

Dinámica atmosférica y tipos de tiempo en España¹

Eugenio L. Burriel de Orueta

Departamento de Geografía, Universidad de Valencia

1. Introducción. Teoría frontológica y posiciones modernas

Según la teoría frontológica, que ha dominado las explicaciones climatológicas hasta hace poco, todo contacto de dos masas de aire de distinta naturaleza y con distintas características térmicas daba lugar a un frente; dentro de éste había unos individuos isobáricos, los ciclones o borrascas, con dos frentes, uno caliente y otro frío, en los cuales se producen las precipitaciones. De acuerdo con esto, las masas de aire eran decisivas y las discontinuidades se establecían entre las distintas masas de aire que afectan a una región.

Todo parecía pues un juego de masas de aire; y durante años toda la predicción del tiempo y explicación del clima se hacía en función del desplazamiento de las mismas y sus frentes.

Sin embargo, había fenómenos que no se alcanzaban a explicar así y, por otro lado, hoy se ha visto que lo que ocurre en superficie es un reflejo de lo que está ocurriendo en altura; e incluso a veces los fenómenos de altura son tan rápidos que, por ejemplo, habiendo una zona cálida abajo y arriba una vaguada, se producen hechos adecuados con ésta y no con aquélla.

En este trabajo se va a recordar en primer lugar los factores clásicos de explicación de la dinámica atmosférica de España, es decir las masas de aire y las discontinuidades, para a continuación exponer la explicación actual a partir de la circulación de la alta troposfera, aspecto éste en el que la falta de estudios sobre España es en estos momentos casi total. Por ello se van a intentar aplicar a España las teorías modernas de la circulación general en la zona templada, a partir de la lectura y análisis de los mapas de altura (300 y 500 milibares) del *Boletín Meteorológico Diario* del Servicio Meteorológico Nacional. Se han revisado estos mapas desde 1965 a octubre de 1972, escogiendo ejemplos significativos de los diferentes tipos de tiempo en relación con la dinámica atmosférica en altura.

Pero antes de considerar las masas de aire o los fenómenos de altura se ha de partir lógicamente de la situación de España, porque la dinámica atmosférica está determinada por un factor de latitud de un modo fundamental y por la configuración de la península de un modo secundario.

La península ibérica se encuentra dentro del límite meridional de la zona templada, entre los 35° 59' 50" N. en Tarifa y los 43° 47' 25" N. en Estaca de Vares. Por ello en la teoría frontológica quedaría situada dentro del área de expansión de las dos grandes masas de aire que afectan a Europa Occidental: el Polar Marítimo (*Pm*) y el Tropical Marítimo (*Tm*). Igualmente sería límite meridional de las masas de aire Polar continental (*Pc*) y Ártico (*A*) y límite septentrional de la masa de aire Tropical continental (*Tc*) o sahariano. Al hallarse en la zona de contacto entre la masa *Pm* y la *Tm* quedaría por ello a menudo afectada por los

¹ Este trabajo se realizó en noviembre de 1972 y tuvo una circulación muy restringida. Fue elaborado para el ejercicio de oposición a la Cátedra de Geografía de la Universidad de La Laguna coloquialmente denominado como la "Lección magistral". Refleja el estado de la cuestión en esos momentos.

fenómenos de frontogénesis que se producirían en la superficie de discontinuidad entre ambas masas, que oscilan de sur a norte de invierno a verano.

Atendiendo a la alta troposfera, esta latitud de la península le coloca en el camino del Jet Stream septentrional o Jet del Frente Polar (en adelante JFP) que es considerado hoy como el rector de los fenómenos de superficie y su dinámica explicaría los tipos de tiempo. Se trata además, atendiendo a la longitud, de una zona en la que se dan alternativamente crestas y vaguadas en este Jet, que son precisamente las de mayor complejidad, a diferencia de aquellas zonas en que se dan crestas casi permanentes (Montañas Rocosas) o vaguadas y confluencia de vaguadas del JFP y del Jet Subtropical (interior de USA).

La península está también entre dos mares, Atlántico y Mediterráneo que, por un lado, suavizan la temperatura de las costas oponiendo su clima al del interior y, por otro lado, proporcionan inestabilidad, por calor y humedad, a las masas de aire. Durante algún tiempo se han creído ver fenómenos de discontinuidad entre las masas de aire atlántico y mediterráneo.

La configuración de la península ibérica ofrece gran interés para el estudio de las variaciones climáticas regionales; pero el relieve peninsular no influye directamente sobre la dinámica atmosférica, porque no hay cordilleras tan elevadas que impidan el libre tránsito de la circulación, ni que conduzcan a la creación de crestas o vaguadas en la corriente en chorro. Las montañas béticas y penibéticas dejan al SE. de España muy al margen de las borrascas; pero en el resto la influencia del relieve no altera la dinámica general y actúa básicamente como fenómeno local determinando una condensación en la vertiente de barlovento y un efecto de pantalla en la de sotavento. Lo mismo cabe decir, como se verá, de la pretendida influencia del Macizo Central Ibérico en la constitución de un centro autónomo, alta en invierno y baja en verano, en el interior de la península.

Es preciso subrayar también la situación de la península ibérica en la fachada W. de un continente, en el contacto entre mar y tierra. En efecto, el paso del JFP del mar al continente europeo se traduce con frecuencia en la formación de una cresta, ya que al entrar en contacto con las superficies continentales toda masa troposférica experimenta en su desplazamiento hacia el este una fricción y esto reduce su velocidad lo cual se traduce en una onda de carácter anticiclónico. Pero esta cresta del JFP oscila de E. a W. según invierno o verano, afectando de modo diferente a la Península.

2. La explicación tradicional: masas de aire y discontinuidades

2.1. Masas de aire y centros de acción

Aire ártico marítimo y anticiclón del atlántico norte

Nacida directamente en el casquete polar es una masa de aire muy fría en su origen y también muy seca y con escasa capacidad higroscópica. Tiene su límite meridional en la península ibérica, a la que afecta cuando avanza hacia el sur con gran rapidez, saliendo entre Groenlandia y Spitzberg y llegando en dos o tres días hasta España. Esta rapidez hace que conserve sus características y siga siendo muy fría. El progresivo calentamiento en su base al atravesar un mar templado le hace inestable y aumenta su capacidad higroscópica. Esta inestabilidad se traduce en nubosidad por fuertes corrientes ascendentes que dan origen a cúmulos de buen tiempo o a fractocúmulos, y en corrientes descendentes que dan origen a vientos racheados. Además, es muy transparente por nacer sobre el hielo dónde la turbiedad

es mínima; los cúmulos aparecen en medio de un cielo azul brillante y la visibilidad puede ser de 20-40 km.

El avance hacia el sur le pone en contacto con masas de aire más calientes y las nevadas adquieren carácter general en el espacio entre el frente frío y el núcleo del anticiclón, cesando al penetrar éste en la península ibérica lo que da un tiempo de cielo despejado y gran transparencia, con bajas temperaturas. Las irrupciones suelen producirse en diciembre y enero y rara vez en primavera. Las penetraciones potentes no se dan todos los años y las débiles, hasta la Cordillera Central, varias veces al año.

Hay que diferenciar este anticiclón de los otros anticiclones fríos, el continental, más frío, más potente y del N.-NE., y el atlántico oceánico más húmedo, menos frío y de dominante de componente W.

Aire polar marítimo y anticiclones polares oceánicos

Puede tratarse de aire polar marítimo (*Pm*) o bien de aire polar marítimo de retorno (*Pmw*).

El polar marítimo procede bien de una masa polar continental del norte de América o bien directamente del Atlántico. En ambos casos tiene que realizar un largo viaje a través del océano antes de llegar a Europa, aumentando la temperatura de su base, mientras en altura permanece fría; por eso es una masa húmeda (hasta 80%) e inestable (gradiente de 0,6 a 0,7), formándose cúmulos característicos con cielo azul y transparente. A la península sólo llega en forma de anticiclones oceánicos e introduce un tipo de tiempo frío pero no excesivo, entre 2° y 5°, cielo despejado y fuertes vientos.

El aire polar marítimo de retorno se da cuando el aire polar marítimo permanece bastante tiempo en el Atlántico a una latitud de 40-50°. Es una masa de aire fría, polar, pero más caliente que la anterior; es húmeda, inestable y al ser más caliente se inestabiliza aún más que el *Pm*. Introduce un tipo de tiempo suave: lluvioso y más cálido cuando afecta en forma de borrasca; despejado, con cúmulos de inestabilidad y con temperaturas bajas pero no excesivas, cuando afecta como anticiclón. En primavera produce un retorno al invierno y alguna helada tardía. En verano se forman cúmulos y algo de frío: un verano fresco. También producen los primeros fríos otoñales y las primeras heladas.

Durante mucho tiempo se confundían estos anticiclones oceánicos con el de las Azores o se hablaba de una forma equívoca de “anticiclón de las Azores desplazado al Norte”. Pero son más fríos, y además dan lugar a vientos del N. y NW. por estar situados ligeramente al norte de la península. La confusión se daba sobre todo en el caso del *Pmw* que establece una circulación anticiclónica más perfecta y más duradera, de 10 a 12 días, mientras los anticiclones del *Pm*. son más efímeros, de 2 o 3 días.

Son pues un factor casi tan importante como el anticiclón de las Azores y actúan sobre todo en invierno determinando en gran parte las altas presiones medias de enero que hicieron pensar en un anticiclón ibérico.

Aire polar continental y anticiclón escandinavo o euroasiático

Nace en la parte norte de Rusia europea y sur de Escandinavia. Es una masa de aire que llega pocas veces a la península ibérica porque para ello tiene que desplazarse en sentido contrario al esquema general de la circulación o sea hacia el W.

Es una masa muy fría, la más fría que alcanza la península, y muy estable, con presión muy alta (1040-1050 milibares.) y con troposfera baja (hasta unos 3.000 m), dándose una inversión térmica al tener encima aire caliente. Se suele deshacer antes de llegar a España, llegando como mucho al Sistema Central; pero puede durar más y avanzar más al sur.

Es poco espesa y poco húmeda, dando lugar a un tiempo despejado, con nieblas de irradiación en sitios con agua. En general llega muy atenuada tras atravesar toda Europa occidental; además, al ser poco espesa, los sistemas montañosos peninsulares de orientación E.-W. obstaculizan su penetración. Es la responsable de las heladas en Valencia tan temidas por la citricultura; no alcanza sin embargo a la costa mediterránea andaluza, protegida por las Béticas y Penibética. Los anticiclones fuertes sólo penetran una vez cada cinco o seis inviernos, mientras los débiles afectan todos los años. Febrero es el mes de mayor frecuencia de estas llamadas “olas de frío”.

Aire tropical marítimo y anticiclón de las Azores

El anticiclón de las Azores ha sido considerado durante mucho tiempo como el responsable de los aumentos de temperatura y situaciones de tiempo despejadas en Europa occidental. Pero el nombre de anticiclón de las Azores debería reservarse sólo para la masa de aire tropical marítimo, distinguiéndolo, como se ha hecho antes, de las situaciones anticiclónicas oceánicas (de aire *Pm* y sobre todo de *Pmw*) y también de las de *Tmi* o aire tropicalizado.

El anticiclón de las Azores corresponde a una alta presión subtropical. A lo largo del año se desplaza en latitud: asciende mucho en verano –hasta 40°-43°N., la latitud de la península– en función de la gran potencia de las coladas del casquete polar antártico; mientras que en invierno las coladas árticas son menores. La cuña que lo prolonga hacia el norte es de aire polar tropicalizado o *Tmi*, que es una mezcla de una masa de aire tropical y otra de aire polar; no es propiamente el anticiclón de las Azores, porque es inestable por sus discontinuidades internas con el aire frío en altura y el cálido en superficie.

Como consecuencia de su alimentación polar el anticiclón de las Azores desciende en latitud en otoño, pero de un modo intermitente hasta que las coladas polares adquieren el suficiente empuje hacia primeros de noviembre; y se mantiene todo el invierno a los 30°-35°N., reforzado por la corriente fría de Canarias. Los anticiclones que entonces afectan a la península son producidos por masas de aire frío y no son el anticiclón de las Azores.

En primavera se mantiene a baja latitud; pero con la mayor insolación los anticiclones polares oceánicos se transforman en masas de aire más caliente, tropicalizado, *Tmi*, de marzo a abril. En mayo va afectando ya, también intermitentemente, la masa *Tm.*, dando lugar a los días más cálidos de primavera.

Aunque tiene gran humedad relativa, por ser cálida y por su viaje sobre el océano, es muy estable por el carácter anticiclónico, subsidente, de la masa de aire y porque avanza hacia latitudes más altas y se enfría por la base.

Constituye la situación dominante en verano, bloqueando las corrientes perturbadas e imponiendo buen tiempo general, seco y con temperaturas altas. En invierno está ausente de la península. En primavera tiene poca importancia, pero puede aparecer originando fuertes aumentos de temperatura, sobre todo a finales de mayo. En otoño supone una prolongación del estío, con octubres soleados y cálidos.

Aire tropical continental

Es una masa de aire que procede directamente del Sahara y es en verano cuando afecta a la península ibérica. Produce las más altas temperaturas, superiores siempre a 30° incluso en el norte, superando los 40° en el Valle del Guadalquivir, y hasta 45°-50° en la llamada “sartén de Andalucía”. Va acompañada de calima. Al entrar en contacto con masas del norte se producen tormentas de gran violencia, con lluvia acompañada de polvillo; es lo que se llama “lluvia de fango”, a causa del polvo del desierto, en el S. o SE de España.

Aire Mediterráneo

No se puede hablar de una masa de aire autóctona del Mediterráneo - aunque así se ha considerado en algunos países- porque este mar no es un foco con caracteres propios de irradiación. Lo que sí produciría es una transformación de las características de las masas de aire que por él pasan. A esta modificación se le ha dado mucha importancia; al ser un mar cálido originaría un aumento de la temperatura y del grado de humedad y se decía que regeneraba las borrascas dando lugar a una superficie de discontinuidad o frente mediterráneo.

El supuesto centro de acción peninsular

Ya no es admisible la pretendida influencia del macizo ibérico que crearía un centro de acción autónomo: térmico anticiclónico en invierno por el gran enfriamiento del suelo y ciclónico en verano por el calentamiento del suelo. El primero explicaría la sequía invernal actuando como bloqueo, mientras que la depresión, iniciada en primavera, atraería las borrascas hacia el interior dando lugar a las tormentas estivales.

Ciertamente, en los mapas medios aparece una alta en enero sobre la península; pero es difícil sino imposible verla en los mapas diarios. Los anticiclones que nos afectan son de grandes dimensiones, abarcan áreas mucho más extensas y son de origen externo (anticiclón oceánico, continental o del atlántico norte); y esta circulación anticiclónica predomina en enero y febrero. El enfriamiento del suelo es su consecuencia y no su causa. Tampoco se da con los “períodos de fríos intensos por radiación del suelo” de que habla Font Tullot; éstos suceden a los fríos muy intensos creados por invasiones de aire polar continental (*Pc*), que enfrían mucho el suelo; o bien se deben a invasiones débiles de *Pc*. o sobre todo a anticiclones oceánicos que se estabilizan sobre la península ibérica.

La depresión peninsular estival tiene poca importancia, porque sobre ella se establece en altura una cresta anticiclónica de aire tropical, que bloquea la circulación zonal; tiene así escaso valor como centro de atracción para las corrientes perturbadas del W. La depresión térmica tiene sólo un valor local provocando, en el sur sobre todo, tormentas estivales, aunque esta atribución se reduce más cada día.

2.2.- Las discontinuidades

Entre esas distintas masas de aire que afectan a la península se producían, según la teoría frontológica, las discontinuidades o frentes que daban origen a una penetración en forma de ondas que origina las borrascas.

El Frente Polar

La principal discontinuidad era la producida entre las dos masas principales que nos afectan: el aire polar marino, que generalmente se encuentra a una latitud superior a 50°N., y el aire tropical marítimo o tropicalizado, que se encuentra a menor latitud. A esta

discontinuidad se le llamó Frente Polar y daba lugar a corrientes perturbadas de oeste a este. Este frente se desplaza hacia el sur en el invierno, hasta los 35°-40°N., y en verano se retira a los 60°N. El mayor número de precipitaciones se produciría en torno a los 40°-45°N., zona afectada por los dos pasos del Frente Polar.

Luego se precisó más el Frente Polar, observando cómo no siempre se producía la discontinuidad entre aire polar marítimo y tropical marítimo. En efecto, algunas veces, a finales de otoño y durante el invierno, la discontinuidad se establecía entre dos masas de aire polares marinas, pero de diferente gradiente térmico: el aire polar marino directo, a más de 50° N., y el aire polar marino de retorno, que se interpone entre las masas tropical y polar marina, a una latitud de 40°-50°N. Da lugar a corrientes del oeste -que en Europa occidental son del sudoeste- muy desarrolladas porque el aire polar marino de retorno es, como se indicó, de una mayor inestabilidad por haber permanecido mucho tiempo bajo la influencia marina y ser más cálido y húmedo. En estas borrascas se observaba que el sector cálido central no ofrecía gran diferencia de temperatura con los sectores fríos, por lo que no podía tratarse de aire tropical.

Otras veces incluso la discontinuidad del Frente Polar se producía entre el aire polar marino de retorno y el tropical marino inestable. Es una situación propia sobre todo de primavera en que la fuerte insolación tropicaliza el aire polar estabilizado en latitudes bajas; produce grandes aguaceros en los frentes fríos y tormentas debido a la fuerte inestabilidad del aire cálido.

La discontinuidad llamada Frente Polar se forma pues entre el aire frío del norte y el cálido del sur, pero sin que sean necesariamente el polar marítimo y el tropical marítimo.

El Frente Ártico

Se hablaba de Frente Ártico cuando las coladas árticas, procedentes directamente del Polo, entran en contacto violento con masas de aire más cálidas. Se forman entonces borrascas de pequeñas dimensiones que precedían a la colada de aire ártico o bien en los mapas de situación diaria solo se señalaba un frente frío; pero en los dos casos se producían nevadas con carácter general. Se consideraba que actuaba sobre la península ibérica unas pocas veces en invierno, mientras que en primavera no pasaba de los 45° N. y se traducían en precipitaciones muy violentas en los frentes fríos.

Los Frentes Mediterráneos

Al observar direcciones muy variadas en la penetración de las borrascas—de sur a norte, por Gibraltar...- se pasó a hablar de otros tipos de frentes. Pero en estos casos las discontinuidades fueron más bien una adaptación a los hechos observados que una explicación de los mismos; en efecto, era indudable la existencia de estas vías de penetración, pero el contraste entre las supuestas masas de aire y el choque entre ellas estaba muchas veces en contradicción con los vientos que llegaban.

Así se pasó a señalar dos tipos de frentes mediterráneos. El *Frente Mediterráneo I* se produciría en el contacto entre las masas de aire polar continental que salvando los Alpes iban al Mediterráneo y las masas de aire o tropical o polar marino que se caldeaban en el Mediterráneo y aumentan su grado higroscópico, lo que daría lugar a una discontinuidad que desde el golfo de León barría toda la Europa mediterránea.

Pero, además, como la masa de aire mediterráneo entraba en contacto por el oeste con las masas de aire polar marino o tropical marino del Atlántico, se producía frecuentemente una

discontinuidad que se traducía en corrientes que iban a lo largo de todo el mediterráneo de sur a norte o mejor de SW.-NE. Se le llamó *Frente Atlántico-Mediterráneo*, que unas veces iba a lo largo de la Península y otras a lo largo de la costa. El aire atlántico tendría como vía de penetración el Mediodía francés o el valle del Ebro, favorecido por la presencia de una baja en el mar Lígur, de origen a la vez térmico -por ser el mar más caliente- y dinámico -por la torsión ciclónica al contornear los Alpes o por una corriente del norte que levanta el aire cálido-.

Había borrascas que traían latitud muy meridional y que cruzaban el estrecho de Gibraltar, afectando en invierno a la costa norte de África y al valle del Guadalquivir y formándose incluso una baja en Baleares. Se consideraron consecuencia de la discontinuidad entre el aire sahariano y el polar marítimo de retorno o el tropical marítimo inestable, y se le denominó *Frente Mediterráneo II* o *Frente Sahariano*.

Se habló también de un frente o seudofrente de los alisios, discontinuidad entre las masas de aire tropical continental y tropical marítima, difícil de admitir porque estas masas son muy homogéneas. Con él se buscaba explicar algunas borrascas que en primavera y otoño avanzaban desde el norte de las Canarias hacia la península Ibérica, produciendo tormentas en el sur y suroeste de España.

Así, el Frente Polar aparecía como decisivo para la explicación de las precipitaciones de la península. En primavera y otoño su ascenso o su descenso intermitente en latitud le hacían afectar a la Península Ibérica, que era atravesada de oeste a este por las familias de borrascas. En invierno, sin embargo, pese a hallarse a la latitud de la península, los anticiclones oceánicos o continentales bloquearían con gran frecuencia el paso de las borrascas que resbalarían hacia el norte pudiendo afectar a la costa cantábrica. En verano el Frente Polar quedaría muy al norte y su actividad sería mínima sobre la península que conocería una sequía estival; pero los frentes fríos podían afectar a la costa cantábrica.

Las borrascas que no entraban en este esquema, como las del valle del Guadalquivir en invierno y muchas de la costa mediterránea sobre todo en otoño, se atribuían a los frentes que hemos llamado mediterráneos.

3.- La explicación actual: la circulación de la alta troposfera y su influencia en las situaciones de tiempo en España.

Hasta ahora, la consideración de los diversos centros de acción y de las discontinuidades se había estimado satisfactoria para explicar casi todas las situaciones de tiempo que se producían en la península ibérica. Sólo algunas de ellas se pensaba que no podían ser comprendidas considerando únicamente los fenómenos de superficie y se acudía a la situación en altura, señalando las vaguadas y rupturas de la corriente en chorro –fenómenos en general poco conocidos, aunque se sabía que eran responsables de muchas de las precipitaciones de superficie no explicables por mapas normales- y sobre todo los fenómenos derivados de la estrangulación del Jet, con formación de gotas frías, éstas mejor estudiadas y conocidas.

Hoy los estudios de las situaciones en altura han conducido a un cambio notable en las teorías de la dinámica atmosférica, que exige un replanteamiento de la explicación de los tipos de tiempo en España. La revisión de la teoría frontológica ha concluido que no se puede admitir la existencia real de todos los frentes antes citados, ya que los fenómenos a ellos atribuidos han llegado a explicarse por la dinámica en altura. Sólo se mantiene la denominación de Frente Polar como una discontinuidad en superficie para la localización del Jet Stream Septentrional o *Jet del Frente Polar* (en adelante JFP).

Sin embargo, aunque las masas de aire han perdido valor para la explicación de las situaciones dinámicas, conservan su importancia para explicar la circulación de carácter anticiclónico, las características térmicas de las masas de aire, sus caracteres higroscópicos, su turbiedad y sus aerosoles. Además, para la formación de las borrascas es factor fundamental la inestabilidad creada por la advección de una colada de aire polar. También el factor continental revaloriza el concepto de masa de aire en relación con las características termodinámicas: su valor reside en la importancia concedida al grado de humedad de las masas de aire que sumado al factor inestabilidad generan las precipitaciones.

De una manera muy esquemática, los principios generales para la explicación actual de las precipitaciones son:

a) Toda borrasca está en relación con el Jet Stream. Sin embargo, no todo Jet da lugar a la formación de borrascas. En efecto, la ondulación del Jet produce siempre una baja; pero para que haya borrasca el aire caliente ascendente ha de estar lo suficientemente húmedo para condensarse; aquí tienen pues su papel las masas de aire con su inestabilidad.

b) Hay precipitaciones que no se deben a borrascas: en particular las gotas frías y las situaciones llamadas de "shear lines".

Las borrascas se producen en relación con las ondulaciones o vaguadas del Jet, más o menos profundas. En la parte de atrás de la vaguada, o zona de entrada de la corriente en chorro, tiene lugar una convergencia en altura que engendra subsidencia y divergencia en superficie: tipo de tiempo anticiclónico; buen tiempo. En la zona de salida de la vaguada hay divergencia en altura y convergencia en superficie: tipo de tiempo que da lugar a la formación de borrascas y precipitaciones. Cuando se trata de una vaguada muy amplia –con el Jet a fuerte velocidad- además de la convergencia principal a la derecha, se da otra pequeña convergencia a la izquierda: aparece así una borrasca con "su hija". Así, toda ondulación del Jet se traduce en una sucesión de tipos de tiempo.

Si la circulación del Jet es muy lenta, se puede producir un "cut of low" o estrangulación de la corriente que da lugar a una gota fría. En ella se produce subsidencia y por tanto buen tiempo en su cara oeste y fuerte ascenso, convergencia y por tanto precipitaciones en su cara este. Son más frecuentes en primavera y otoño.

Otras situaciones importantes de altura, pero sin que se llegue a producir estrangulamiento del Jet, son las de bloqueo de la circulación. Así, por advección de aire caliente hacia el norte, con disposición anticiclónica, superpuesta a la masa de aire frío de la colada: se produce entonces un descenso en bloque y tiempo anticiclónico con advección de aire polar continental del NE. Pero también se puede llegar a una ruptura total en el caso de una coincidencia entre una vaguada del Jet subtropical al sur y una cresta del Jet del Frente Polar al norte, produciéndose entonces precipitaciones en las gotas frías de la zona meridional y anticiclones en la zona central y septentrional o bloqueo; por ello afectan de uno u otro modo a la península según la latitud a que se produce el fenómeno.

