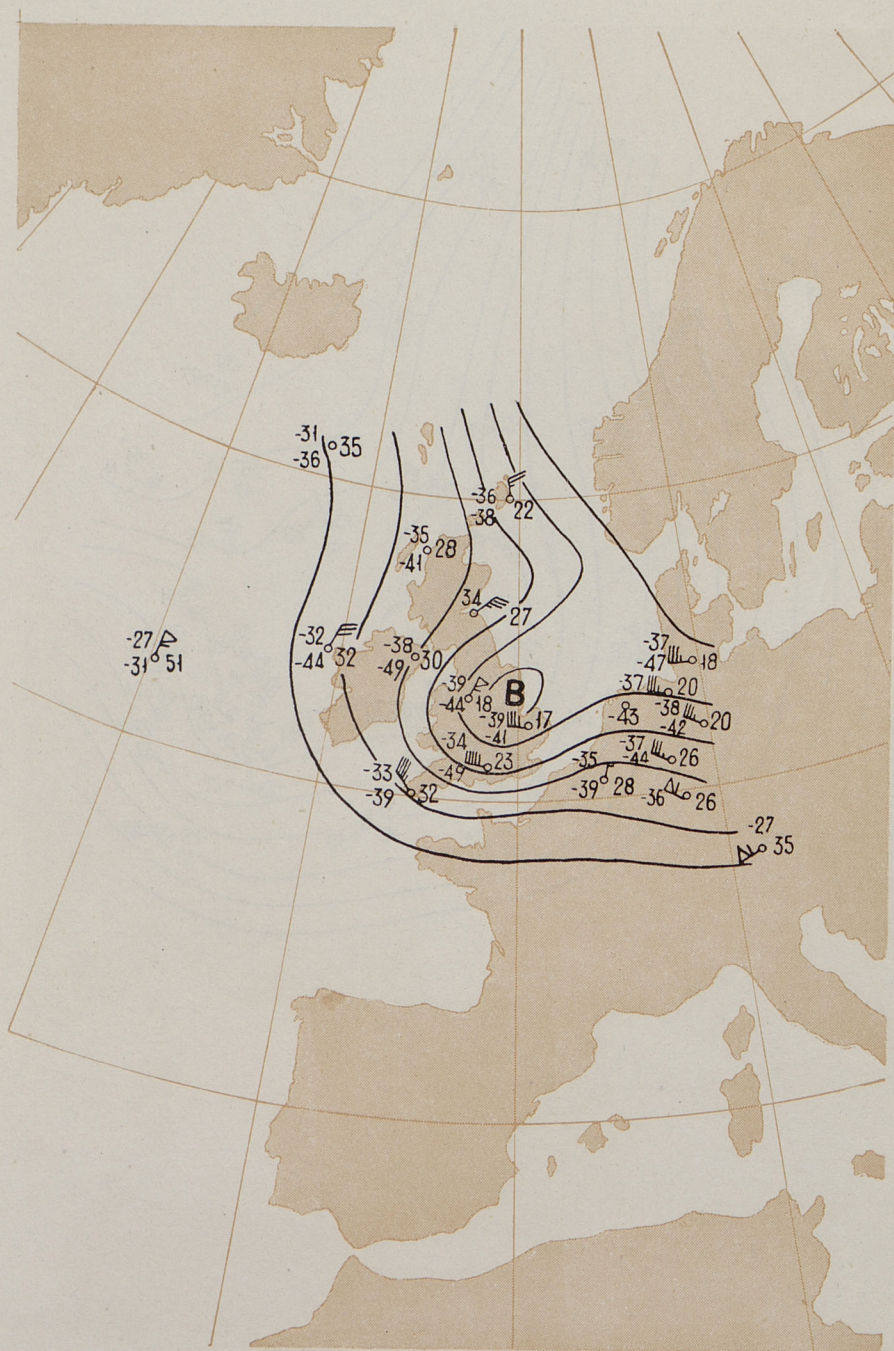


FIG. 20.—Topografía absoluta de 500 mb. 4-12-1950, 08 y 09 TMG.