Aplicando estos principios básicos a los mapas de altura del *Boletín Meteorológico Diario* del Servicio Meteorológico Nacional desde 1965 a octubre de 1972 inclusive, se va a analizar la dinámica atmosférica y los tipos de tiempo en España a lo largo del año.

3.1. Otoño

La explicación tradicional

El otoño se caracterizaba por una retirada intermitente del anticiclón de las Azores hacia latitudes más bajas. Esto, unido a la existencia de la depresión de Liguria (Mediterráneo occidental), conducía a la canalización sobre España de la circulación perturbada del Frente Polar con lo que las borrascas afectan a todo el país, con tiempo lluvioso y templado. El fenómeno de descarga de fin de familia instauraba una circulación anticiclónica que daba lugar a un tipo de tiempo otoñal frío y seco, que duraba sólo dos ó tres días, causante de las primeras heladas en la submeseta norte. El anticiclón de las Azores podía hacer avances esporádicos antes de su retirada definitiva, causando el tipo de otoño seco, cálido y soleado, típico sobre todo de octubre. En la costa mediterránea podían actuar gotas frías, con un tipo de tiempo tormentoso de fuertes precipitaciones.

La explicación por la dinámica en altura

Hoy se observa cómo en otoño el JFP forma una cresta en el Atlántico entre 0° y 10°- 15° longitud W. y a una latitud que rara vez llega a los 45° N. Al iniciarse el enfriamiento de la noche polar, las coladas adquieren una potencia mucho mayor y se produce su avance hasta la península ibérica. La existencia de la citada cresta entre 0° y 10°-15° W., rozando la península, canaliza las vaguadas en dirección muy meridiana, de norte a sur, y estas vaguadas muy estrechas en un Jet no muy reforzado se traducen en la formación de gotas frías. Estas gotas canalizadas por la cresta afectan básicamente al sector oriental de la península: barren los dos cuadrantes del este, dando lugar a un tipo de tiempo otoñal con precipitaciones características; mientras que en la parte oeste de la península, cara occidental de la gota, se da un descenso del aire que origina buen tiempo, con temperaturas suaves, sin bajar de 0°, y tiempo soleado.

Esta situación alterna con vaguadas en las que no se produce la ruptura, sino que llevan consigo la formación de borrascas que determinan un tipo de tiempo cambiante, según sea la península lugar de entrada o salida de la vaguada del JFP. En la zona de entrada de la vaguada, se produce descenso del aire, por la convergencia de altura, y tiene lugar buen tiempo, aunque con temperaturas bajas en torno a los 0° y gran oscilación entre el día y la noche; se producen entonces los primeros fríos de otoño en octubre o noviembre y las primeras heladas en las zonas de más irradiación como la submeseta norte.

La meridionalidad de la circulación del JFP no está fuertemente establecida en otoño y por eso se produce una alternancia de vaguadas meridionales y vaguadas en torno a 40°-45°N. que afectan a Europa occidental, permitiendo que la Península esté bajo una masa de aire tropical. Entonces hay un tipo de tiempo anticiclónico, con una cresta en altura y un anticiclón en superficie, que da lugar a días soleados con temperaturas altas, sobre todo en el sur de España. A veces este tipo de tiempo de otoño tiene gran duración.

Ejemplos de tipos de tiempo en España en otoño en relación con la dinámica en altura

A.1. Evolución de una vaguada de otoño, acentuándose hasta convertirse en gota fría, que se desplaza luego progresivamente hacia el este. Tiempo lluvioso. Figuras 1 a 8.

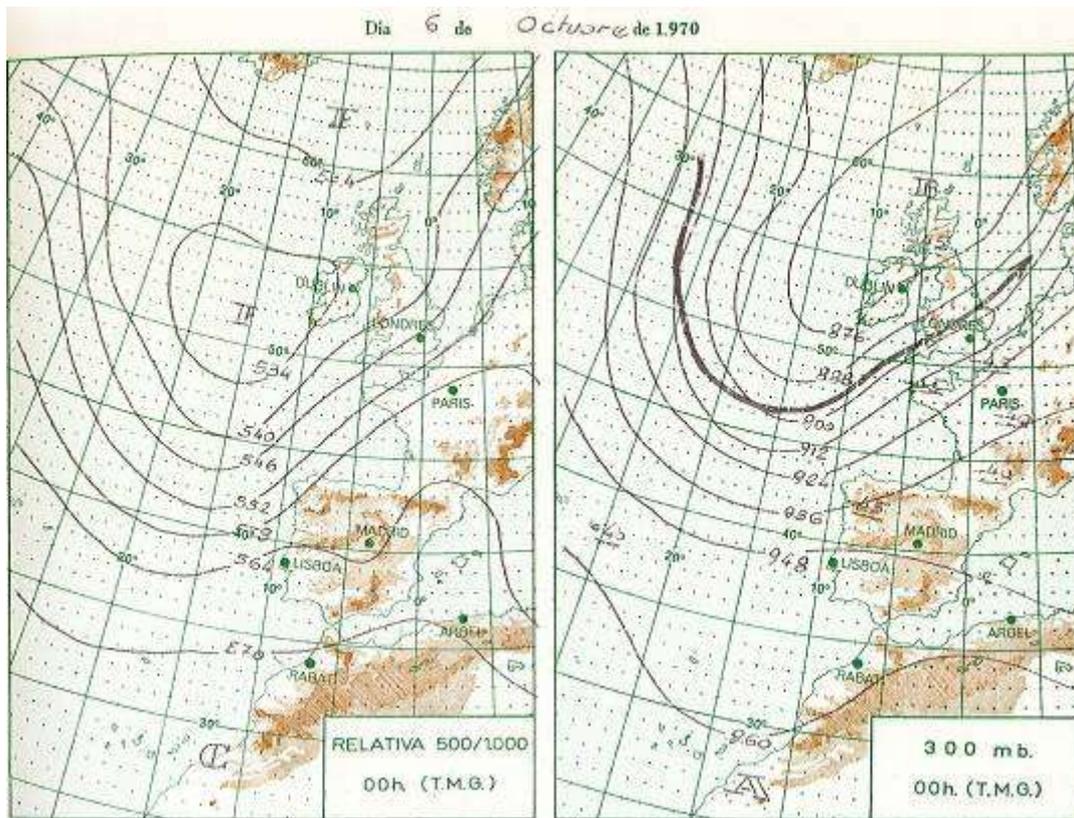


Figura 1. Vaguada del JFP aún poco meridional y algo occidental. Zona de salida de la vaguada: lluvia en Galicia y Asturias. (6 de octubre de 1970)

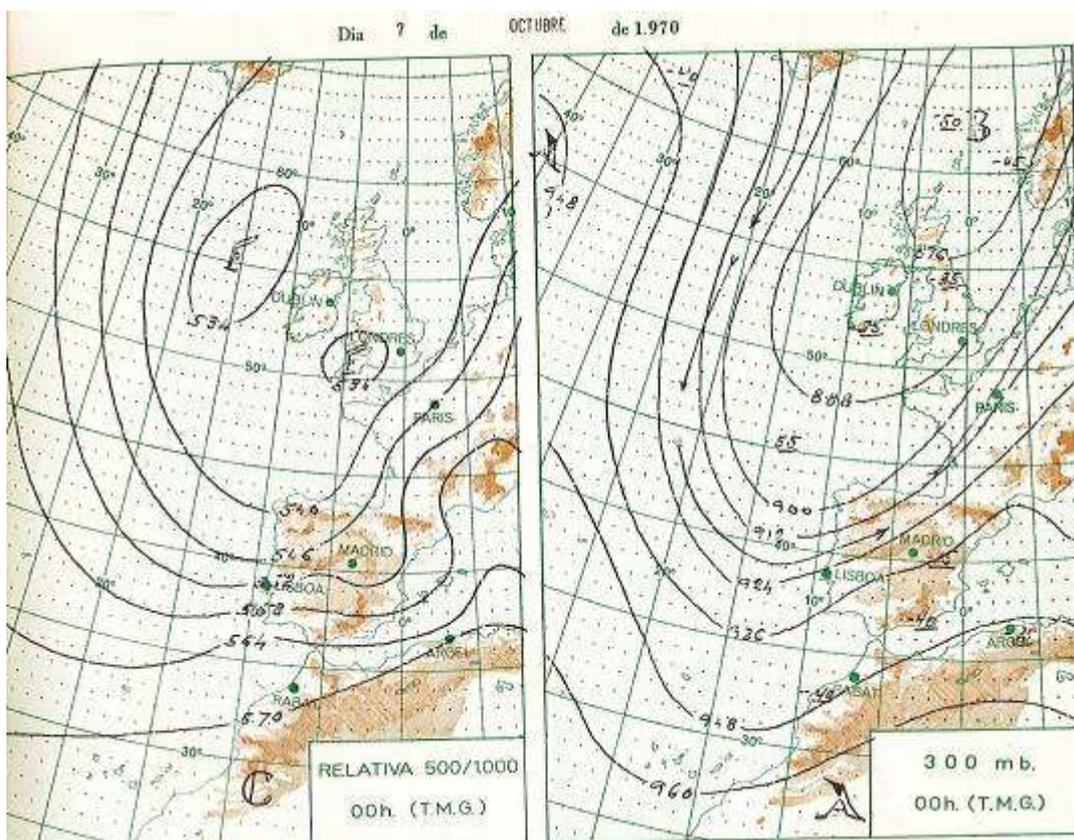


Figura 2. La vaguada se hace más estrecha y profunda. Zona de salida de la vaguada. Lluvias ya en submeseta norte y norte de Cataluña. (7 de octubre de 1970)

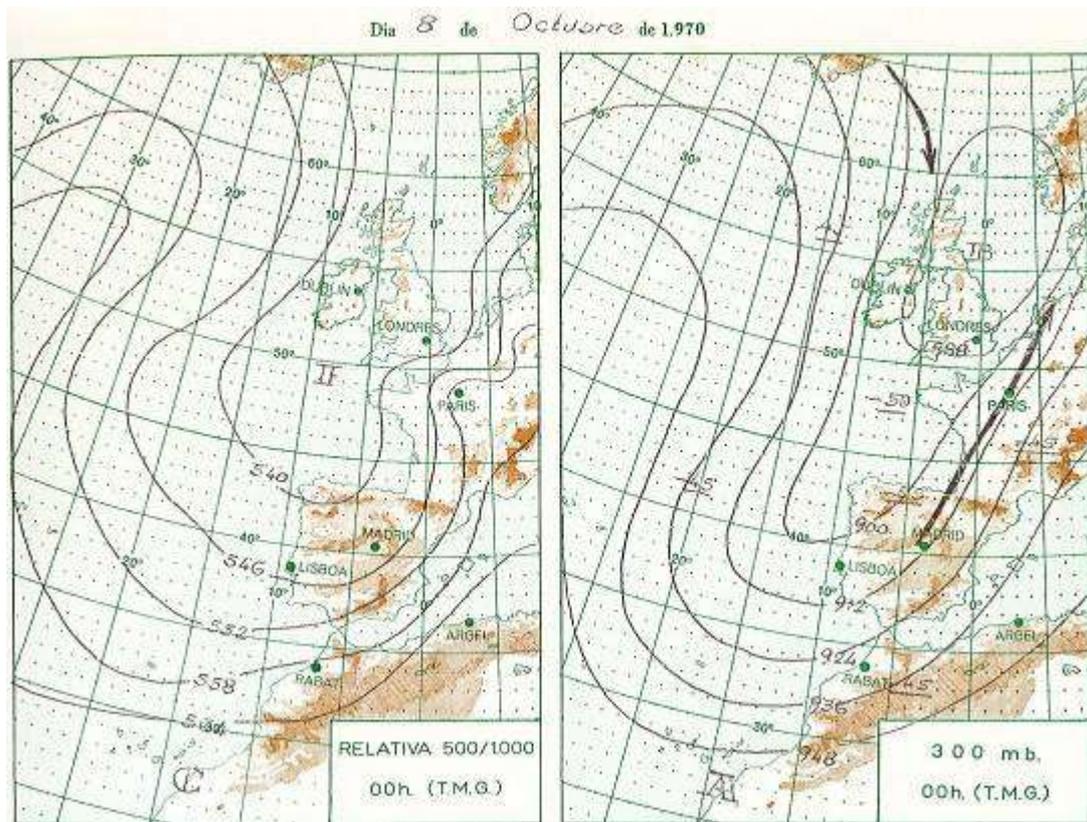


Figura 3. Continúa el avance meridional de la vaguada. Zona de salida de la vaguada. Lluvias ya en la mitad meridional de la península. (8 de octubre de 1970)

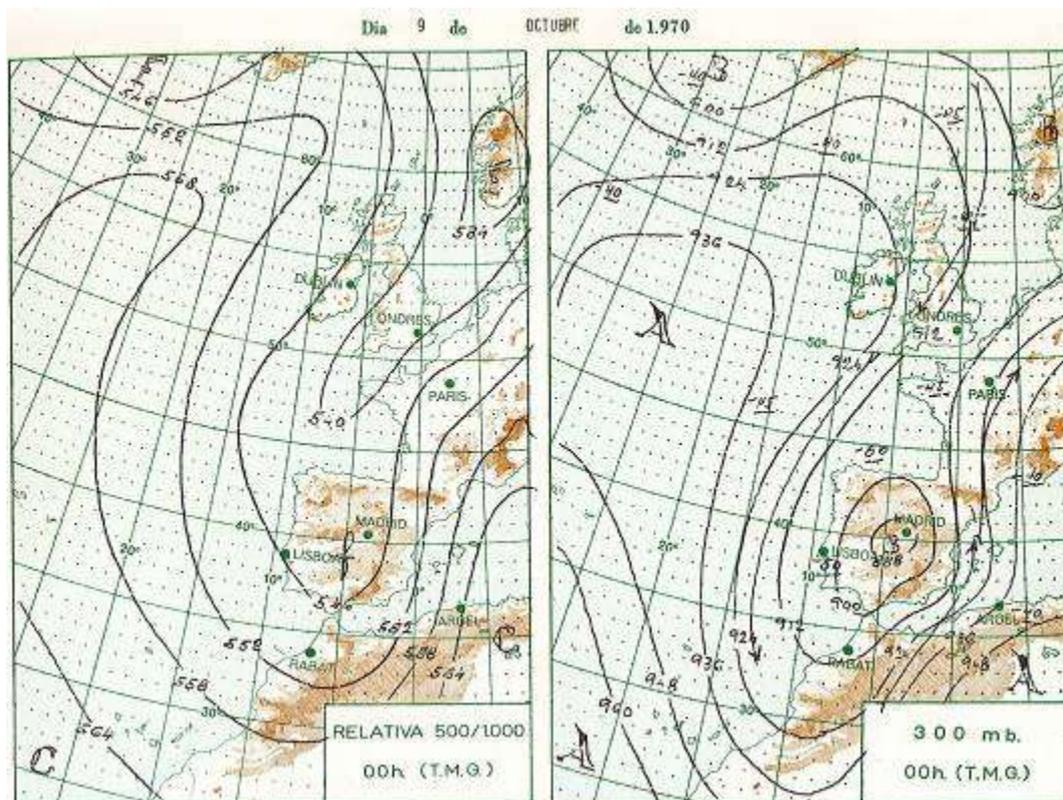


Figura 4. Comienza a esbozarse la gota fría. Lluvias generales, pero más fuertes en la zona mediterránea desde Tarifa a Gerona. Su profundización ha alcanzado al norte de África, lloviendo en Ceuta. (9 de octubre de 1970)

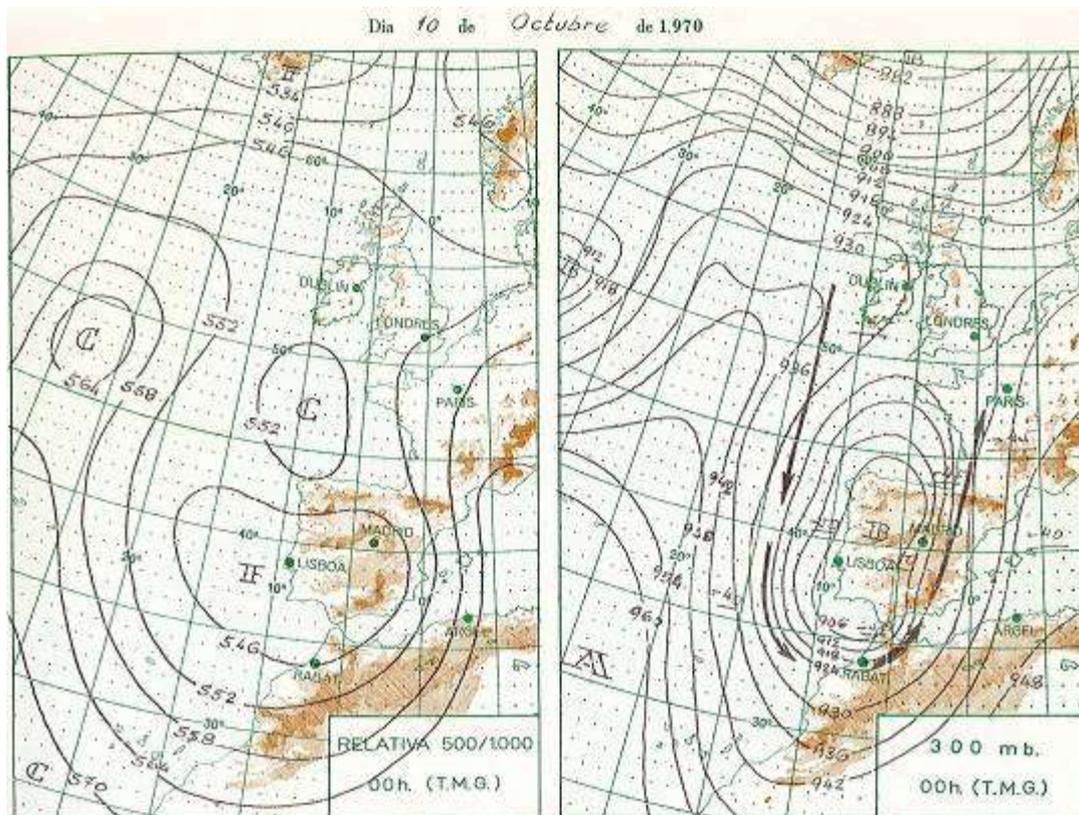


Figura 5. Gota fría ya clara. Afecta de pleno a toda la península ibérica con lluvias fuertes: 79 mm. en Gijón y 44 mm. en Tarifa. (10 de octubre de 1970)

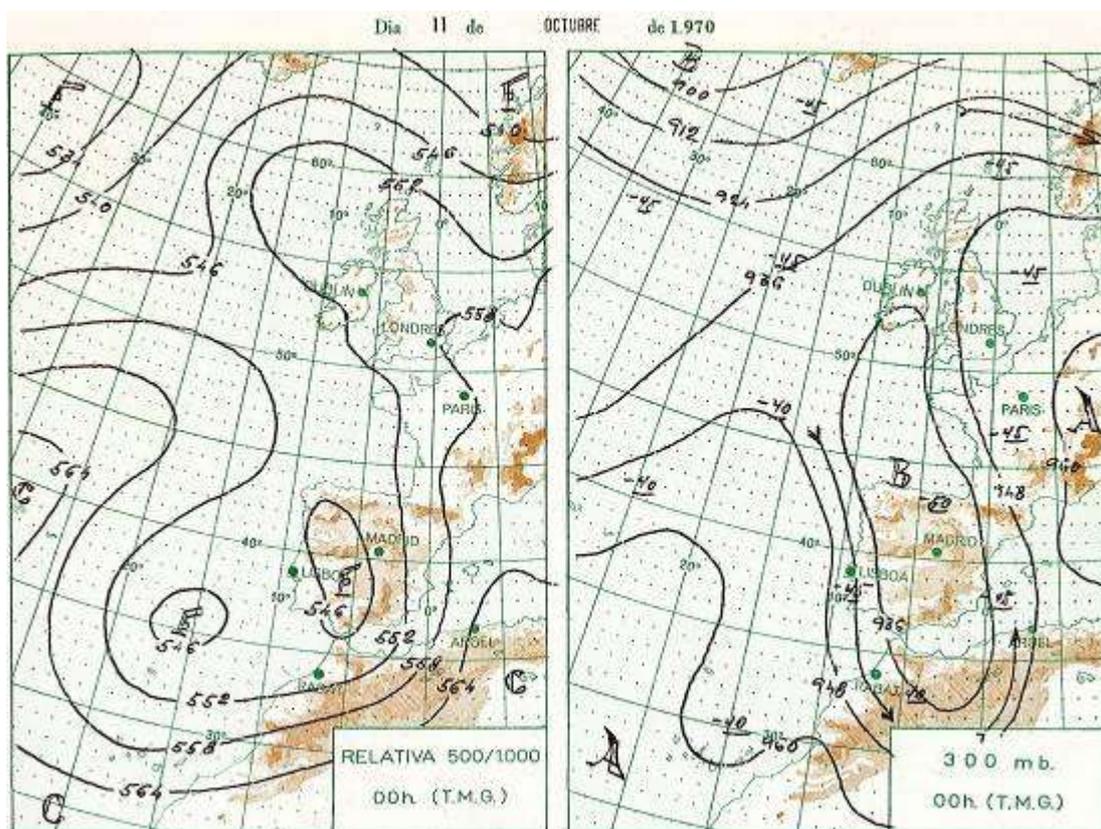


Figura 6. La gota fría se desplaza hacia el este. Tiempo despejado en la mitad oeste, cara occidental de la gota; fuertes lluvias en la mitad este de la península ibérica: 100 mm. en Reus. (11 de octubre de 1970)

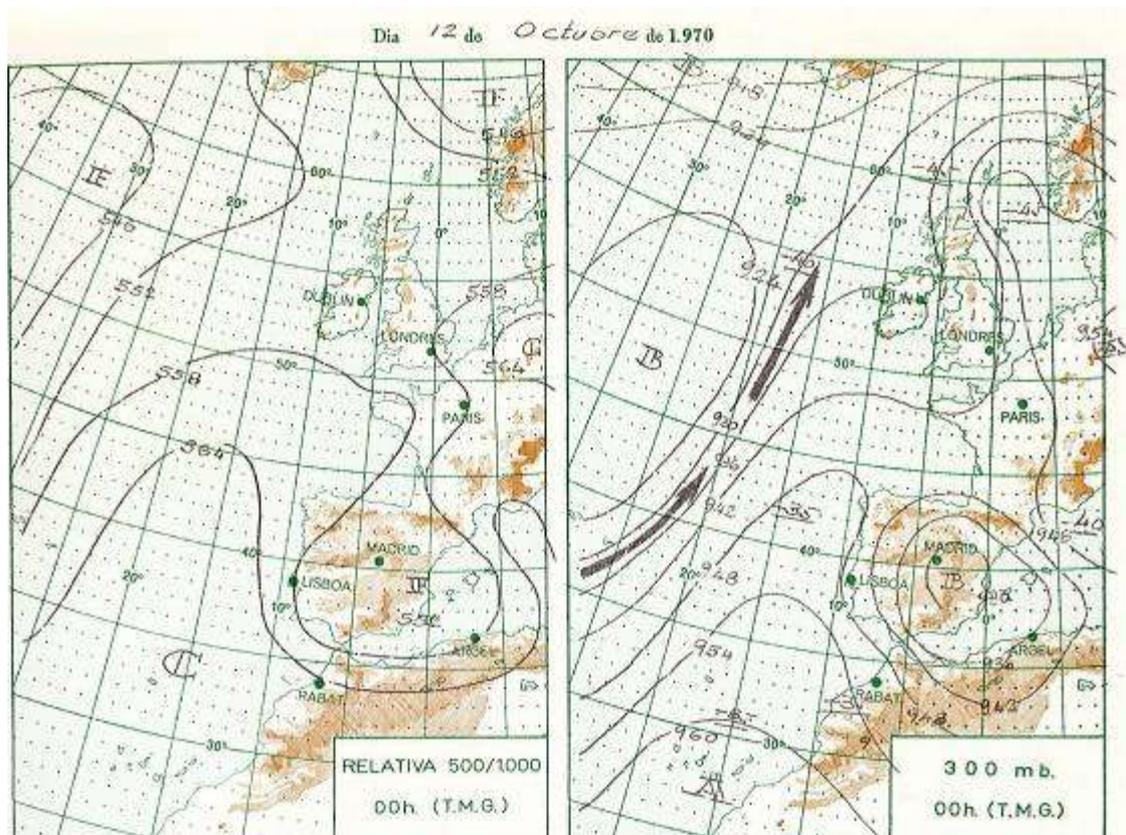


Figura 7. Continúa el avance de la gota fría hacia el este y va perdiendo vigor. Lluvia en la costa mediterránea, pero poco, salvo 37 mm. en Castellón. (12 de octubre de 1970)

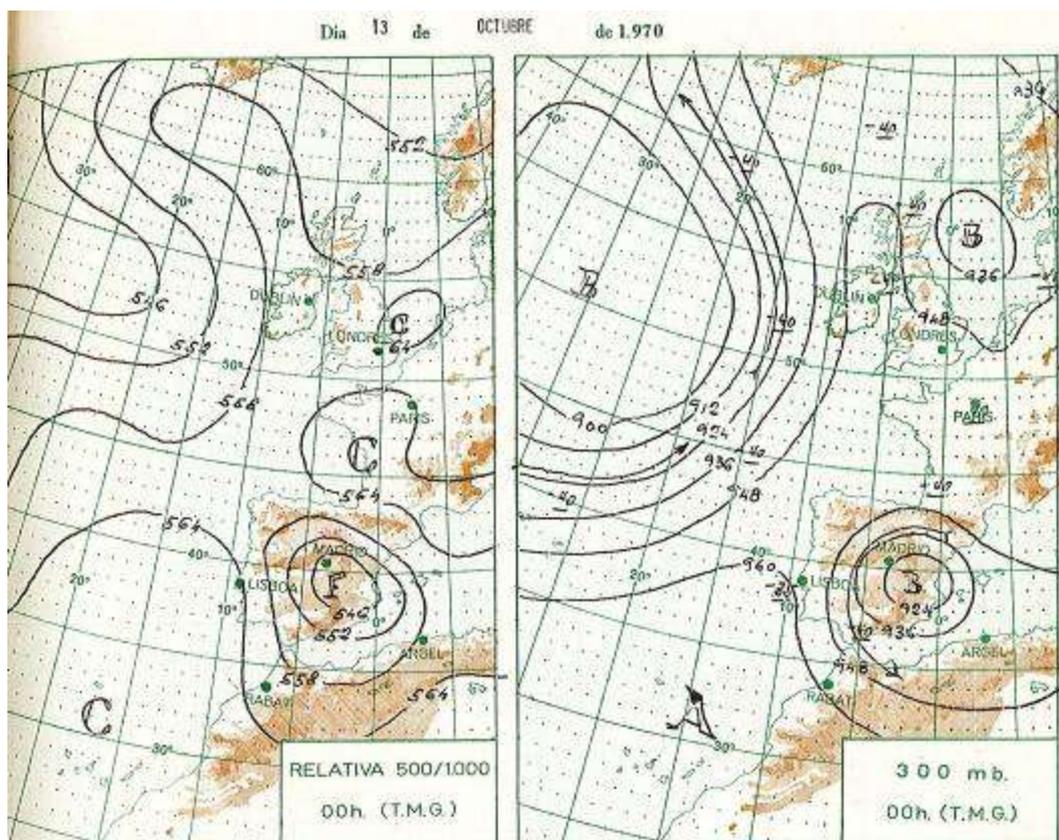


Figura 8. Sigue la evolución anterior. Lluvias aún en la costa mediterránea y sobre todo en Baleares: 52 mm. en Mahón. (13 de octubre de 1970)

A.2. Lluvias torrenciales sobre todo en la mitad oriental de la península ibérica. Gotas frías de otoño. Tres ejemplos. Figuras 9 a 11.

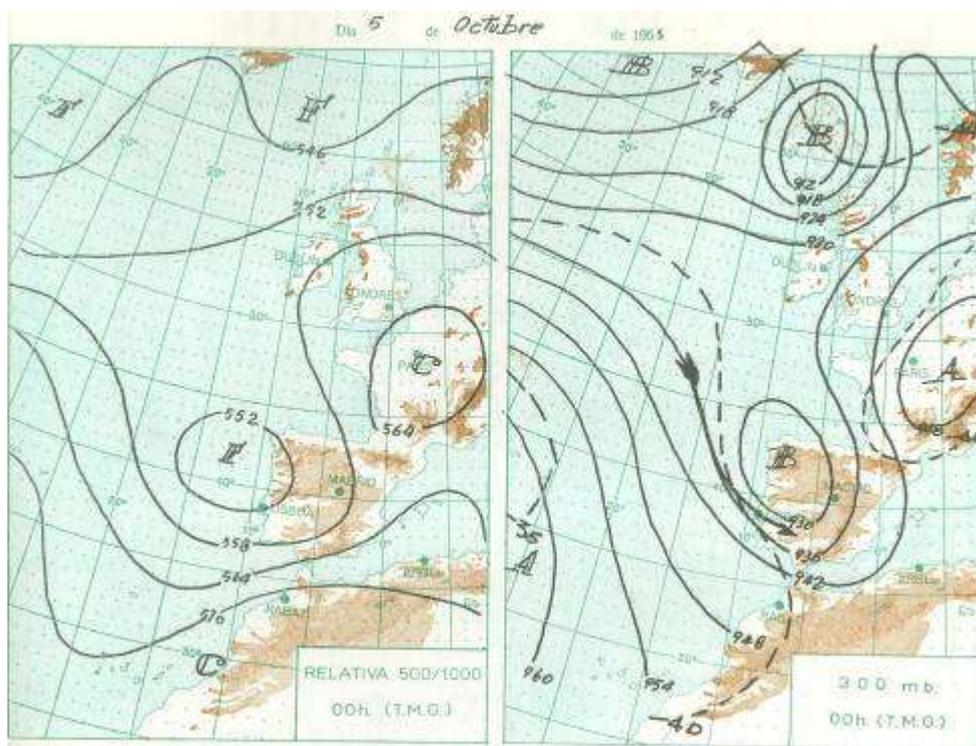


Figura 9. Gota fría que afecta a toda la península, por su posición occidental. Lluvias generales fuertes. Destacan 71 mm. en Valencia y 72 mm. en Bilbao. (5 octubre de 1965)

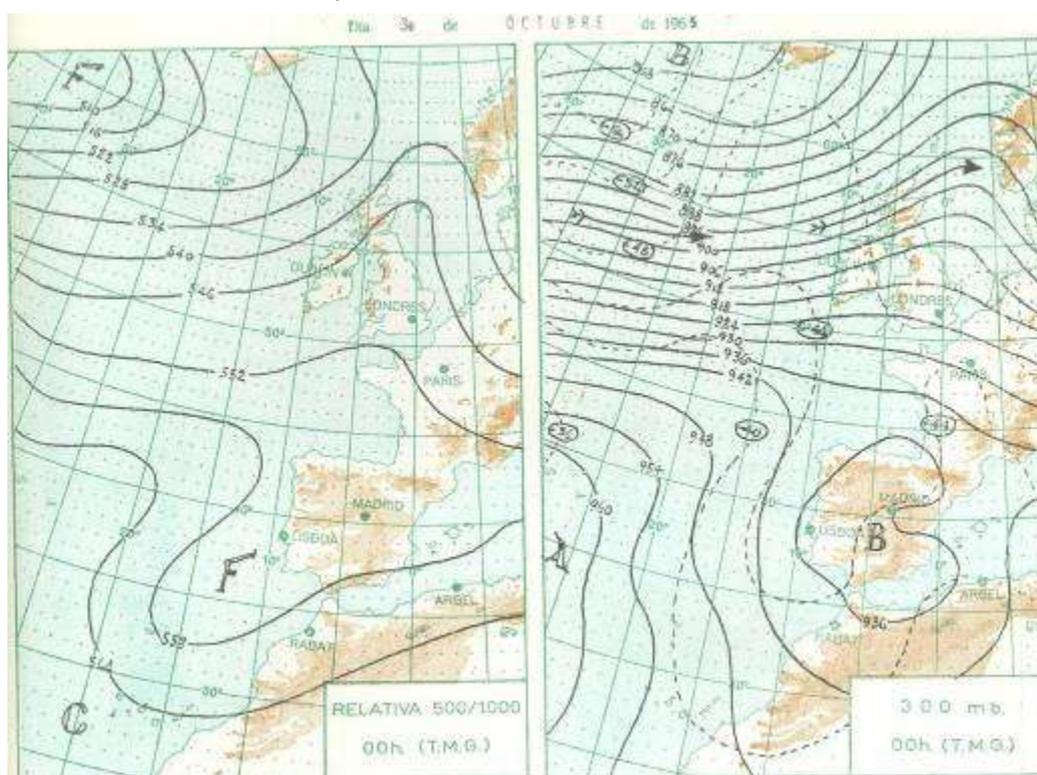


Figura 10. Gota fría en posición más oriental. Tiempo despejado en la mitad W. de la península, cara occidental de la gota fría. Fuertes tormentas en la zona mediterránea, cara oriental de la gota: 155 mm. en Valencia y 66 mm. en Castellón. (30 de octubre de 1965)

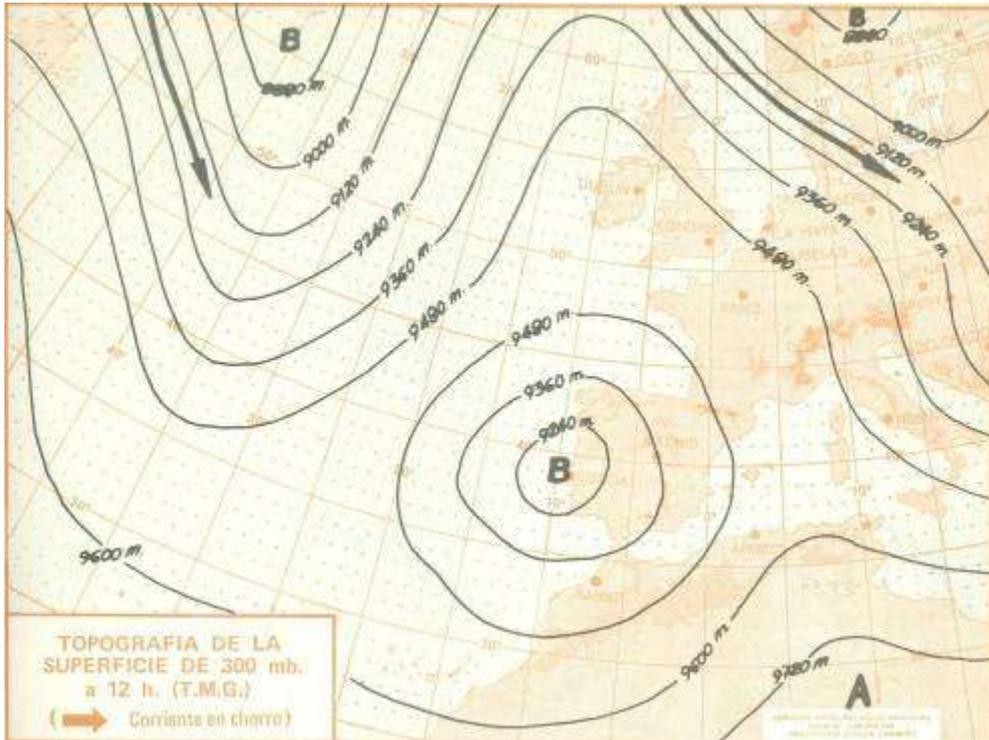


Figura 11. Lluvias generales, con una gota fría muy temprana claramente individualizada. La cara este de la gota fría afecta al centro de la península ibérica: ¡95 mm. de lluvia en Madrid! (22 de septiembre de 1972)

A.3. Lluvias generales pero moderadas. Vaguada poco acentuada de otoño; zona de salida de la vaguada. Figuras 12 y 13.

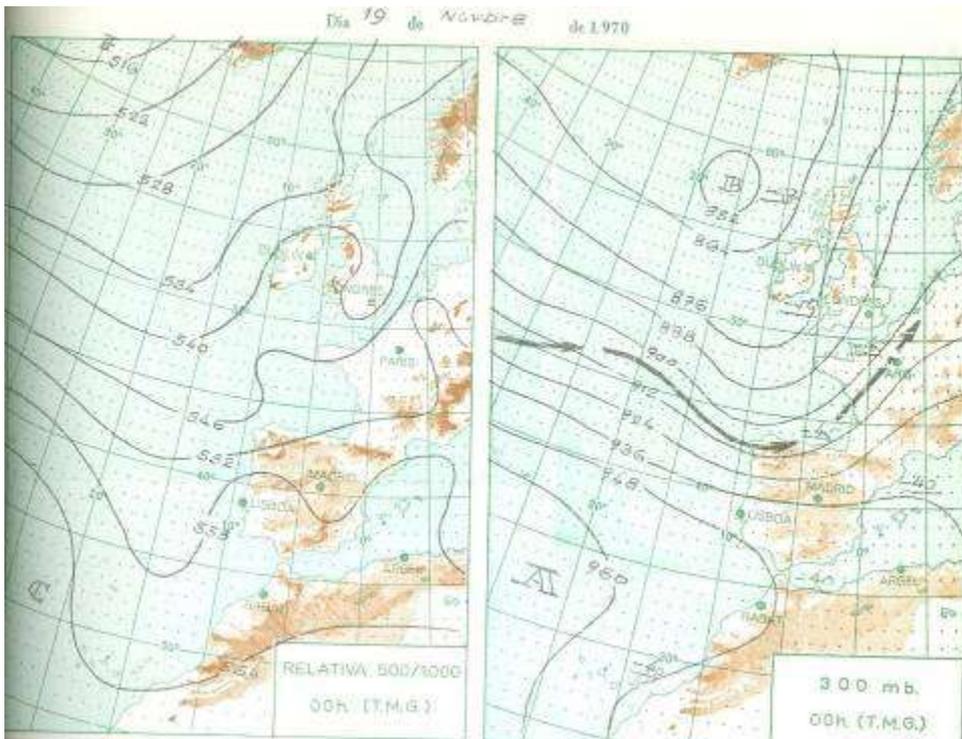


Figura 12. Vaguada poco acentuada de otoño. Zona de salida de la vaguada. Lluvias generales moderadas; notables sólo en Galicia y Cantábrico. (19 de noviembre de 1970)

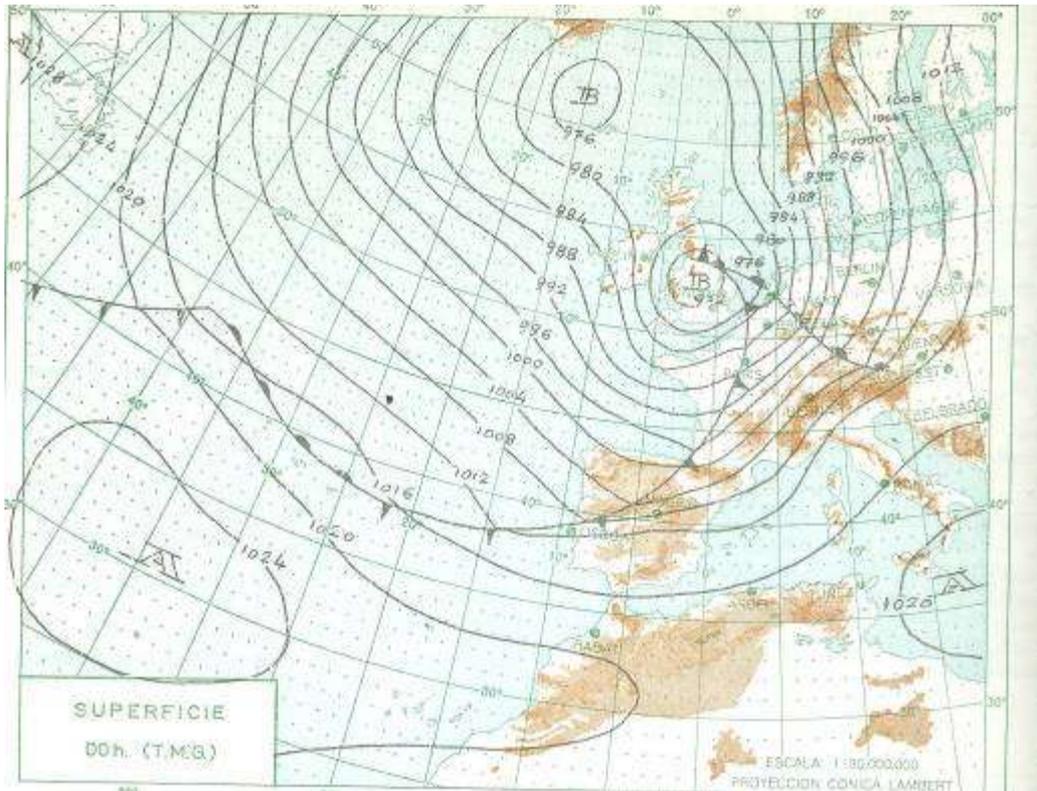


Figura 13. Situación de superficie correspondiente a ese mismo día: la borrasca del frente polar barre de oeste a este la península ibérica. (19 de noviembre de 1970)

A.4. Situaciones de frío y heladas en otoño. Zona de entrada de una vaguada. Dos ejemplos. Figuras 14 a 17.

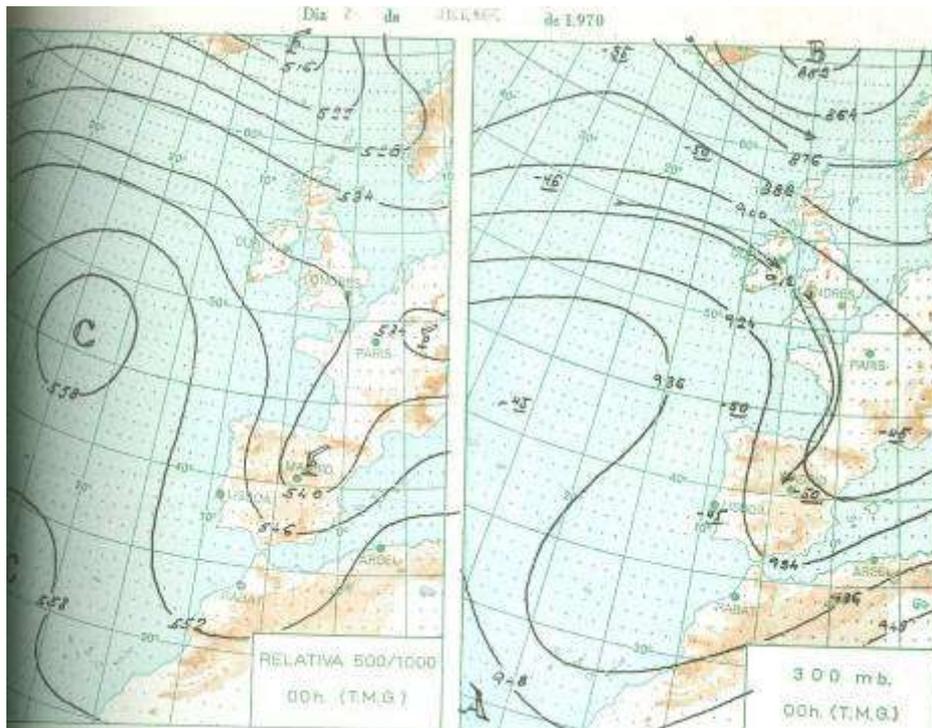


Figura 14. La península ibérica queda en la zona de entrada de la vaguada del JFP. Tiempo despejado pero frío, con heladas en el interior. (2 de diciembre de 1970)

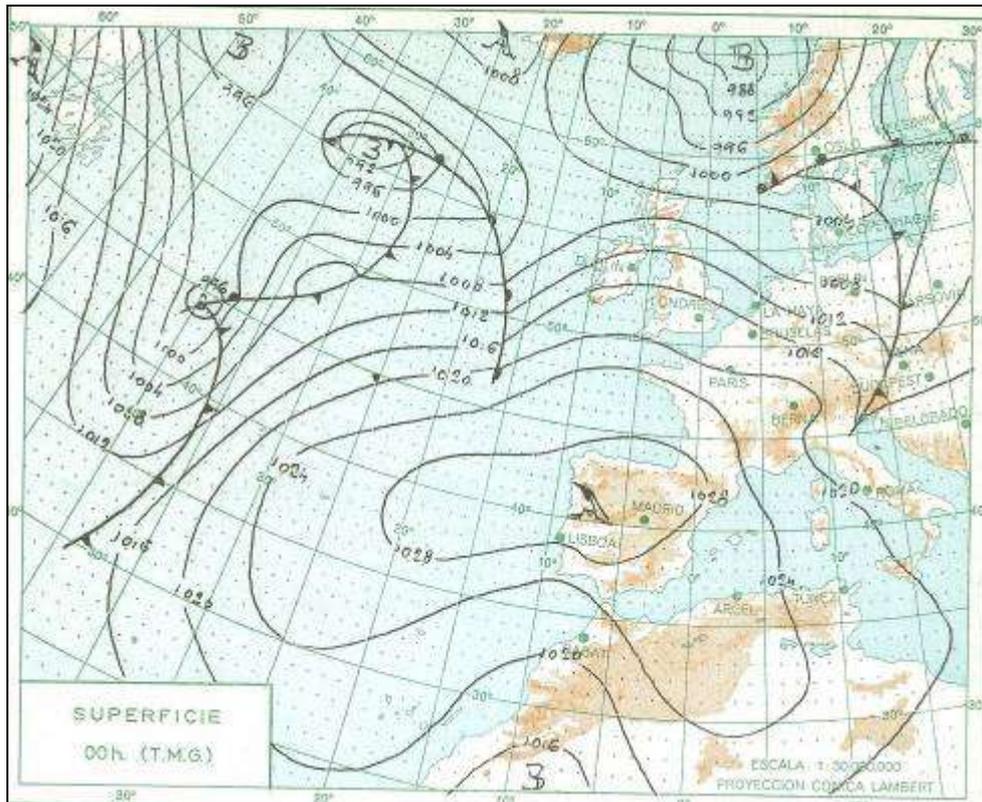


Figura 15. En el mapa de superficie de ese mismo día aparece un anticiclón oceánico sobre la península; las borrascas circulan más al norte, afectando a las islas Británicas y a Europa occidental. (2 de diciembre de 1970)

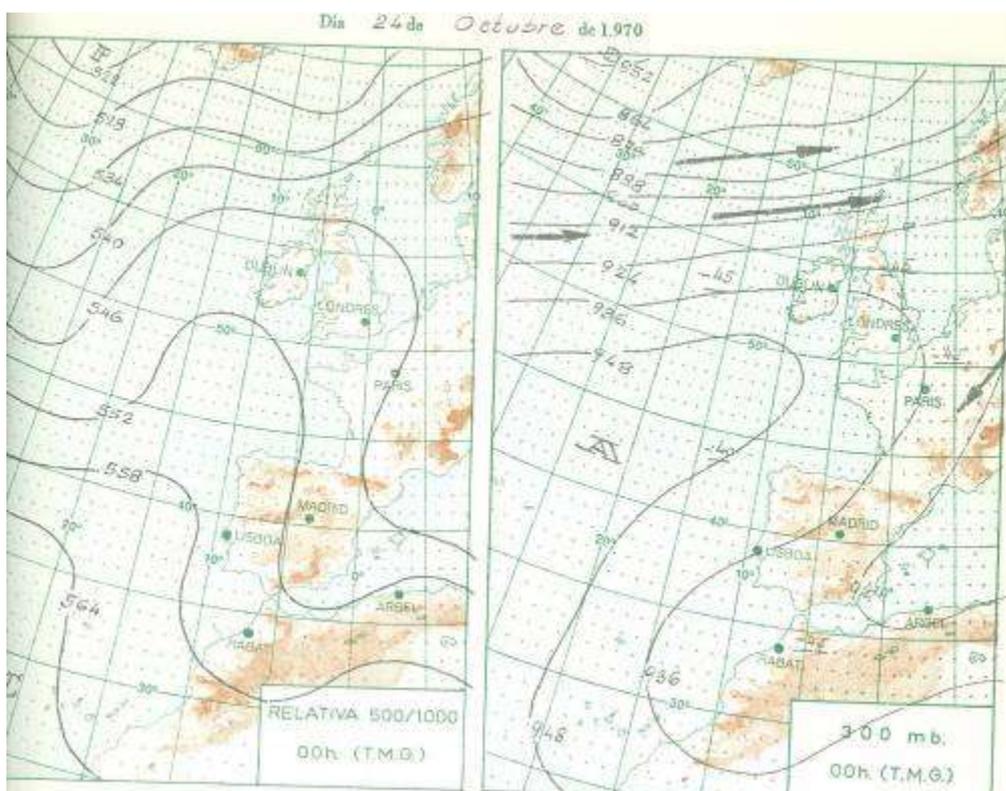


Figura 16. En este caso la vaguada del JFP se inclina hacia el este y a la península entra aire frío, polar continental en superficie. Heladas tempranas en la meseta norte y sur. (24 de octubre de 1970)

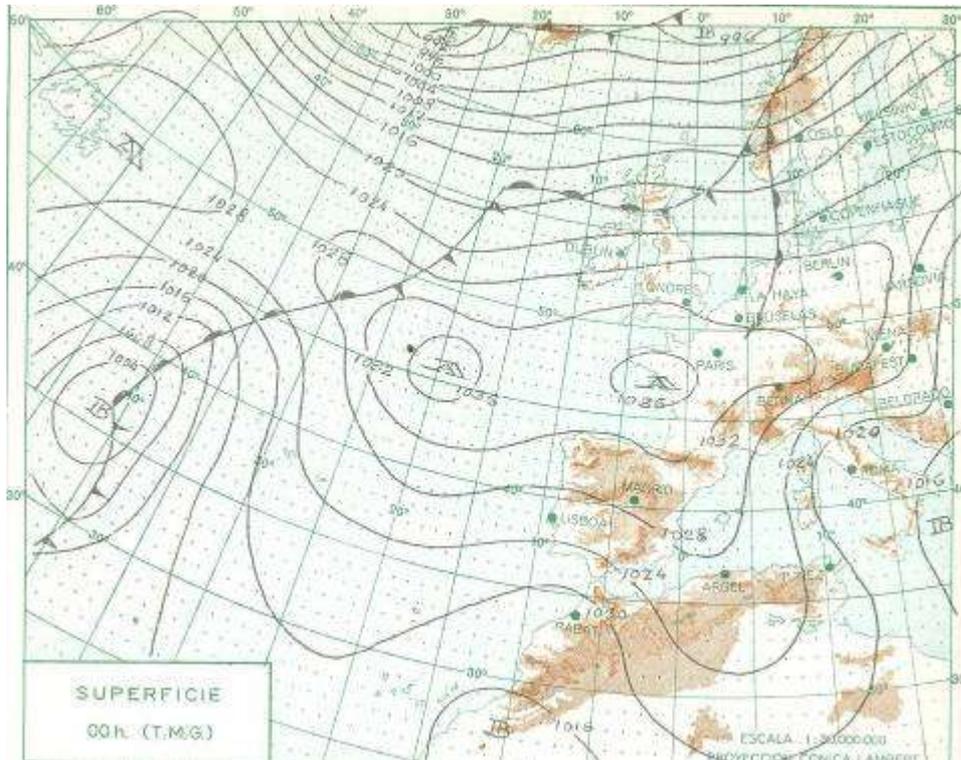


Figura 17. En el mapa de superficie de ese mismo día se observa un gran anticiclón que abarca hasta Rusia y sur de Escandinavia y que nos envía viento del NE. muy frío. (24 de octubre de 1970)

A.5. Situaciones de buen tiempo despejado y caluroso. Cresta del JFP; las vaguadas quedan más al norte. Tres ejemplos. Figuras 18 a 21.