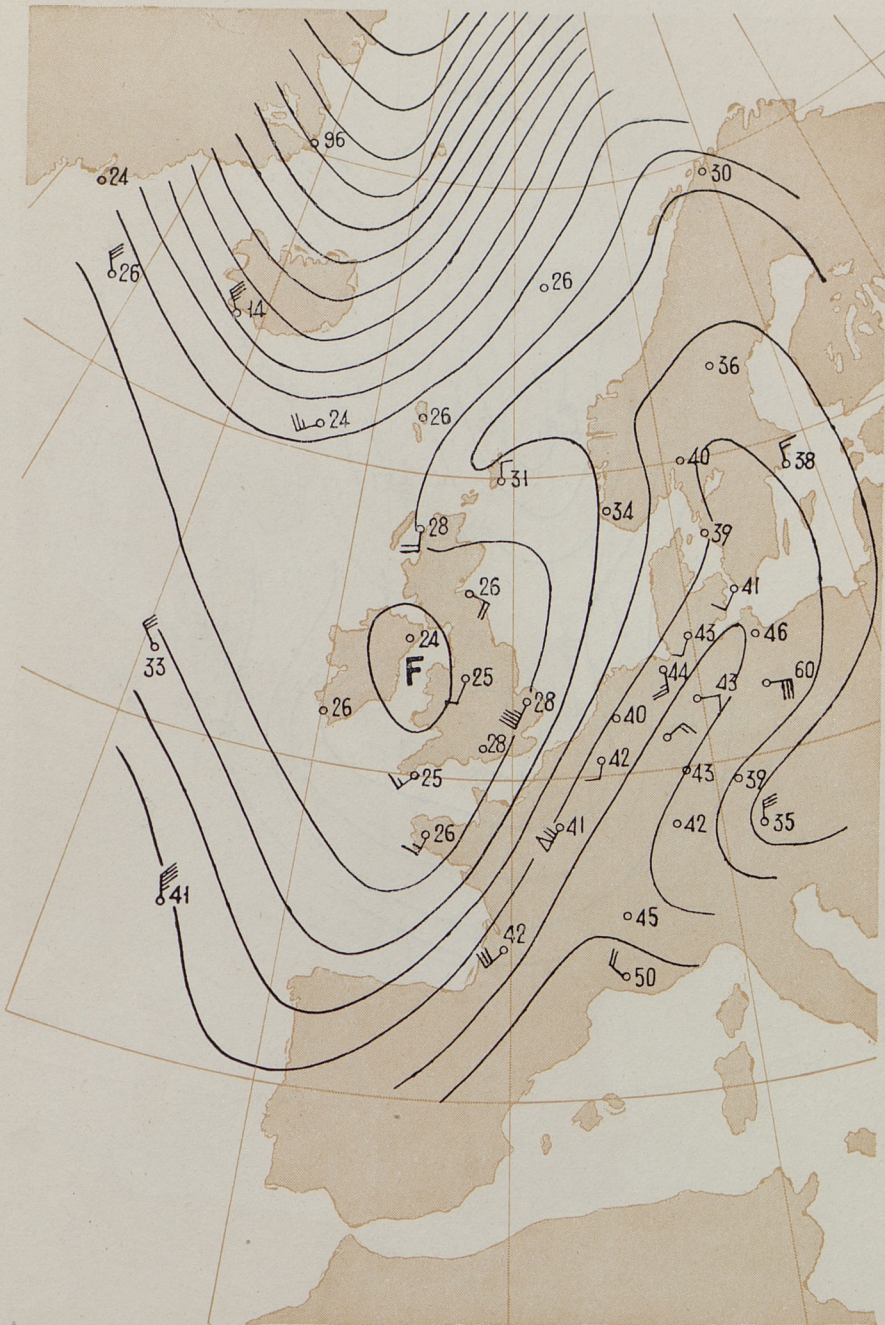


FIG. 21.—Topografía relativa. 11-12-1950, 02 y 03 TMG.





Fig. 22.—Topografía relativa. 11-12-1950, 08 y 09 TMG.