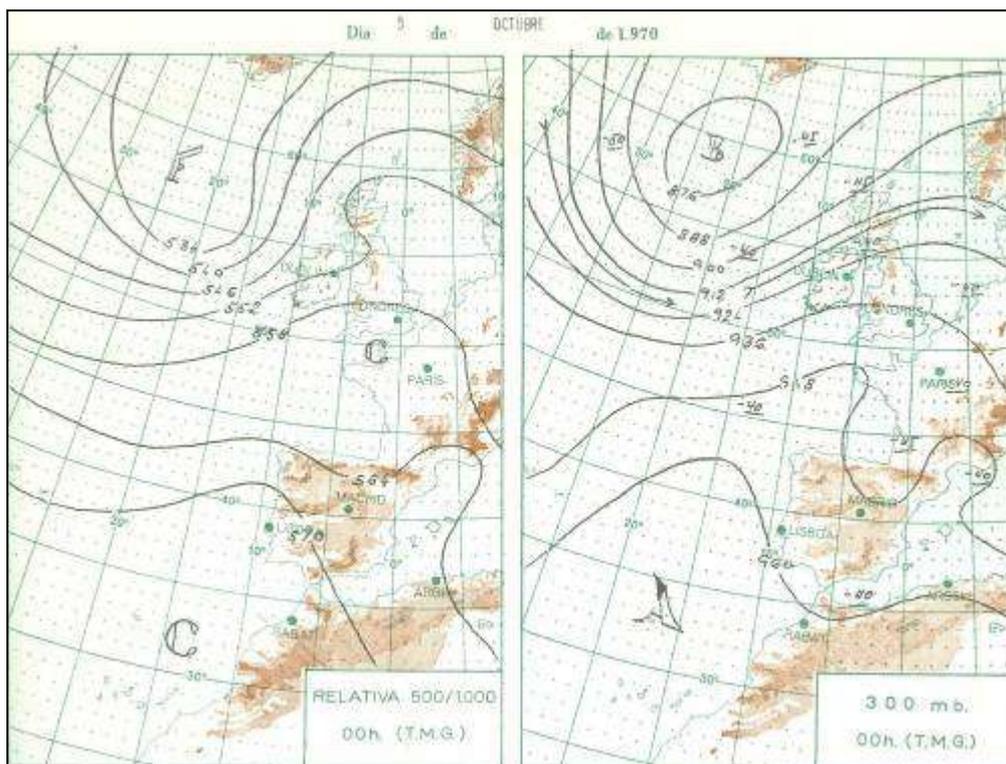


Figura 18. La cresta del JFP asciende hasta los 45°-50° N. La vaguada es poco meridional y queda a la latitud de las islas Británicas. Tiempo despejado y caluroso: máximas de más de 24° en la meseta y de 30° en Andalucía occidental y Extremadura. (5 octubre de 1970)

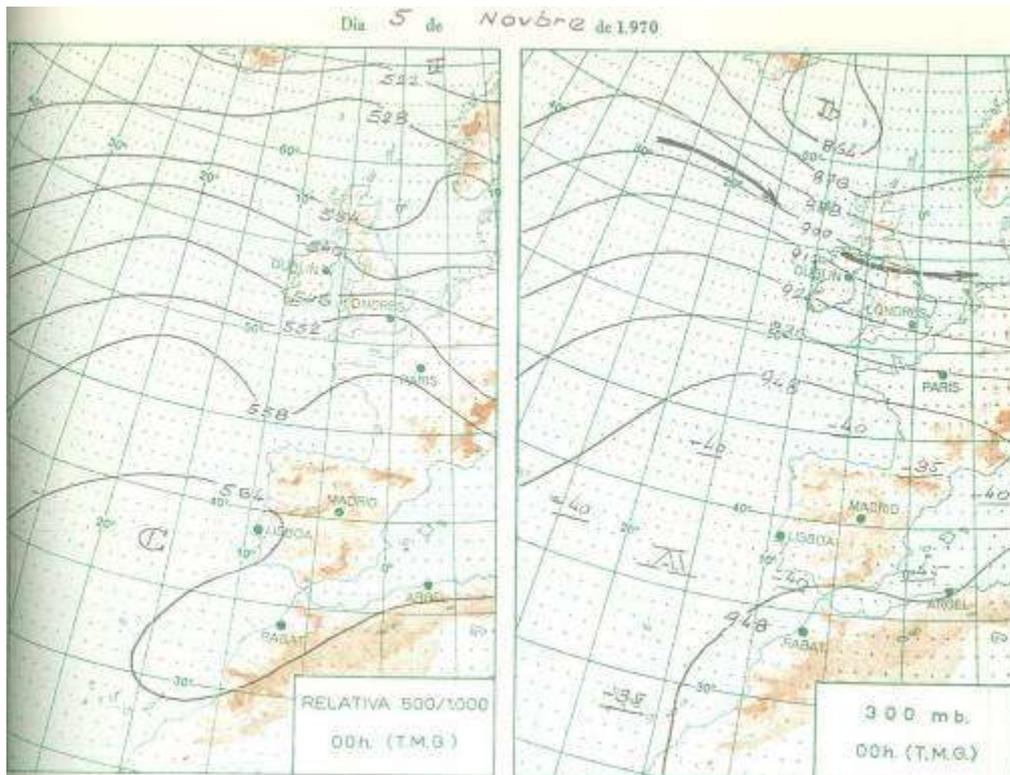


Figura 19. Situación similar pero en el mes de noviembre. Tiempo despejado y caluroso; máximas superiores a 22° en la meseta y a 27° en el sur. (5 de noviembre de 1970)

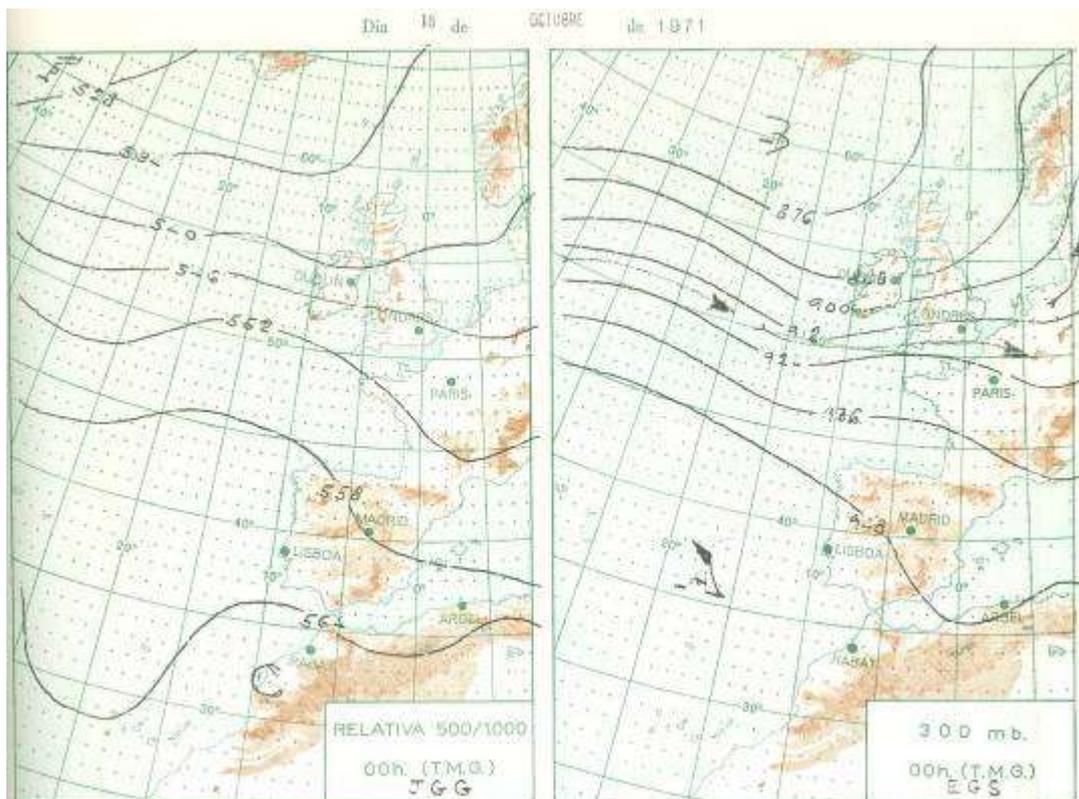


Figura 20. La cresta del JFP asciende menos y el Jet circula más meridional, al sur de Inglaterra. Tiempo despejado, suave en la mitad norte y caluroso en el sur con 31° en Sevilla. (18 de octubre de 1971)

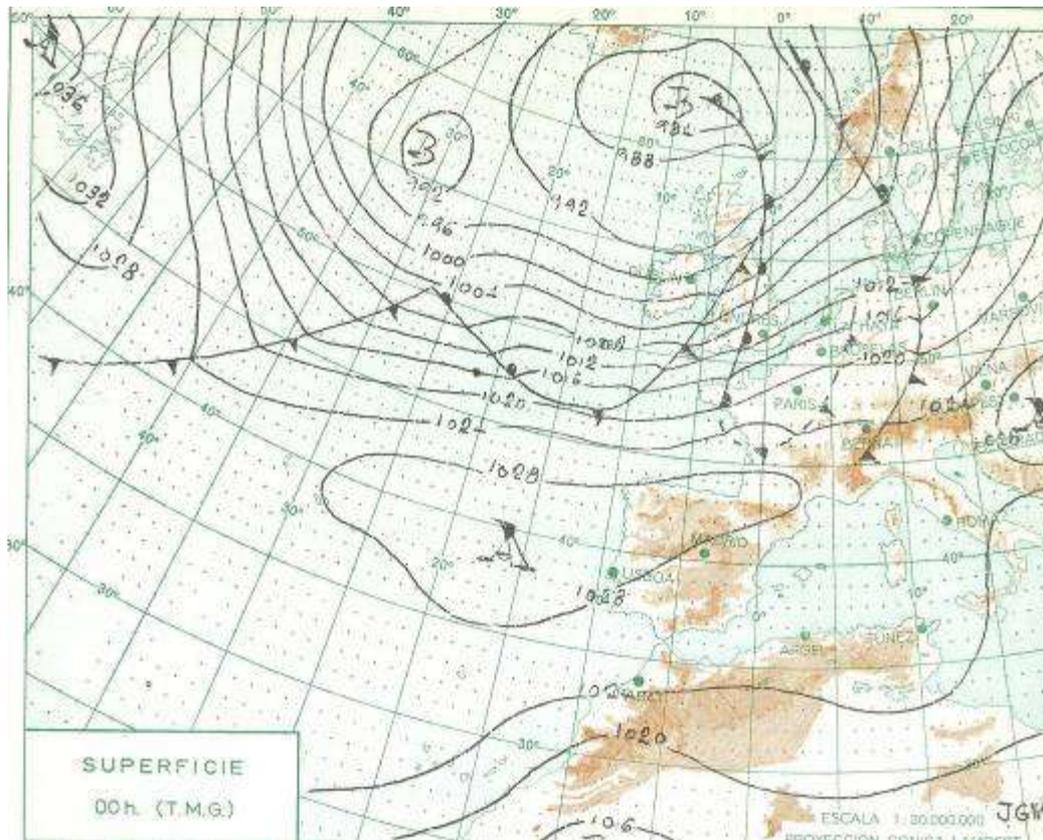


Figura 21. En superficie ese mismo día domina un extenso anticiclón y las borrascas del Frente Polar circulan más al norte, sobre Europa occidental. (18 de octubre de 1971)

3.2. Invierno

La explicación tradicional

La retirada definitiva del anticiclón de las Azores al sur de los 35°N., dejaba en invierno a la península ibérica dentro del campo de acción del Frente Polar con sus borrascas. Sin embargo, las corrientes perturbadas tienen importancia reducida a consecuencia del bloqueo de la circulación zonal, dada la importancia que alcanza la circulación anticiclónica. Esta tiene tres orígenes: anticiclones escandinavos de aire polar continental, anticiclones de aire ártico del Atlántico norte y anticiclones oceánicos que alcanzan ahora su máxima potencia. El resultado es una reducción de los tipos de tiempo lluviosos y un predominio de los tipos de tiempo secos y fríos, diferentes según el origen del anticiclón; es una época con mínimo pluviométrico.

A la vez, tipos de tiempo diferentes se darían en algunas zonas de la península, pues se producen precipitaciones en la región cantábrica, en el noroeste, y en el valle del Guadalquivir. Se hablaba así de los frentes fríos que afectaban al norte -mientras en el interior se encuentran situaciones anticiclónicas- y de las borrascas sudatlánticas procedentes del llamado *Frente Mediterráneo II* o sahariano, que afectaban al Guadalquivir; en el sur y suroeste se añadía el efecto de algunas gotas frías.

La explicación por la dinámica en altura

La explicación actual se basa en que la circulación del JFP alcanza su valor más importante a partir del mes de noviembre, introduciendo la circulación propia del invierno. La

cresta del JFP sobre el Atlántico está ahora desplazada más hacia el oeste, en torno a los 20° de longitud oeste, y la península ibérica queda libre a la penetración de las vaguadas del JFP, lo cual se traduce en el paso de borrascas. Este tipo de tiempo es variable, pudiendo darse tipos de tiempo anticiclónicos, pero que dan lugar a bajas temperaturas con mínimos inferiores a 0°, que corresponden a la zona de entrada de las vaguadas; son días soleados, con fuerte diferencia térmica entre el día y la noche, en que hiela (“veranillo de San Martín”). Si la península está en una zona de salida de las vaguadas se da entonces una borrasca.

Sin embargo, el invierno no es predominantemente de circulación atlántica, borrascosa; hay tipos de circulación que interrumpen la circulación zonal, dando predominio a la circulación meridiana o contraria al Jet Stream, lo cual produce los momentos de máximo frío y mínimo de precipitaciones.

Así, en primer lugar, cuando la cresta del Atlántico avanza hacia el NE. lo que origina advección hacia la península de aire polar continental del NE., que es el que produce las temperaturas más bajas en España, con las dañinas heladas en la costa valenciana. En la mitad norte, zona de entrada de la vaguada, domina una masa de aire polar subsidente, de poco espesor, que produce nubosidad estratiforme y días nublados pero con poca lluvia y temperaturas diarias mínimas muy bajas: 0° a -5° en la submeseta sur.

Este tipo de tiempo coincide con una vaguada muy estrecha con gran pendiente hacia el sur. Una vez producido el desplazamiento del JFP hacia el norte, tiene lugar una advección de aire caliente hacia el norte; pero no hay ruptura con el nuevo Jet, con lo cual hay alimentación de aire frío hacia el sur; por inercia, la circulación es la misma del antiguo Jet y encima hay aire caliente con disposición anticiclónica. Hay que tener en cuenta que la troposfera polar es más baja que la tropical a la que pertenece este aire caliente; por ello, a la masa de aire frío se le superpone una masa de aire caliente anticiclónico que le hace descender en bloque y así en una vaguada se produce un tipo de tiempo de características anticiclónicas. Como las líneas toman dirección hacia el oeste, se produce advección de aire polar del norte o noreste, llegando así a la península ibérica aire polar continental, bien llamado anticiclón continental.

Otro tipo de circulación meridiana se da cuando la cresta tiene menos penetración hacia el norte y la vaguada viene directamente del norte (no del NE.), ya que se ha introducido entre Groenlandia y las Spitzberg. Es por tanto una masa de aire ártico y en su frente aparece otra borrasca que se traduce en precipitaciones sólidas, de nieve, que barren de norte a sur la península. Si esta penetración es muy rápida sólo aparecen las borrascas en el sur de la península o en el norte de África.

También se interrumpe la circulación del oeste por el bloqueo que en el corazón del invierno se produce a la latitud de la península o algo más al norte, dando en superficie un anticiclón, con circulación del este entre dos circulaciones del oeste: una al norte correspondiente al JFP, a 40°-45° latitud N., y otra al sur que corresponde a las gotas frías de la vaguada del Jet Subtropical y que afecta al sur de la península (valle del Guadalquivir) o norte de África. Produce pues situaciones mixtas; cuando los anticiclones afectan a toda la península hay buen tiempo en todo el país.

En invierno y principios de primavera las gotas frías entran por vía SW. y, canalizadas por los relieves meridionales, producen precipitaciones en su marcha de SW. a NE. en el valle del Guadalquivir, llegando alguna vez a la costa mediterránea a través de Gibraltar.

Ejemplos de tipos de tiempo en España en invierno en relación con la dinámica en altura

B.1. *Tiempo lluvioso general. Vaguadas del JFP sobre la península ibérica; zona de salida de la vaguada. Dos ejemplos. Figuras 22 a 24.*

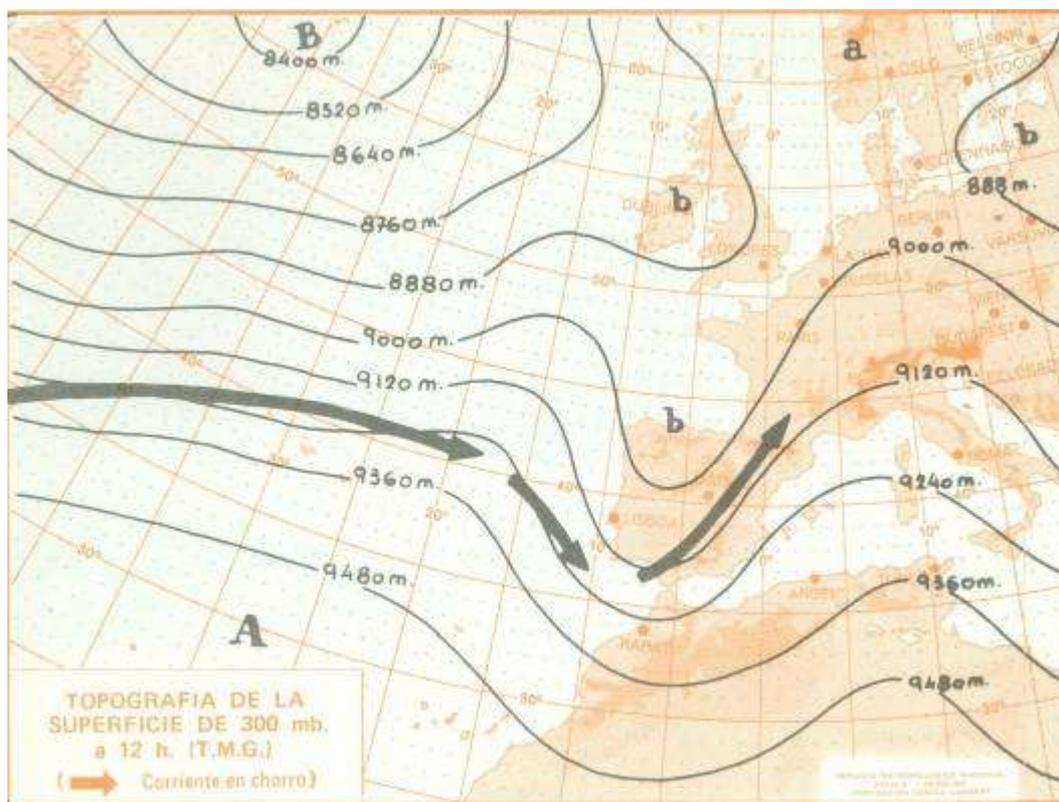


Figura 22. La cresta del JFP está más occidental que en otoño y la vaguada, más meridional, afecta plenamente a la península ibérica. Lluvias generales, más fuertes en el SW.: 59 mm. en Jerez. (9 de enero de 1972)

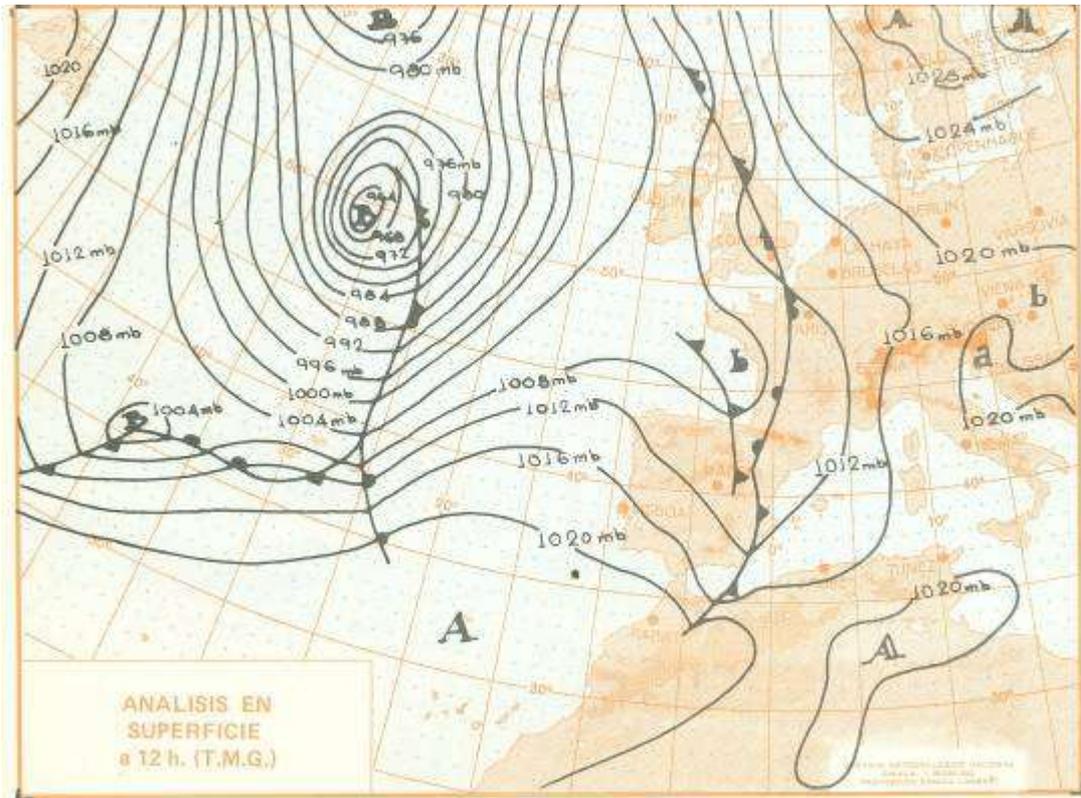


Figura 23. En el mapa de superficie de ese mismo día las borrascas barren la península ibérica de oeste a este. (9 de enero de 1972)

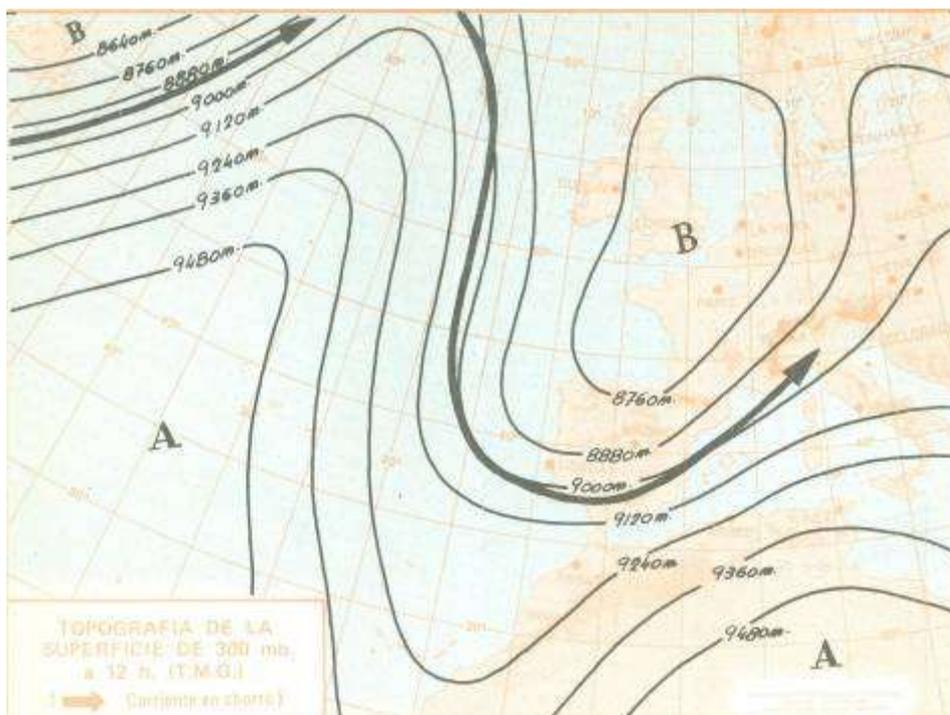


Figura 24. Situación similar a la anterior pero en el mes de marzo. La vaguada, más acentuada, determina temperaturas más frías. Lluvias generales, salvo en el NE. de la península. (7 de marzo de 1972)

B.2. Olas de frío, por invasión de aire polar continental. Cresta del JFP inclinada hacia el este, al norte de la península ibérica. Tiempo despejado pero muy frío con fuertes heladas. Seis ejemplos. Figuras 25 a 31.