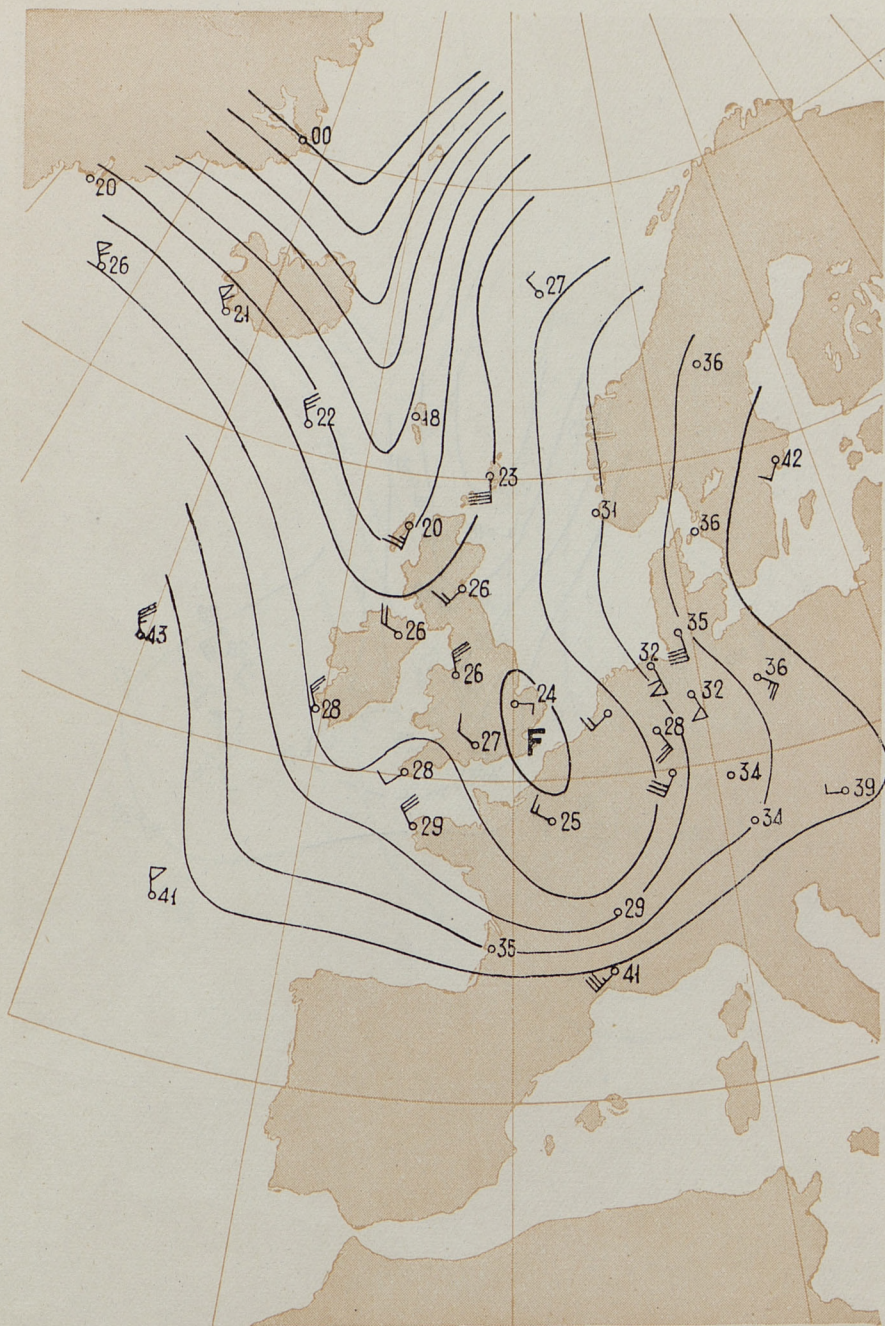


FIG. 23.—Topografía relativa. 11-12-1950, 14 y 15 TMG.





FIG. 24.—Topografía relativa. 11-12-1950, 20 y 21 TMG.





FIG. 25.—Topografía relativa. 12-12-1950, 02 y 03 TMG.





FIG. 26.—Topografía relativa. 12--12-1950, 08 y 09 TMG.