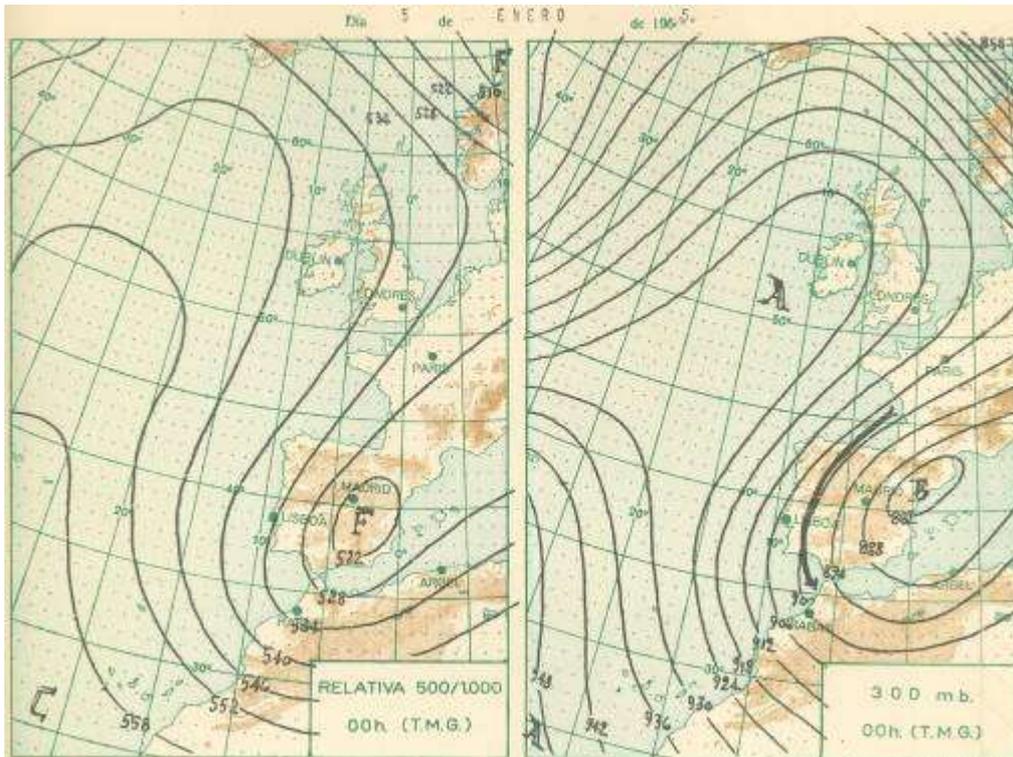


Figura 25. La torsión de la cresta del JFP hacia el NE., con advección de aire cálido hacia el N., determina que la vaguada del chorro venga del este (NE.) con entrada de aire muy frío sobre la península, polar continental. Tiempo despejado pero muy frío; fuertes heladas en todo el interior (- 4° en Madrid) y 0° en Valencia y Sevilla. (5 de enero de 1965)

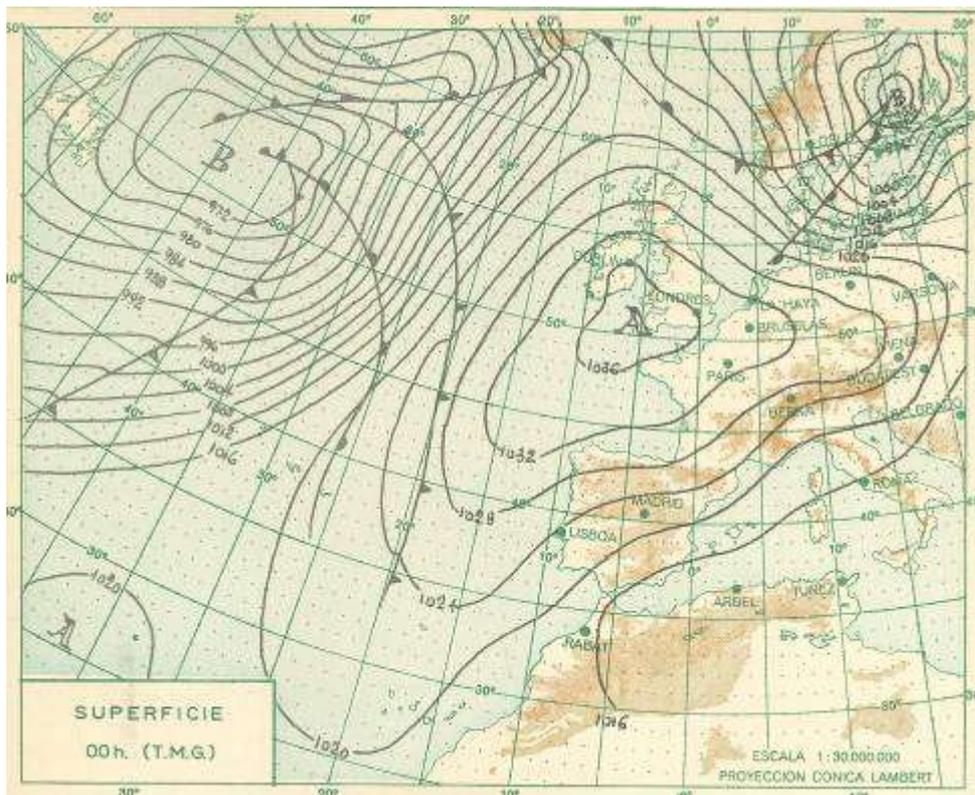


Figura 26. En el mapa de superficie de ese mismo día aparece un gran anticiclón sobre Europa central y occidental, que determina viento muy frío del NE. (5 de enero de 1965)

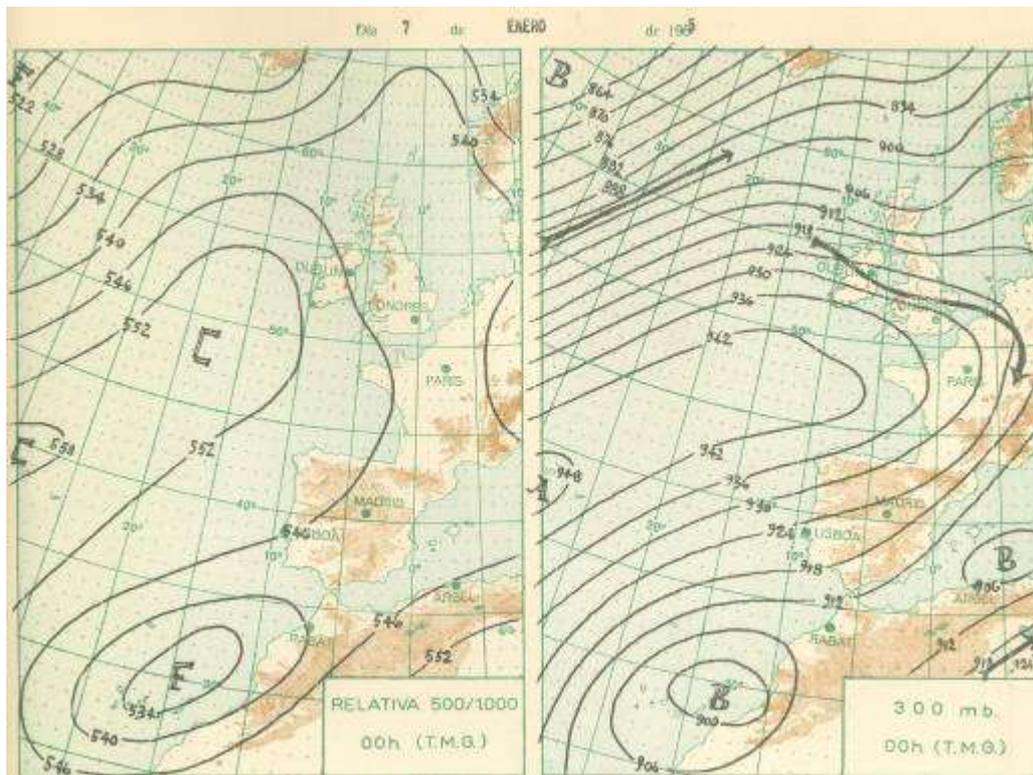


Figura 27. Evolución de la situación anterior. La cresta del JFP está ya casi tumbada y muy desplazada al E.; a la península ibérica le llega claramente aire frío continental del NE. Tiempo despejado pero muy frío: heladas generales, incluso en Valencia y en Sevilla (-1°). El gran avance hacia el SW. del aire frío de altura ha dado lugar a una gota fría sobre Canarias donde llueve. (7 de enero de 1965)

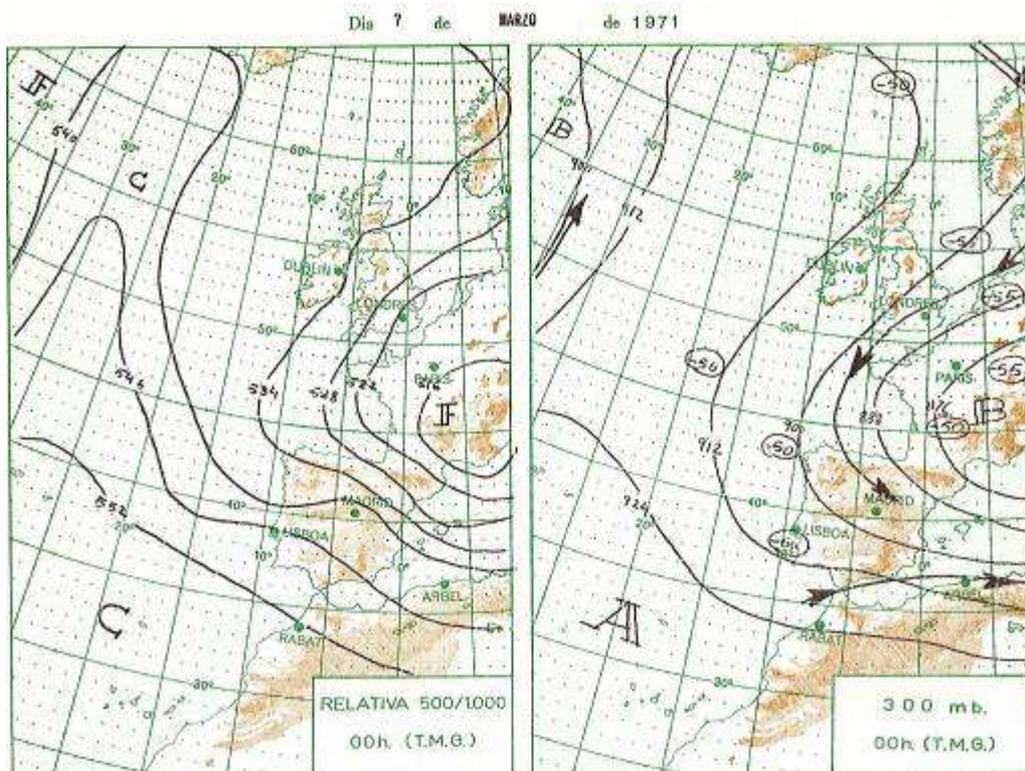


Figura 28. Situación similar con entrada de aire polar continental pero tardía (mes de marzo). El choque con una baja en el sur va a determinar sin embargo una situación de nevadas en el sur. (7 de marzo de 1971)

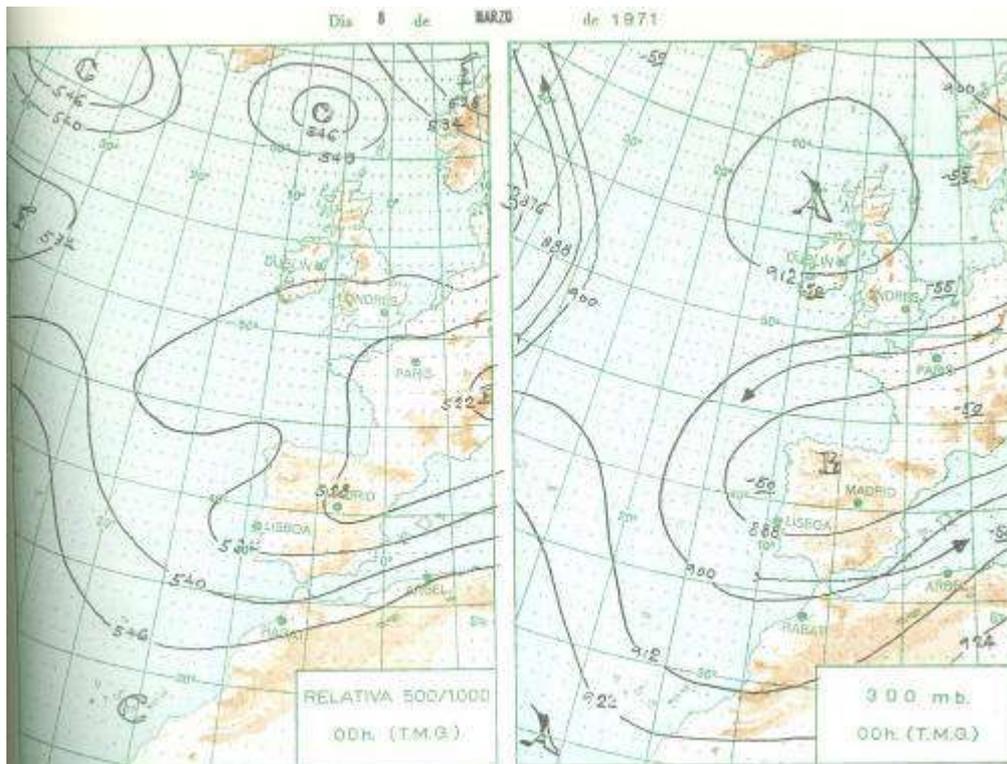


Figura 29. Evolución de la situación anterior. La entrada de aire frío en altura es claramente del este. Nieve al sur del sistema central y en la vertiente norte de Sierra Morena. Temperaturas muy bajas. (8 de marzo de 1971)

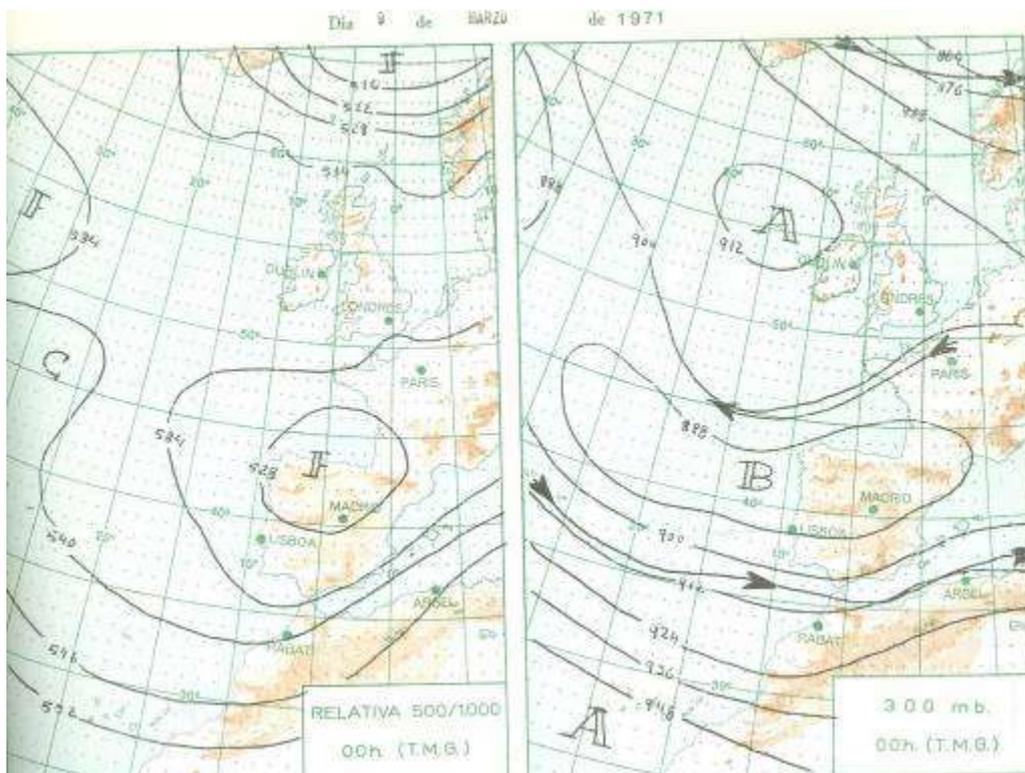


Figura 30. Continúa la evolución de la situación anterior. La cresta y la vaguada del JFP, convertida ya en gota fría, tiene una disposición totalmente opuesta a la normal, con el chorro dirigido hacia el W. en el norte de la península ibérica. La gota fría produce nevadas en el interior y fuertes precipitaciones en la costa valenciana: 63 mm. en Alicante y 56 mm. en Valencia. (9 de marzo de 1971)

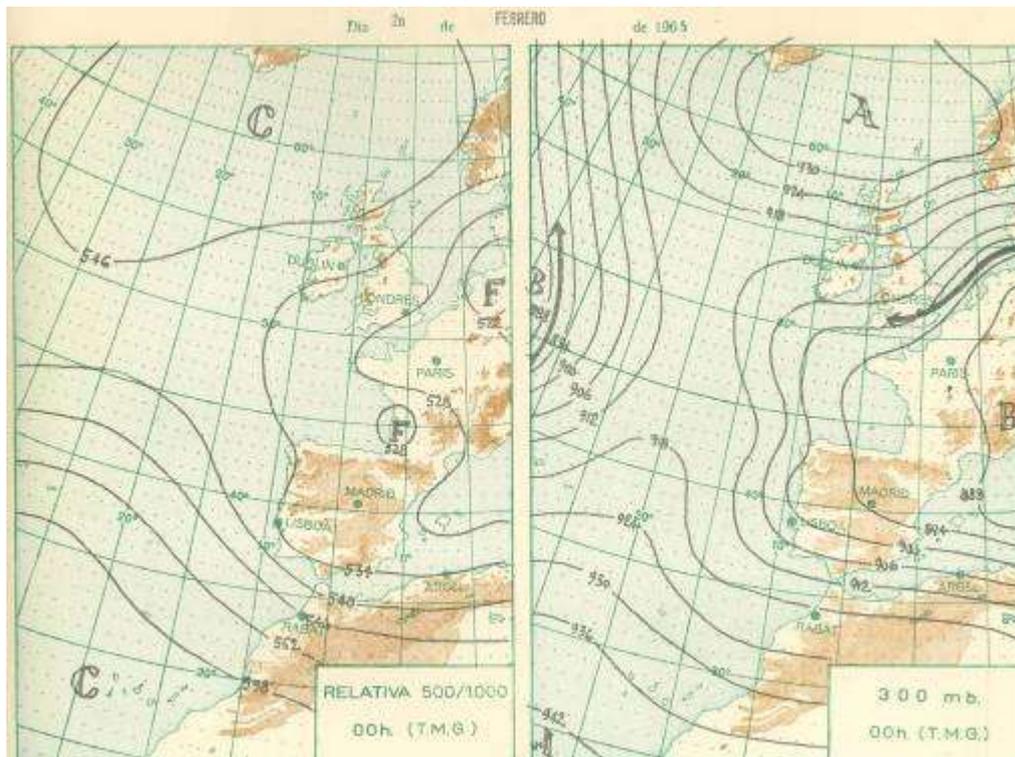


Figura 31. La torsión de la cresta hacia el NE aparece aquí como evolución de una posición en omega de la circulación del JFP. Tiempo despejado pero muy frío; heladas en toda la península ibérica, salvo en Cádiz y en la costa mediterránea andaluza; -21° en Albacete. (20 de febrero de 1965)

B.3. Tiempo muy frío con nevadas generales. Vaguadas árticas del JFP. Tres ejemplos. Figuras 32 a 34.

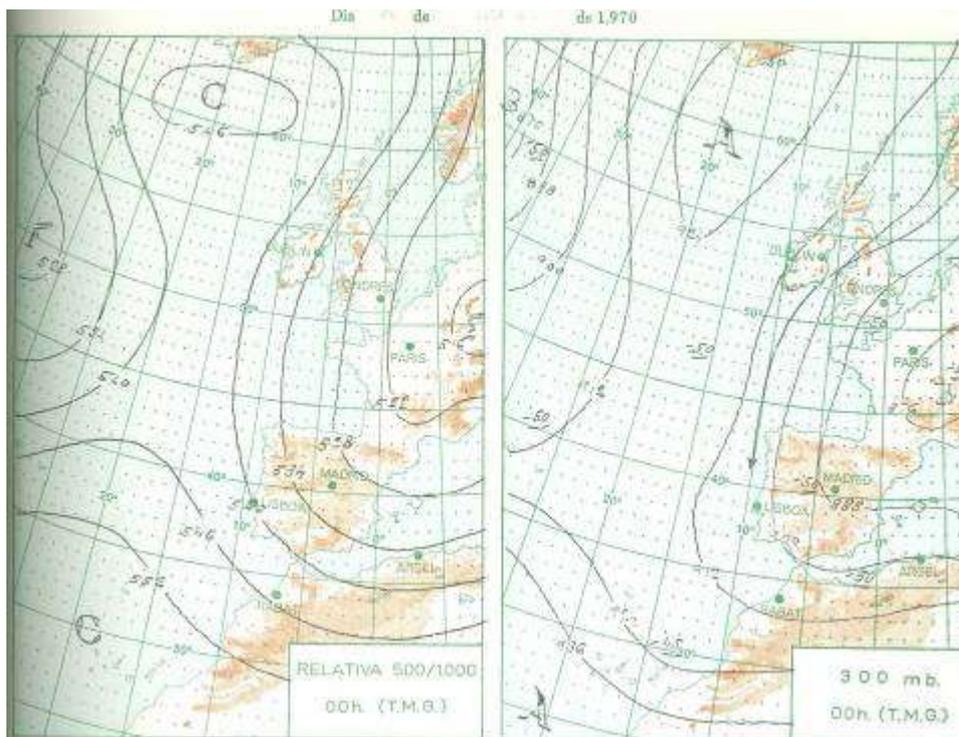


Figura 32. La cresta del JFP al norte de la península ibérica conduce a una vaguada muy profunda que se inicia entre Groenlandia y las islas Spitzberg. Nevadas en la mitad norte, y el día 25 también en la submeseta sur. Tiempo muy frío; heladas generales, incluso en Valencia y Andalucía occidental; -10° en Albacete. (24 de diciembre de 1970)

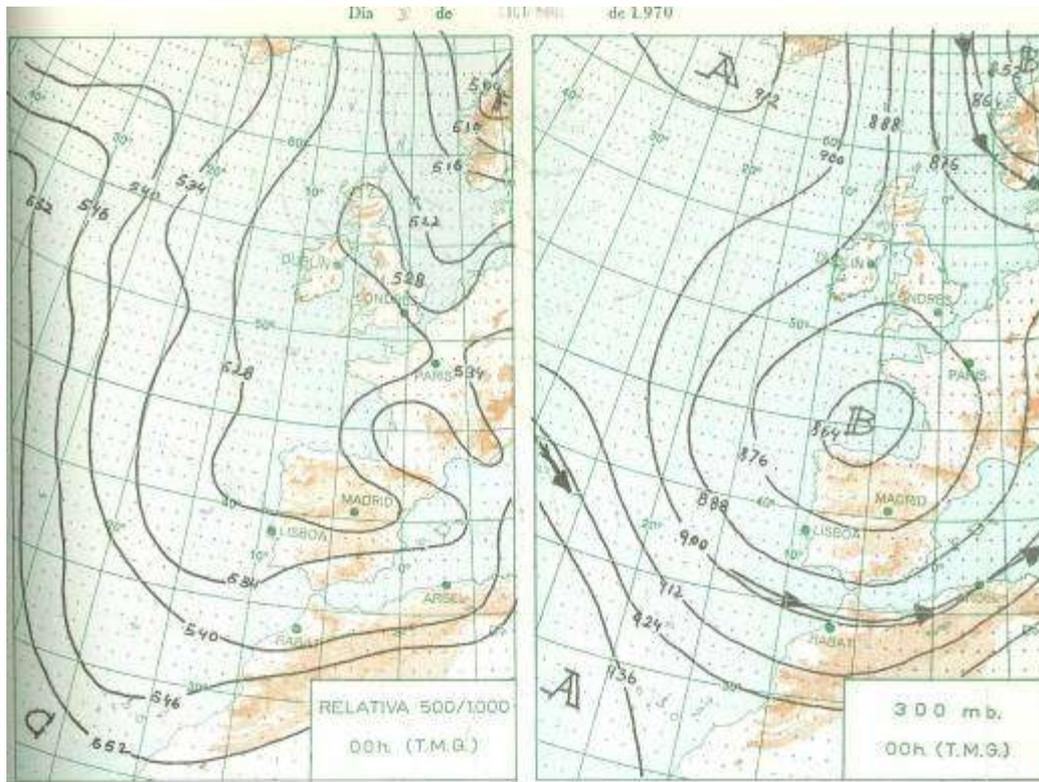


Figura 33. La profunda vaguada ártica se ha convertido en una gota fría. Nevadas intensas en todo el interior; frío intenso: -23° en Calamocha. Lluvias fuertes en Andalucía y N. de África por la gota fría en posición muy meridional. (30 de diciembre de 1970)

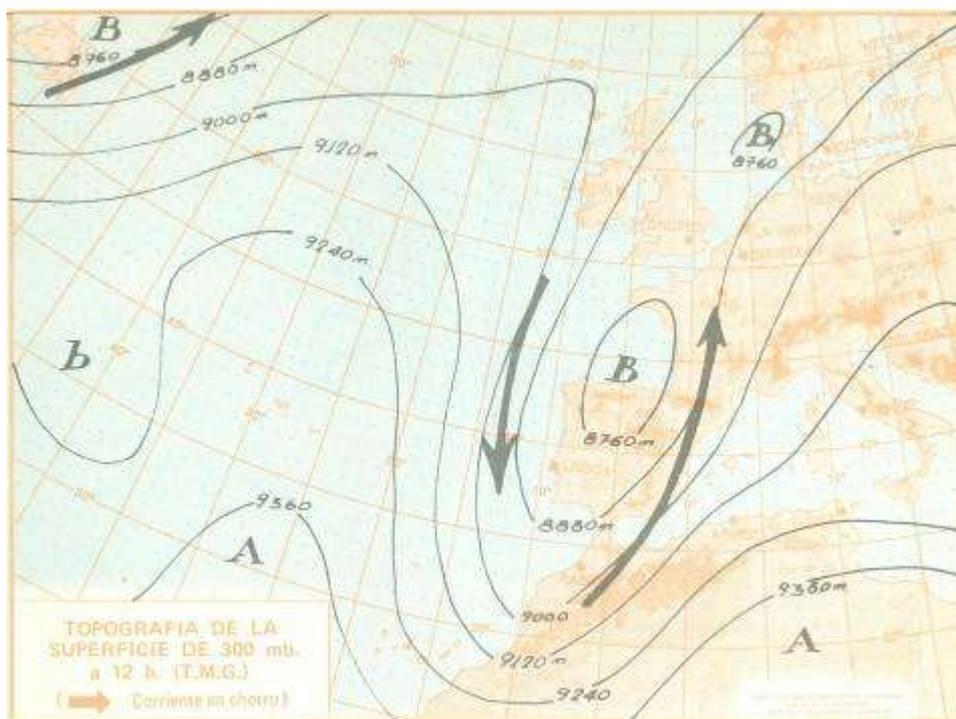


Figura 34. Vaguada ártica muy profunda. Nevadas en todo el interior de la península. La penetración de la vaguada ha sido tan meridional que llueve no sólo en Andalucía y norte de África sino también en Canarias. (17 de febrero de 1972)

B.4. Lluvias en el sur y a veces en el este de la península y despejado en el resto. Situación de bloqueo con un chorro del JFP y otro del Jet subtropical. Tres ejemplos. Figuras 35 a 37.

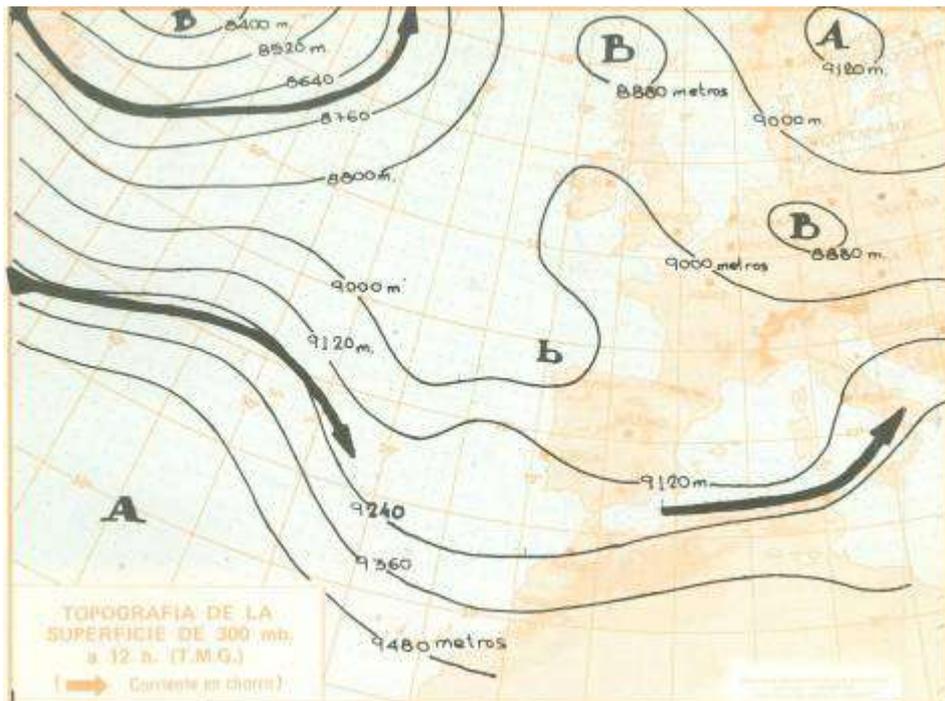


Figura 35. La bifurcación del Jet Stream determina dos circulaciones del oeste y una zona bloqueada, anticiclónica, en el centro. Las vaguadas del JFP quedan muy al norte. La vaguada del Jet subtropical tiene su zona de salida en el sur de la península ibérica. Fuertes lluvias en el valle del Guadalquivir; el interior y el norte de la península están bajo una situación anticiclónica con tiempo despejado. La vaguada del Jet subtropical produce también lluvias, pero débiles, en la costa mediterránea y Canarias. (6 de enero de 1972)

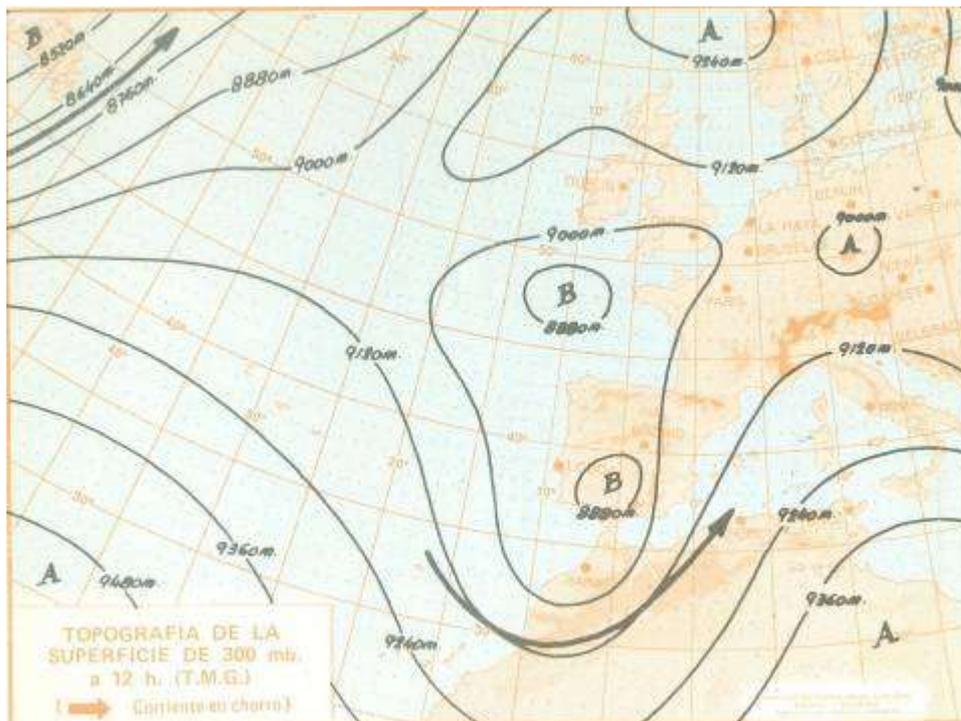


Figura 36. La bifurcación del Jet Stream es aquí más marcada. La situación anticiclónica del centro queda más al norte, afectando al norte de las Islas Británicas y Escandinavia. El Jet subtropical determina una gota fría más clara y de gran amplitud hacia el norte: lluvias en Canarias y en el sur, pero también en el cuadrante NE. (23 de febrero de 1972)

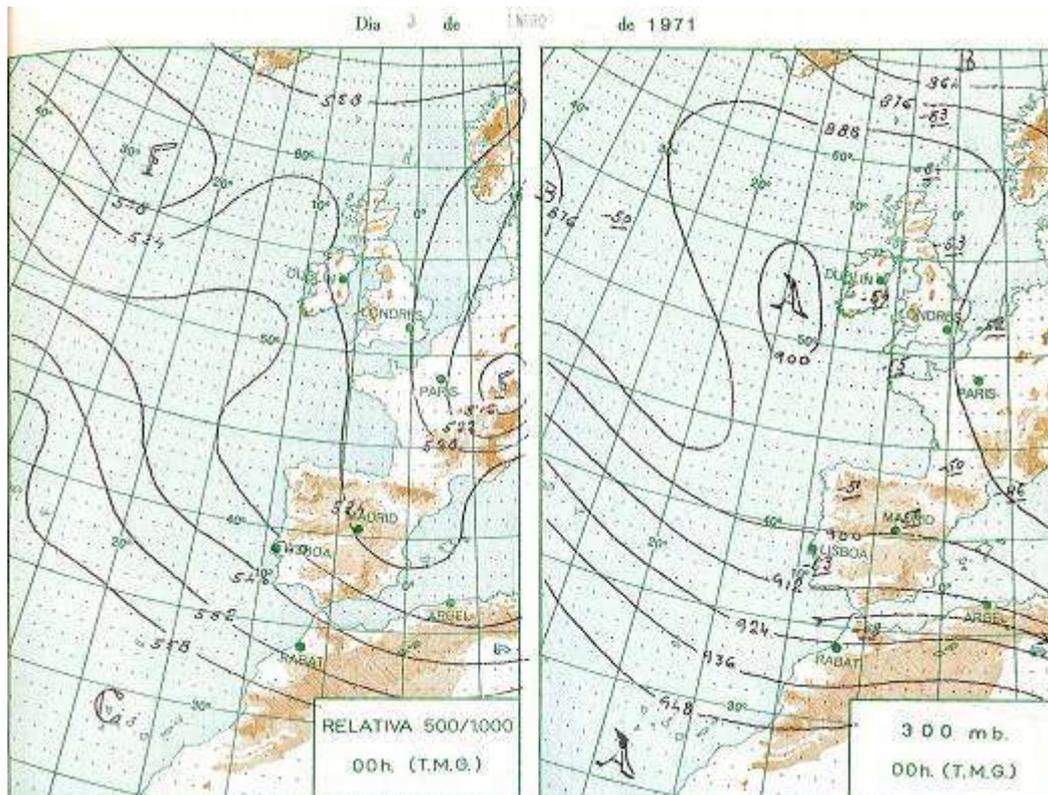


Figura 37. Situación similar a la anterior, con una curiosa situación en omega. Dos chorros, el JFP muy al norte, afectando a Escandinavia, y el Jet subtropical sobre el sur de la península y el norte de África y sin ofrecer una baja. Lluvias en Andalucía (58 mm. en Tarifa) y norte de África (46 mm. en Ceuta). Despejado y muy frío en el interior de la península por entrada de aire frío del NE. (-10° en Madrid). (3 de enero de 1971)

3.3. Primavera

La explicación tradicional

En primavera se volvía a una situación del Frente Polar similar a la de otoño. Las borrascas del Frente Polar cruzan la península de oeste a este, al disminuir la importancia de la circulación anticiclónica y coincidir con el ascenso en latitud de la circulación zonal. En el mes de abril se da el máximo de precipitaciones, y a partir de entonces las borrascas se van desplazando hacia el norte. Las lluvias de mayo y junio afectan más a la mitad norte de España, prolongando el invierno; además, la llegada de frentes fríos y las descargas posteriores de fin de familia producen en el norte un acusado descenso térmico que se traduce en una especie de regreso al invierno.

Junto a estas situaciones primaverales de tiempo lluvioso y templado, que en las zonas septentrionales prolongan el invierno, hay otras, más frecuentes conforme nos acercamos al verano, que se corresponden con la reaparición del anticiclón de las Azores. Es el tipo de tiempo que caracteriza a los días finales de mayo y comienzos de junio, con brusco aumento de temperatura. Hay retrocesos en esta situación, con nueva penetración de borrascas y la descarga polar posterior descendiendo la temperatura, para volver a dominar de nuevo el anticiclón de las Azores, iniciando la situación de verano.

La explicación por la dinámica en altura.

Atendiendo a lo que ocurre en altura, al llegar la primavera dominan o bien los fenómenos de bloqueo o bien las grandes vaguadas del JFP. Lo que sucede es que la estratosfera polar

comienza de nuevo a recibir insolación y por eso se produce una ruptura en el equilibrio térmico existente, lo cual determina que las coladas puedan ser muy meridionales o por el contrario, por fenómenos de reajuste, que suban mucho las crestas. Esto es lo que origina la característica primaveral más conocida: la variabilidad de sus tipos de tiempo.

Las situaciones de bloqueo derivadas de la conjunción de una cresta del JFP y una vaguada del Jet Subtropical se dan también en primavera. Pero, a diferencia de lo que ocurría en invierno, ahora el bloqueo se da a mucha mayor latitud, entre 45°-50°N., de manera que en las islas Británicas se produce buen tiempo, anticiclónico, mientras a España le afectan las gotas frías de la vaguada del Jet Subtropical produciendo mal tiempo y las precipitaciones características de esta época (“abril, aguas mil”). Sin embargo, también esta situación puede darse en una latitud aún más septentrional, y la península queda entonces ya dentro de las masas de aire tropical que producen altas temperaturas y bruma opalescente.

Pero, como se señaló, también las coladas polares pueden alcanzar en primavera una posición más meridional; entonces la península ibérica está en la zona de entrada de las vaguadas, con lo cual se produce un retorno al invierno, con descenso de las temperaturas. Este tipo de tiempo persiste hasta primeros de junio.

El periodo de lluvias comienza por tanto en septiembre y se da hasta mayo, teniendo que distinguir las lluvias de otoño y las de primavera. En el mes de junio se da el reajuste entre la primavera y el verano, y por eso suele suceder que a finales de mayo hace un calor insoportable, mientras que a principios de junio puede volver el frío y comenzar de nuevo las lluvias hasta mediados del mes de junio (“hasta el cuarenta de mayo no te quites el sayo”).

Ejemplos de tipos de tiempo en España en primavera en relación con la dinámica en altura

C.1.Lluvias bastante generales, con predominio en el sur y este. Situación de bloqueo con dos chorros, uno del Jet septentrional y otro del Jet subtropical. Dos ejemplos. Figuras 38 y 39.

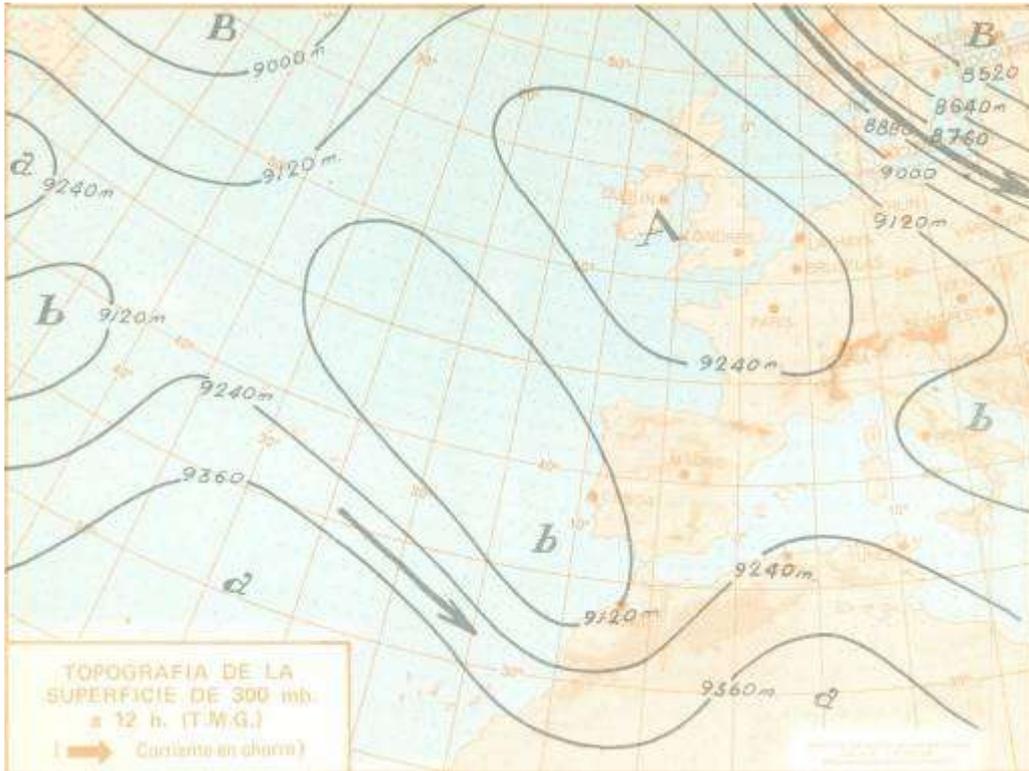


Figura 38. Situación de bloqueo similar a la de invierno. Gota fría del Jet subtropical que produce lluvias en el Valle del Guadalquivir y en Canarias. El JFP queda muy al norte. Situación anticiclónica ente los dos Jet, con buen tiempo en la mitad norte de la península ibérica y en Europa occidental. (23 de marzo de 1972)

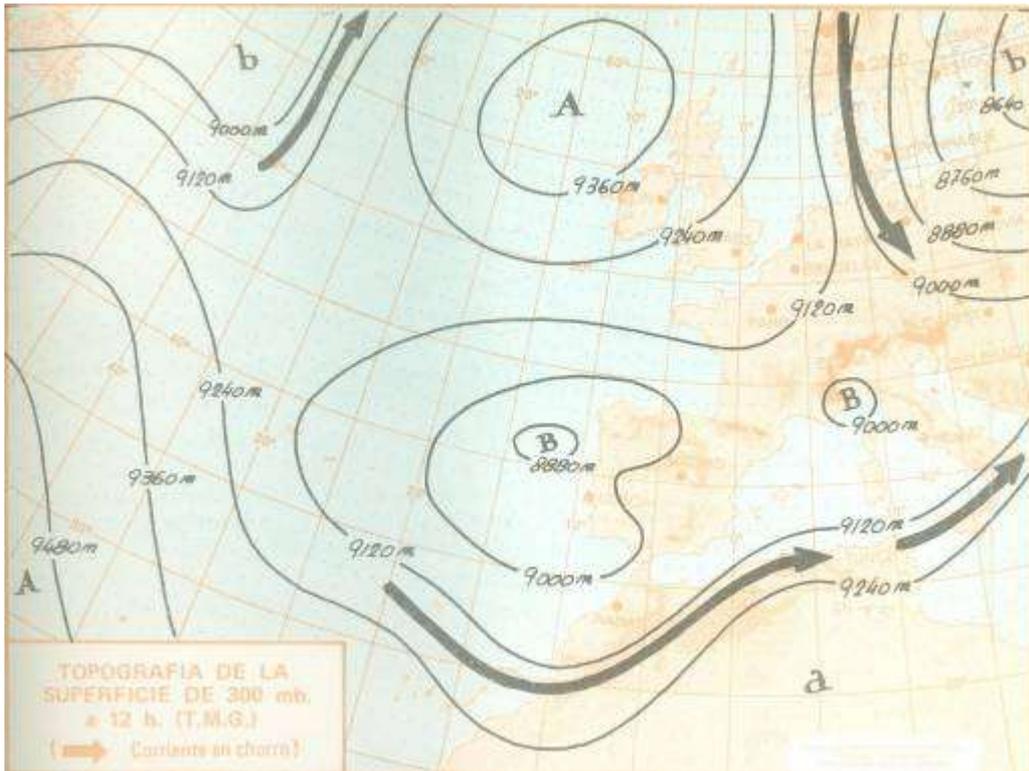


Figura 39. Bloqueo en posición más septentrional más de tipo de primavera. La gota fría del Jet subtropical afecta a casi toda la península ibérica, lloviendo de manera general excepto en el cuadrante NW., cara oeste de la gota. El anticiclón del centro del bloqueo centrado sobre las Islas Británicas da allí tiempo despejado. (24 de abril de 1972)

C.2. Tiempo lluvioso general. Vaguadas del Jet Stream en primavera. Zona de salida de la vaguada. Tres ejemplos. Figuras 40 a 42.

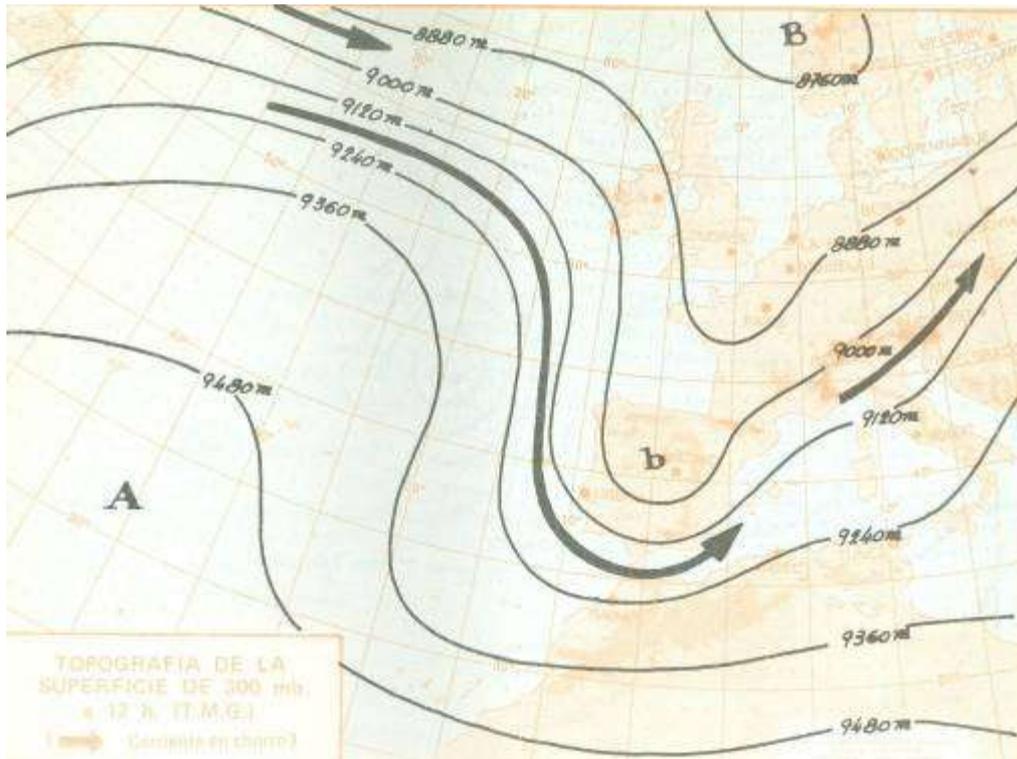


Figura 40. Vaguada del Jet sobre la península ibérica, típica de primavera. Zona de salida de la vaguada. Lluvias generales en la mitad norte del país. (9 de abril de 1972)