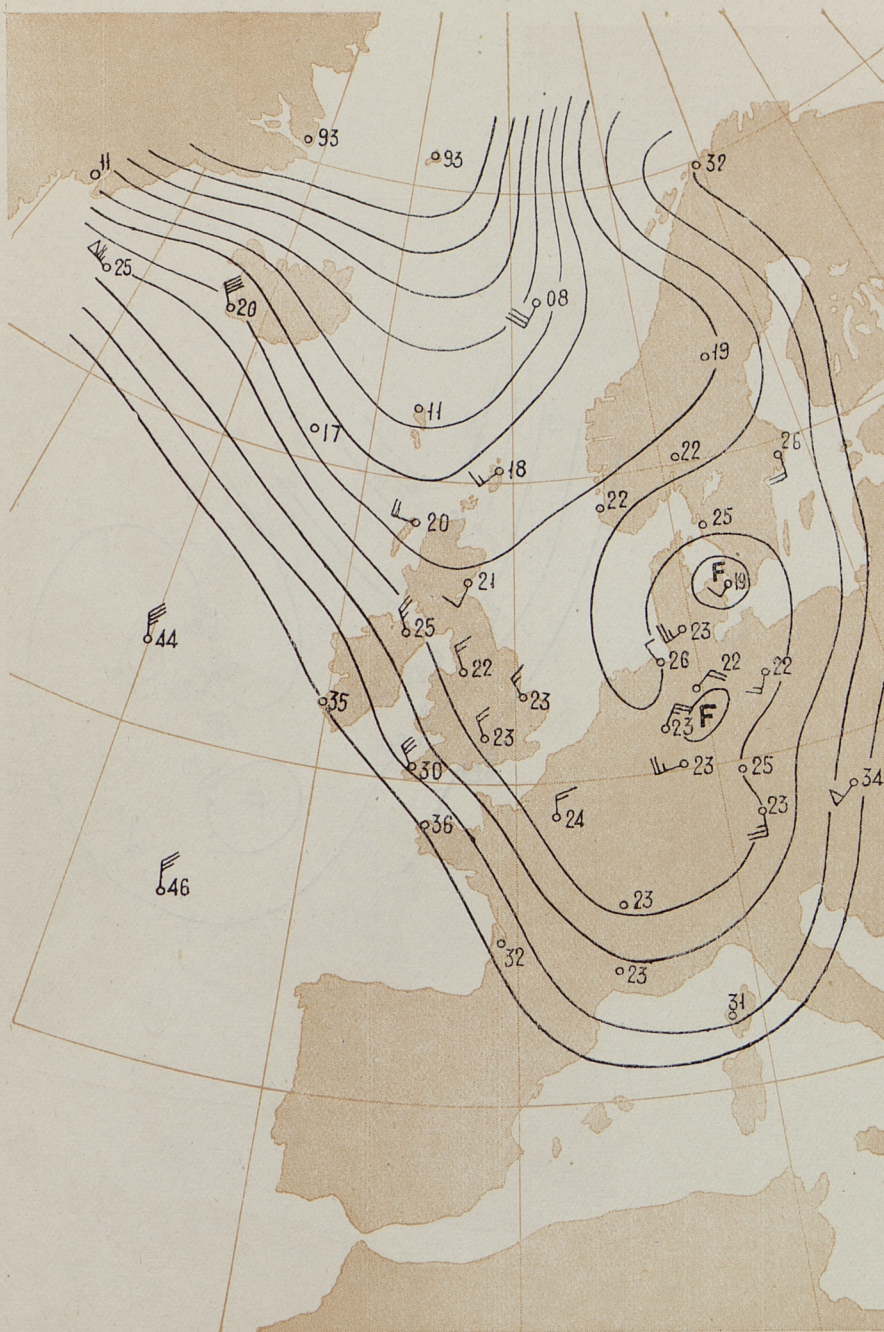


FIG. 27.—Topografía relativa, 12-12-1950, 14 y 15 TMG.





FIG. 28.—Topografía relativa. 12-12-1950, 20 y 21 TMG.







M77.  
M15.  
ZIN  
A 2