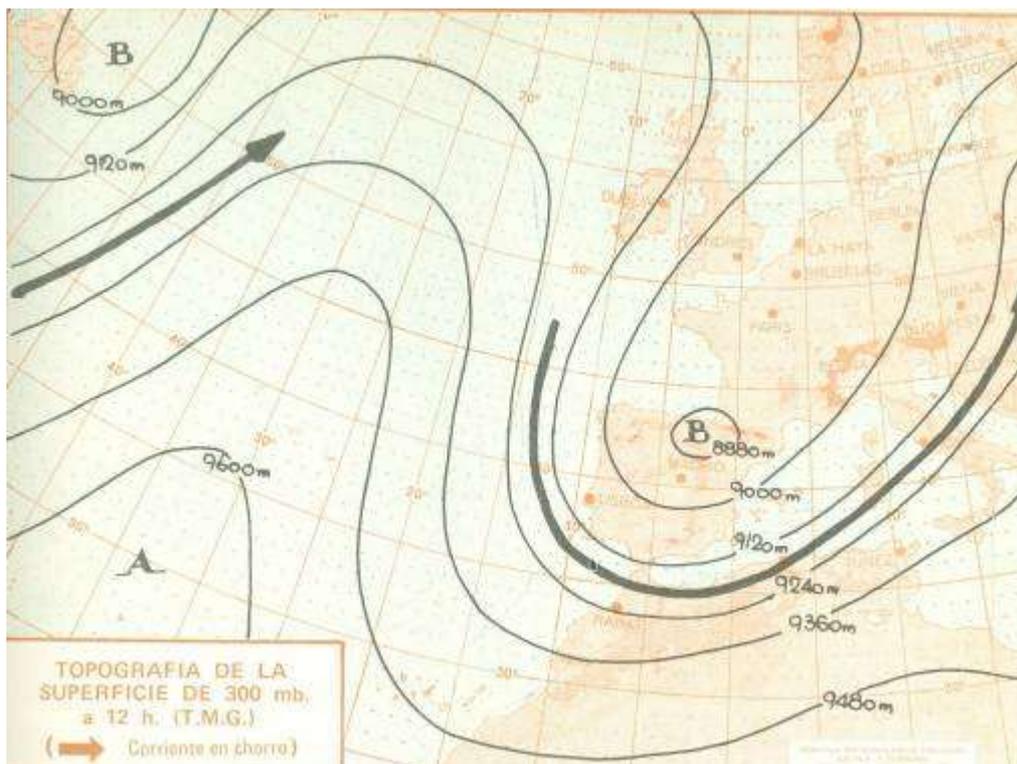


Figura 41. Situación similar a la anterior pero en el mes de mayo. Lluvia en toda la península salvo en el SW., zona de entrada de la vaguada. Descenso térmico anormal para la época: mínimas de 0° a 2° en la submeseta norte. (14 de mayo de 1972)

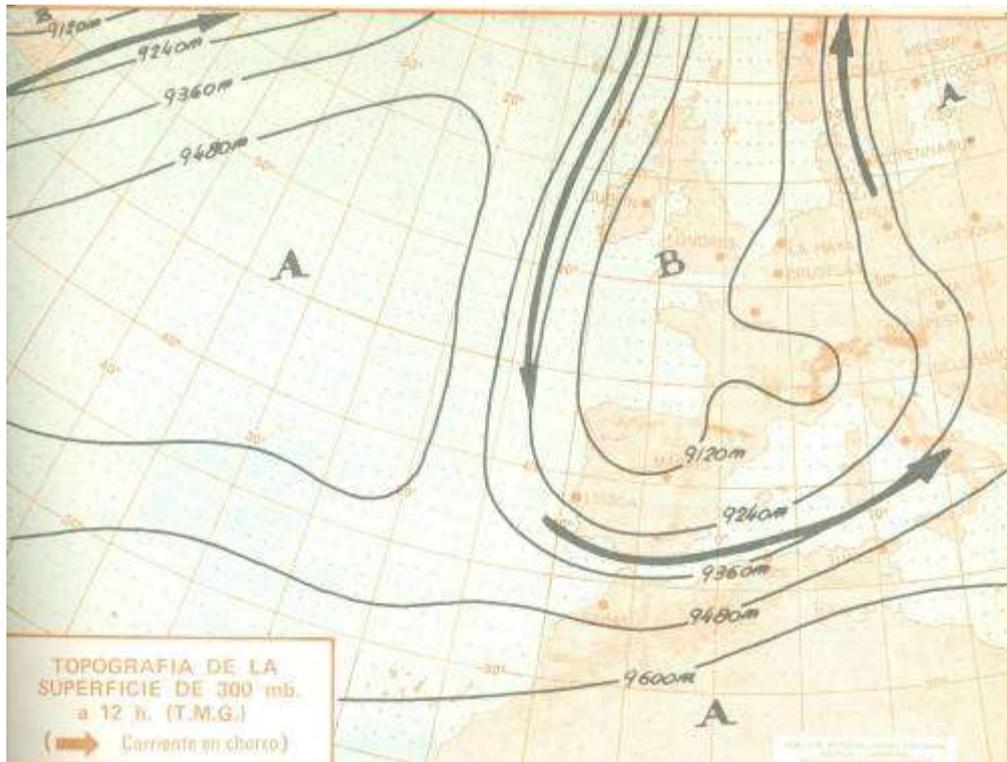


Figura 42. Situación similar pero ya muy tardía, a mediados de junio. La vaguada del JFP es muy profunda, casi ártica, y la temperatura es anormalmente baja en toda la península. Lluvias generales, salvo en el extremo más occidental, zona de entrada de la vaguada. (13 de junio de 1972)

C.3. Situaciones de frío en primavera. Zona de entrada de una vaguada del JFP con tiempo frío y despejado; o zona de salida de una vaguada ártica con mal tiempo general. Tres ejemplos. Figuras 43 a 47

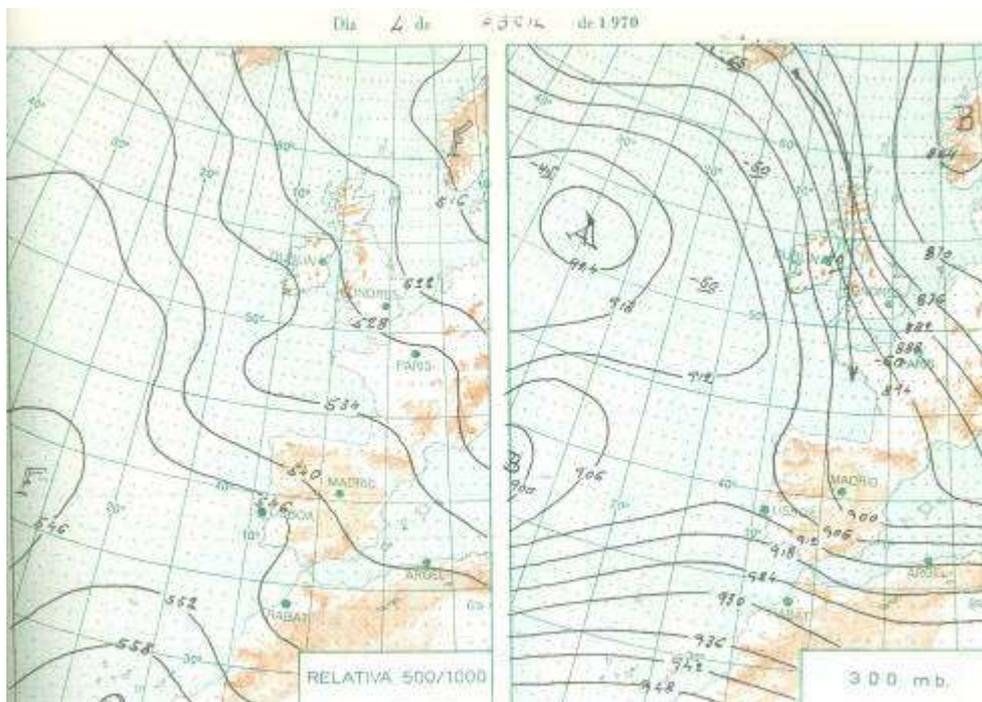


Figura 43. Zona de entrada de una vaguada del JFP muy profunda a principios de abril. Tiempo despejado pero muy frío, con heladas en todo el interior. (4 de abril de 1970)

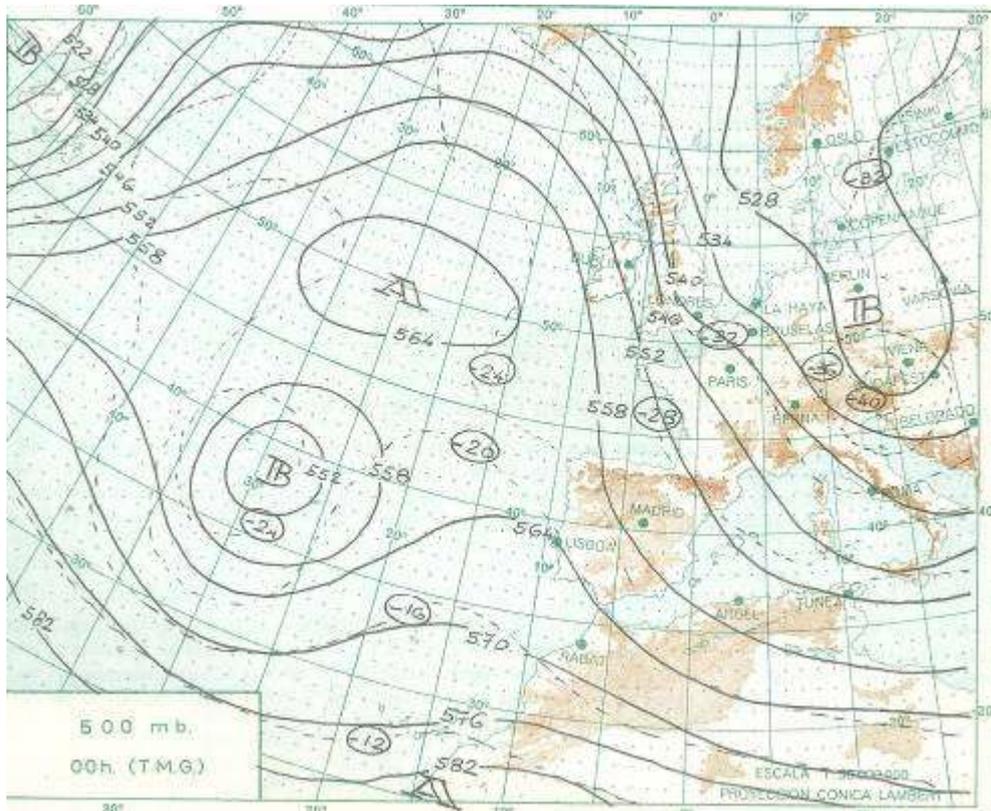


Figura 44. El mismo día en el mapa de los 500 milibares se observa al oeste un anticiclón de bloqueo con bifurcación del chorro, típica también de primavera. (4 de abril de 1970)

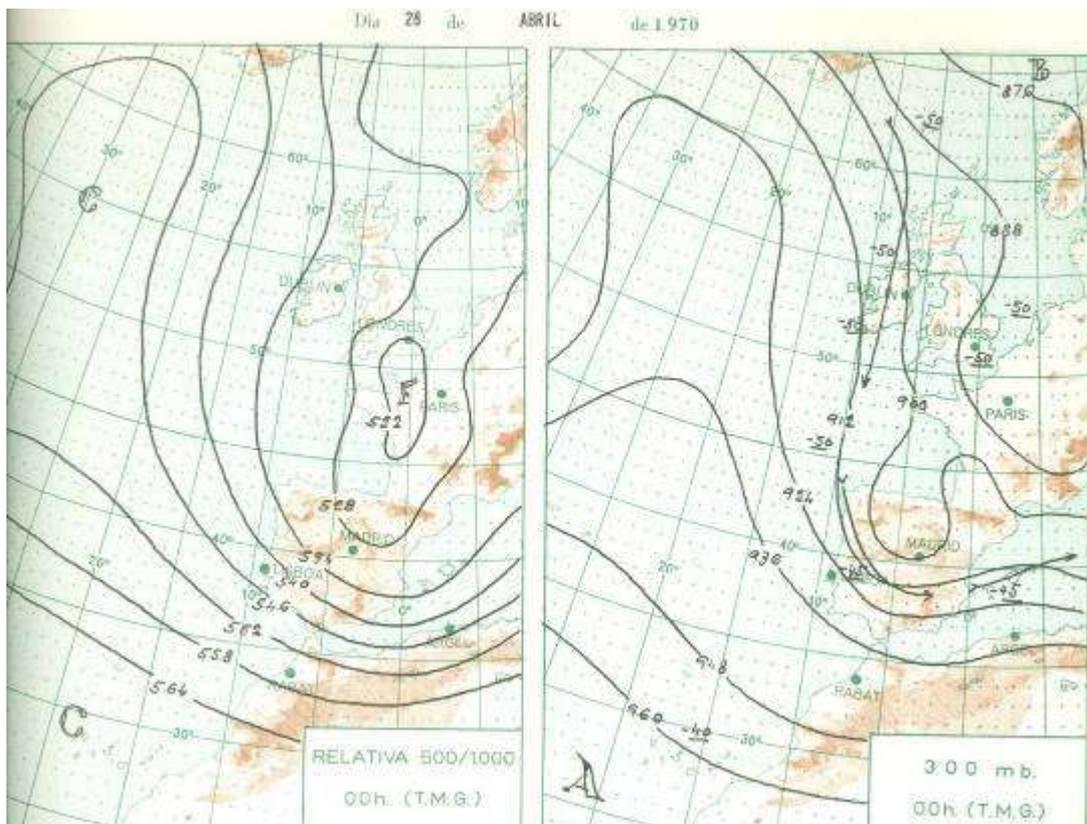


Figura 45. Situación similar a la anterior pero ya a finales de abril. Zona de entrada de una vaguada muy profunda; tiempo despejado y frío, con heladas tardías en la submeseta norte y sistema ibérico (-6° en Valladolid). (28 de abril de 1970)

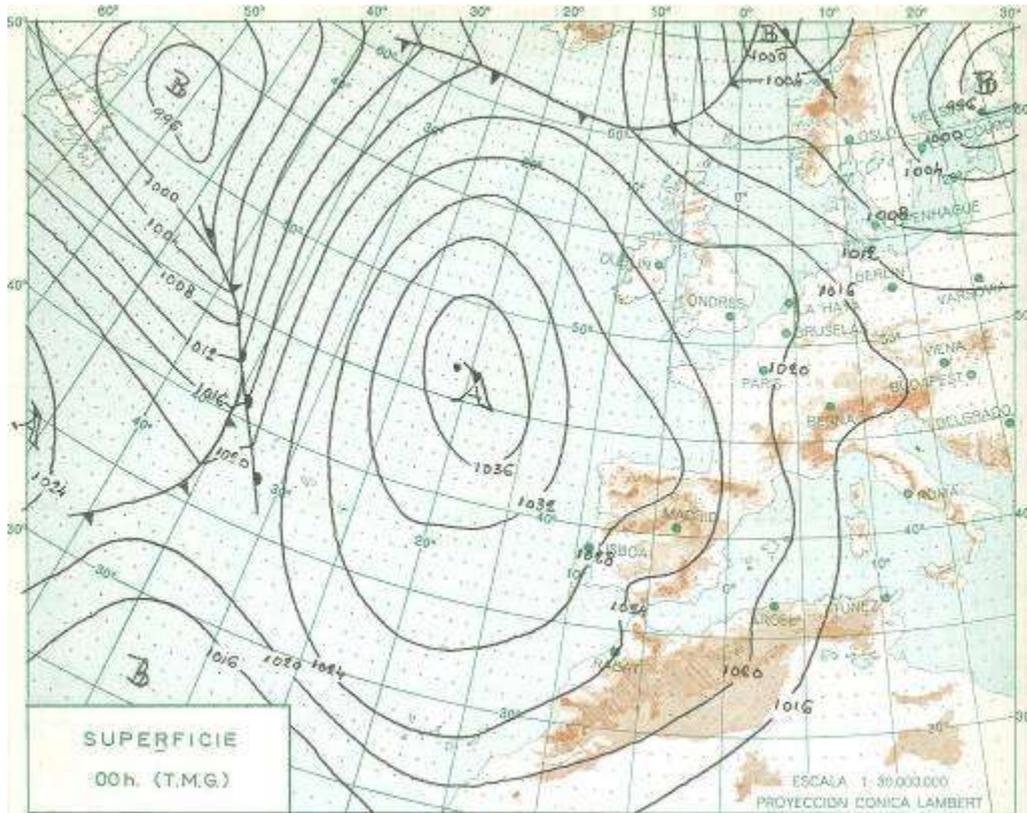


Figura 46. En el mapa de superficie de ese mismo día se observa con claridad un extenso anticiclón oceánico al NW. de la península ibérica. (28 de abril de 1970)

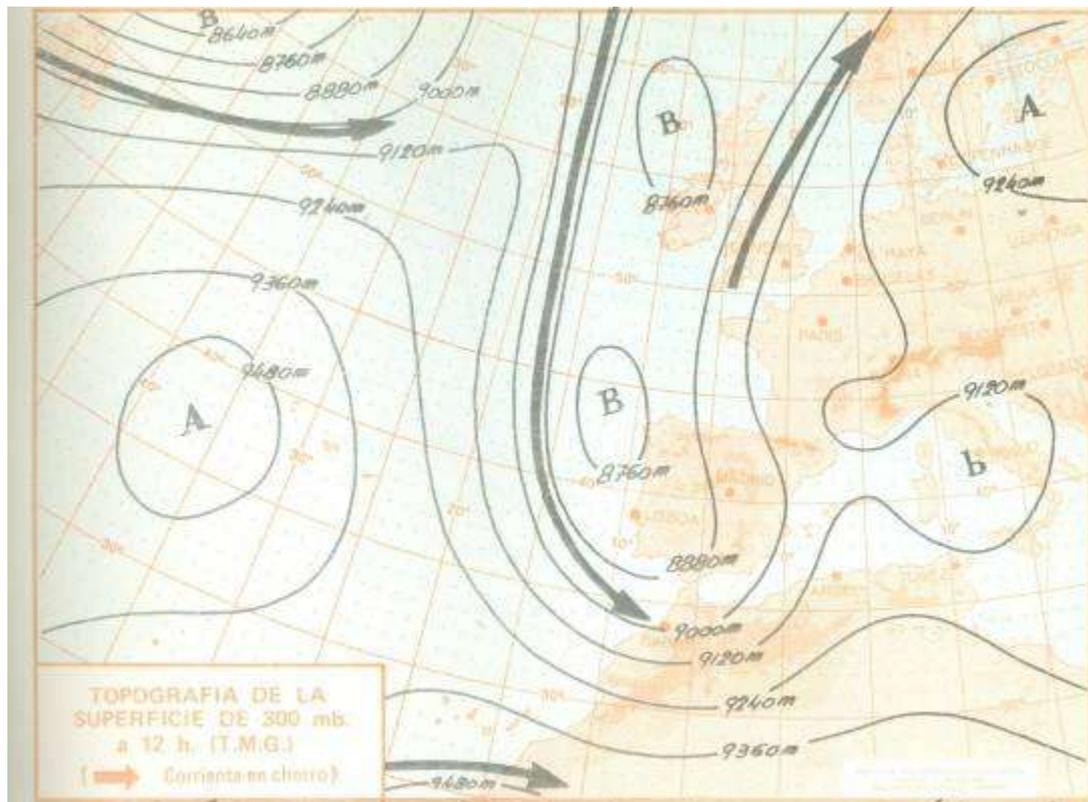


Figura 47. Vaguada ártica del Jet Stream muy estrecha y profunda con la península ibérica en la zona de salida de la vaguada. Tiempo muy frío, anormal para la época, con lluvias generales y nevadas en las cadenas montañosas. (1 de mayo de 1972)

C.4. Situaciones de buen tiempo, despejado y caluroso. Cresta del Jet Stream y las vaguadas al norte de la península ibérica. Tres ejemplos. Figuras 48 a 50.

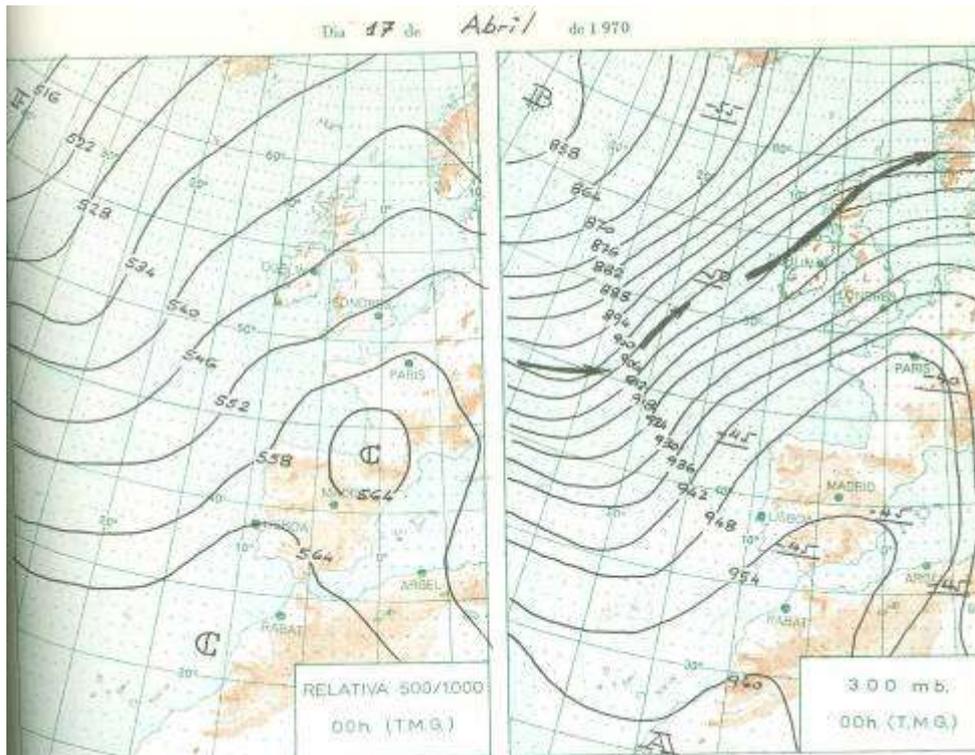


Figura 48. Cresta del JFP sobre la península en la que entra aire tropical marino del SW. Las vaguadas del JFP quedan a la latitud de las Islas Británicas, afectando a Europa occidental y Escandinavia. Tiempo despejado y cálido con temperaturas altas a mediados de abril: máximas superiores a 25° en la submeseta norte, a 28° en la submeseta sur y a 32° en Sevilla. (17 de abril de 1970)

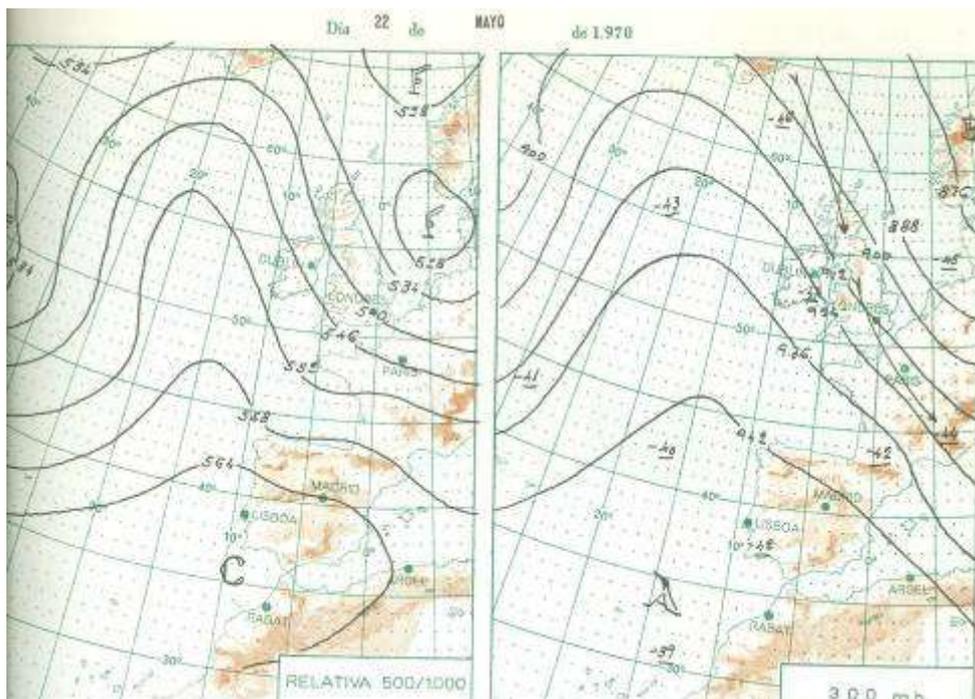


Figura 49. Situación similar a la anterior pero ya en la segunda mitad del mes de mayo. La cresta del JFP está más marcada, al oeste de la península. Tiempo despejado y cálido con temperaturas máximas altas: 29° en Madrid y superiores a 33° en Andalucía (36° en Sevilla). (22 de mayo de 1970)

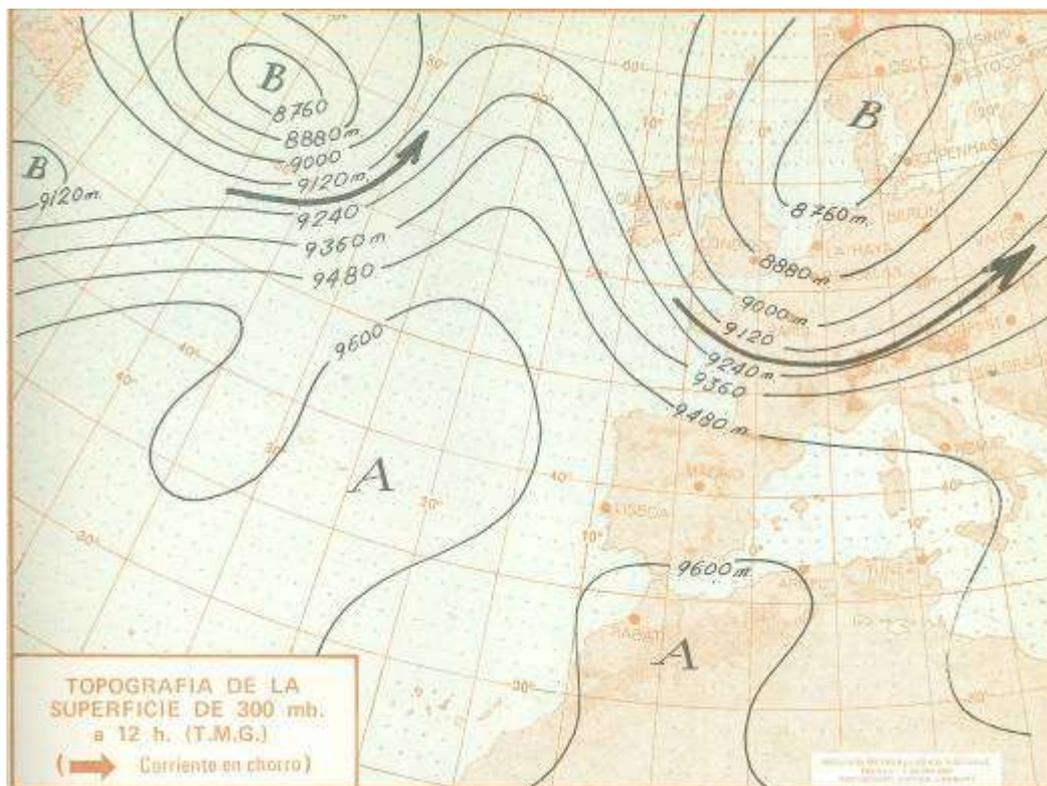


Figura 50. Situación similar a finales de mayo, pero en la que las vaguadas del Jet, muy claras sobre Europa occidental, afectan ligeramente al norte de la península produciendo algunas lluvias. El aire que entra en la península es muy cálido, sobre todo en la mitad sur porque la cresta del JFP en el norte de África canaliza aire tropical continental. La temperatura es así anormalmente alta, como indica el mapa inferior izquierdo: máximas superiores a 30° en el sur y en el centro de España. (27 de mayo de 1972)

3.4. Verano

La explicación tradicional.

El verano se caracterizaba por el asentamiento casi permanente del anticiclón de las Azores al oeste de la península ibérica. En ocasiones una cuña anticiclónica prolongaba este anticiclón sobre el territorio español. En ambos casos queda bloqueado el paso de borrascas sobre la península. La circulación anticiclónica determina un tipo de tiempo característico: cielo despejado con temperaturas altas. La irrupción de una masa de aire tropical continental, aire sahariano, supone de vez en cuando, en julio y la primera quincena de agosto, los máximos térmicos de España.

A esta situación general del verano escapaba con frecuencia el sector norte de la península, Cantábrico y Pirineos, donde las colas de los frentes fríos de las borrascas del Frente Polar, que circulan más al norte, introducen un tipo de tiempo lluvioso y templado.

La explicación por la dinámica en altura.

En la explicación actual se observa que a partir de la segunda mitad de junio, el JFP está muy alto en latitud y la península ibérica está afectada en altura por una cresta del Jet, que a medida que avanza el verano tiene una posición más oriental. Toda la península se encuentra dentro de la cresta que produce tiempo sin precipitaciones, soleado, altas temperaturas y fuerte irradiación nocturna. Esta situación dura todo el verano.

Las precipitaciones notables de verano en la zona cantábrica se explican hoy por la situación de la cresta. En efecto, cuando está muy vertical la advección sobre la península ibérica es de aire tropical continental. Pero cuando la cresta tiene una posición muy inclinada al este la advección es de aire tropical marítimo, mientras que el tropical continental sólo afecta al sur y sureste, zona de máximas temperaturas absolutas. Así, cuando la cresta tuerce hacia el este toda la zona norte queda libre de la cresta anticiclónica y es barrida por las borrascas con sus frentes fríos produciendo lluvias en la costa cantábrica; por un efecto fohen, las precipitaciones no pasan a la meseta, aunque sí las masas de aire polares que producen esos días fríos en el verano del norte de la submeseta norte; esto determina su menor temperatura media del mes más cálido (22°), que llevó a clasificar su clima en la nomenclatura de Koeppen con un especial *Csb*.

Las tormentas estivales no se explican hoy sólo por fenómenos de carácter termoconvectivo, que sin duda son causantes de algunas de ellas. Intervienen los frentes fríos citados, pero también gotas frías, y la llamada convergencia dinámica, señalada por Lines Escardó: en torno a la cuña anticiclónica situada sobre la península ibérica se produciría en altura una convergencia entre corrientes de aire del NE. y otras del SW., originando las precipitaciones tormentosas en el Sistema Central y el Sistema Ibérico.

De mayo a septiembre el aire polar con curvatura ciclónica no penetra más que en altitud y muy episódicamente. Ciertamente, la rareza misma de las incursiones engendra una fuerte inestabilidad por efecto mecánico y termodinámico. Las manifestaciones tempestuosas, - grandes cúmulos, cumulo nimbos, cielo caótico, precipitaciones muy intensas y de escasa duración- se desencadenan cuando la curvatura es ciclónica y a 500 milibares se produce la transgresión de la isoterma de -20° hacia el sur.

Ejemplos de tipos de tiempo en España en verano en relación con la dinámica en altura

D.1. Tiempo despejado y caluroso. Cresta del JFP sobre la península. Es la situación más normal del verano. Cuatro ejemplos. Figuras 51 a 56.

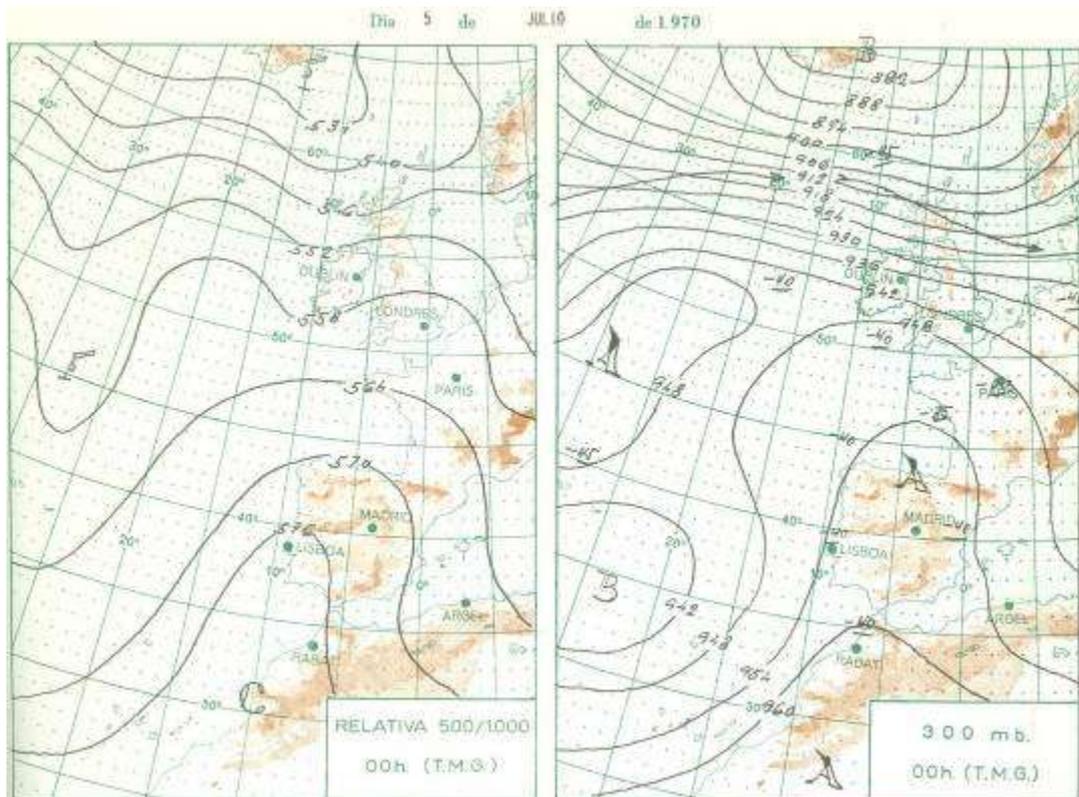


Figura 51. La cresta del JFP está claramente vertical sobre la península y canaliza una invasión de aire tropical continental muy cálida, tiempo despejado y muy caluroso. Ola de calor relativamente temprana (primeros de julio). Temperaturas máximas superiores a 32° en toda España, salvo en la costa cantábrica y mediterránea. (5 de julio de 1970)

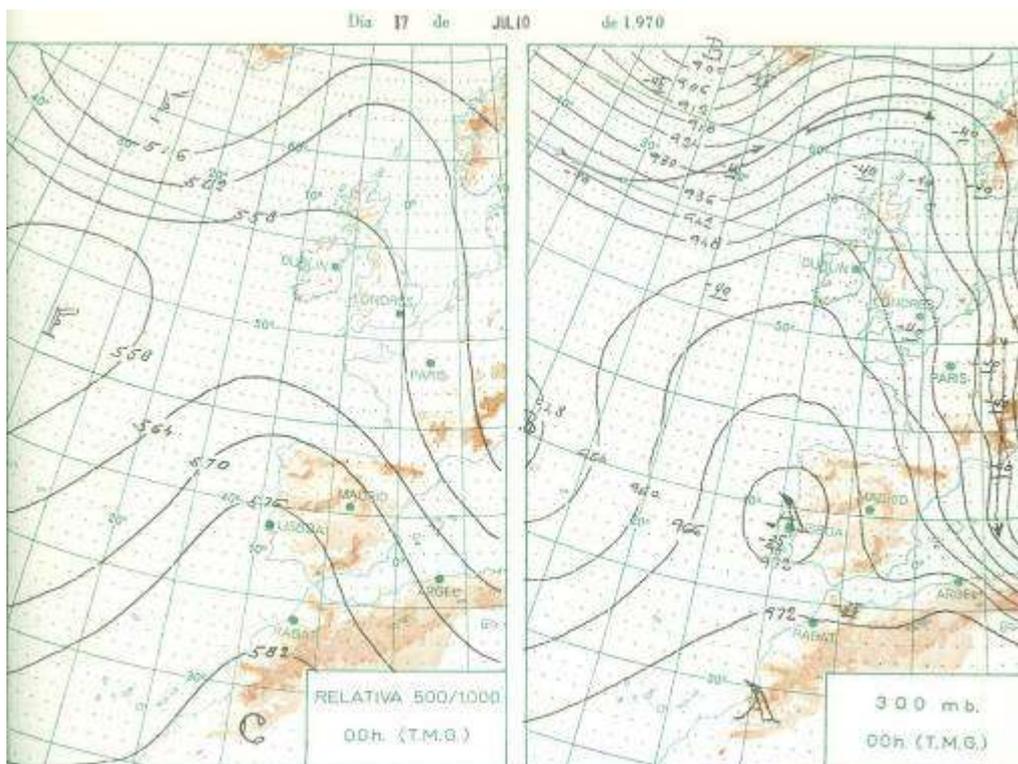


Figura 52. La cresta del JFP está algo desplazada al oeste y la entrada de aire a la península ibérica es tropical marino. Tiempo despejado y caluroso, pero con temperaturas no excesivas: máxima de 29° en Madrid; sólo en la mitad meridional se superan los 30°. (17 de julio de 1970)

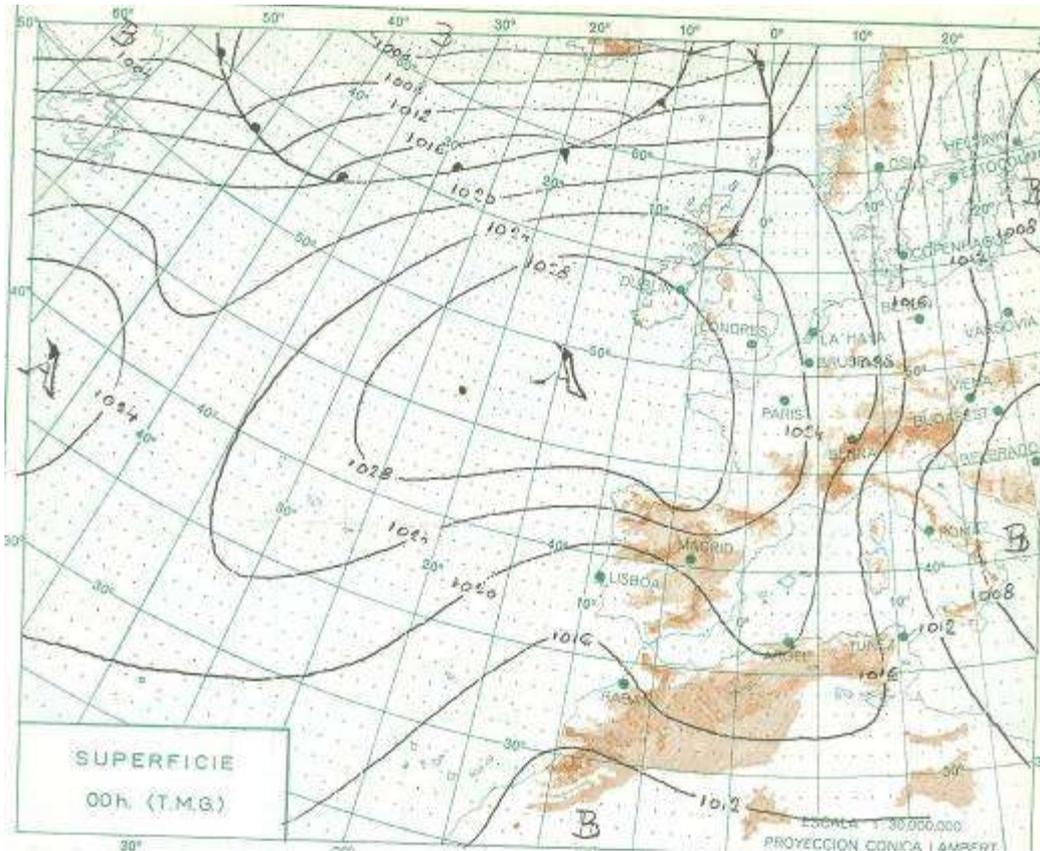


Figura 53. El mapa de superficie de ese mismo día muestra el dominio claro de una situación anticiclónica y las borrascas quedan muy al norte. (17 de julio de 1970)

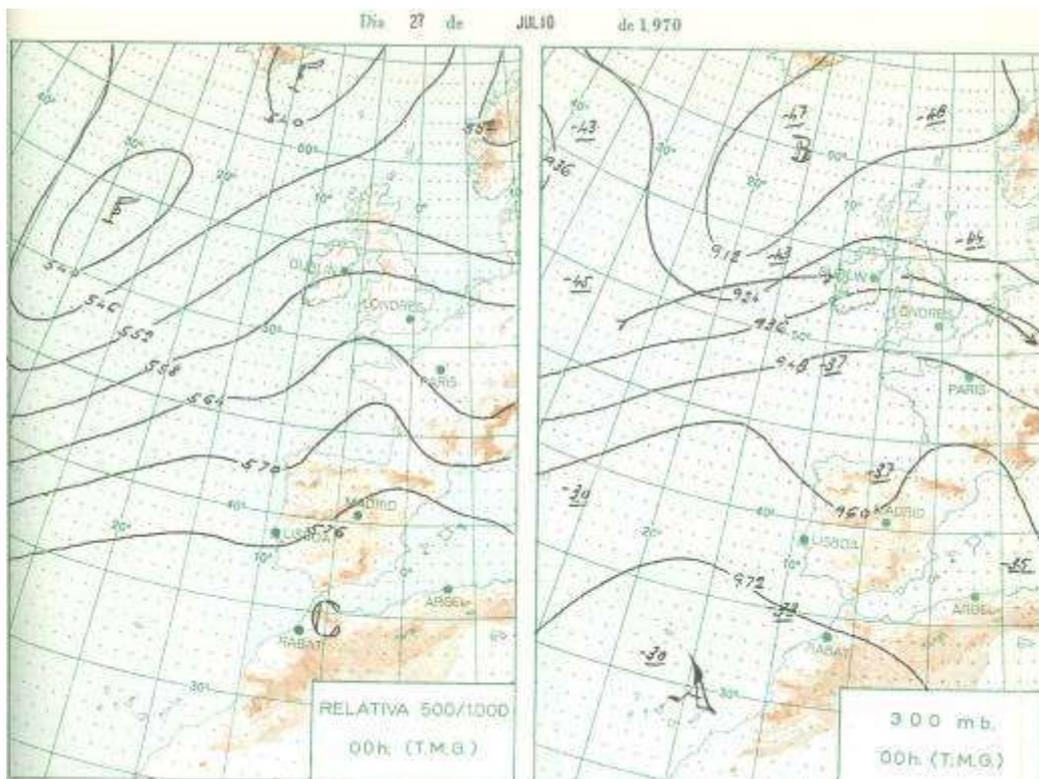


Figura 54. Situación similar de pleno verano. El JFP no ofrece aquí ondulaciones notables. Tiempo despejado y muy caluroso; temperaturas máximas superiores a 34° en todo el interior. (27 de julio de 1970)

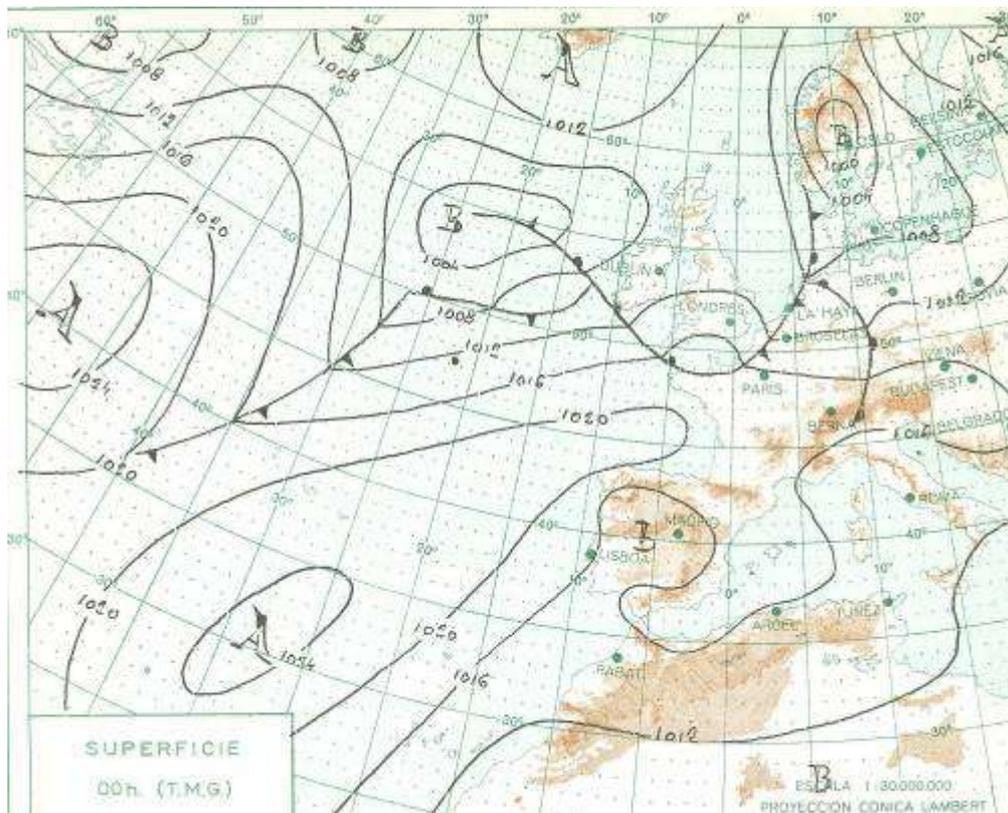


Figura 55. El mapa de superficie de ese mismo día muestra una baja térmica sobre la península, inexistente en altura, debido al fuerte caldeoamiento del suelo; pero su influencia es nula dada la cresta del Jet en altura y no hay precipitaciones tormentosas destacables. (27 de julio de 1970)

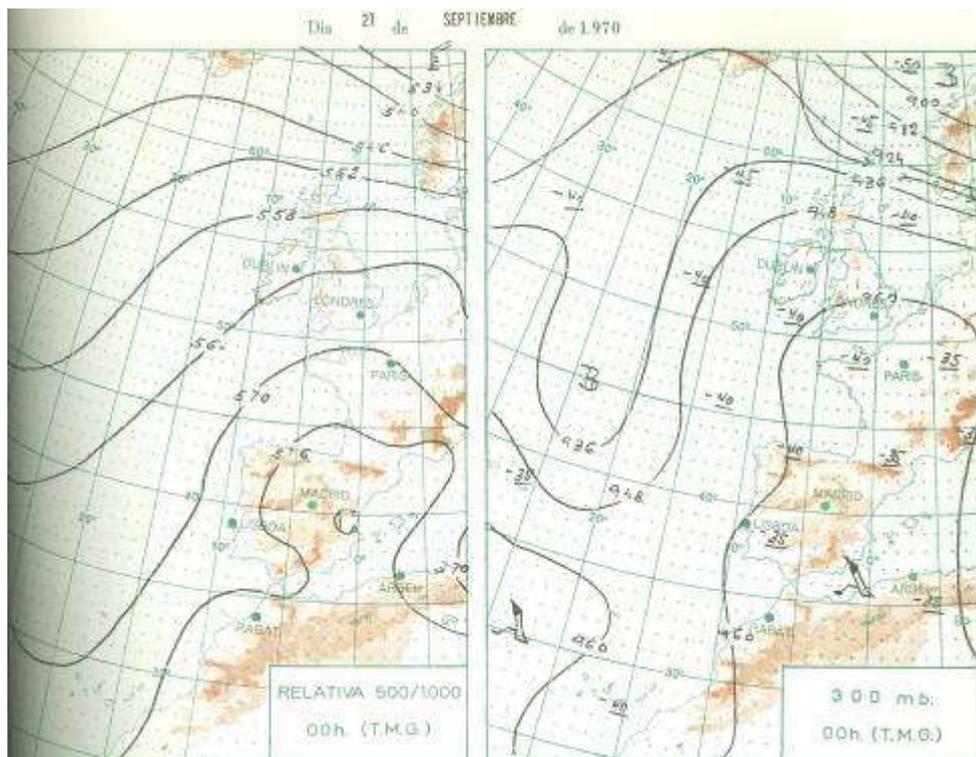


Figura 56. Ola de calor muy tardía (finales de septiembre). La cresta del JFP canaliza sobre la península ibérica aire tropical continental. Tiempo despejado con temperaturas muy altas para la fecha, incluso en Galicia (38° en Pontevedra) y costa cantábrica (31° en Bilbao). (21 de septiembre de 1970)

D.2. Precipitaciones en el norte de la península ibérica. Desplazamiento de la cresta del Jet Stream al E. o NE. Tres Ejemplos. Figuras 57 a 59.

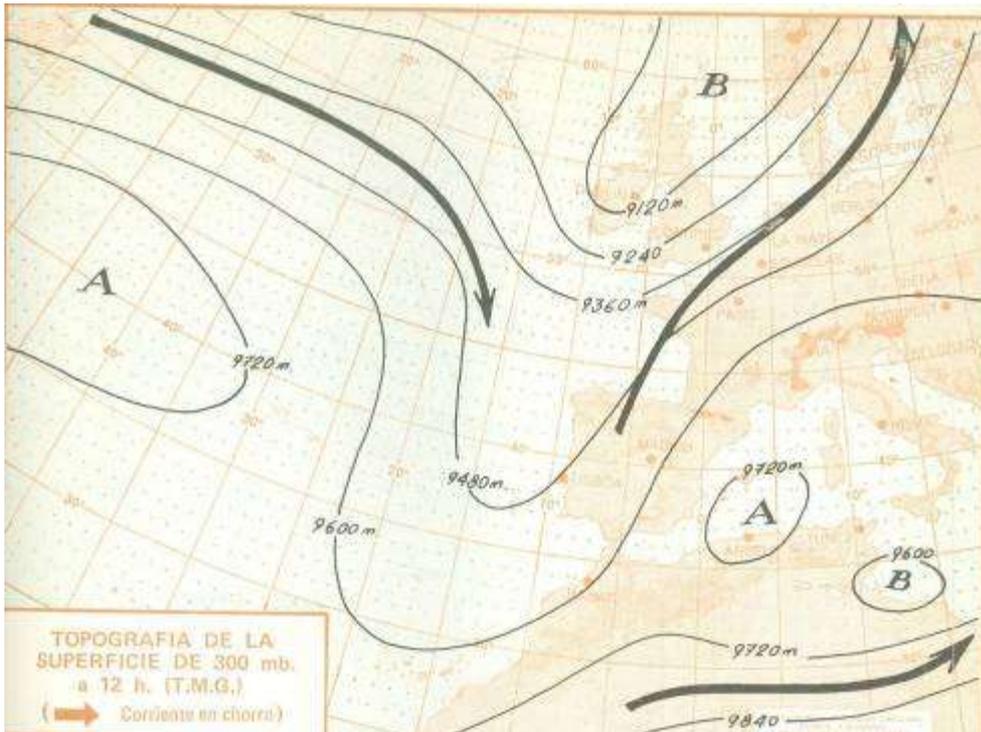


Figura 57. El desplazamiento de la cresta del JFP hacia el E.-NE. deja a la mitad norte de la península ibérica afectada por una vaguada del Jet en su zona de salida. Lluvias de verano en zona cantábrica y tiempo despejado en el resto del país. (10 de agosto de 1972)

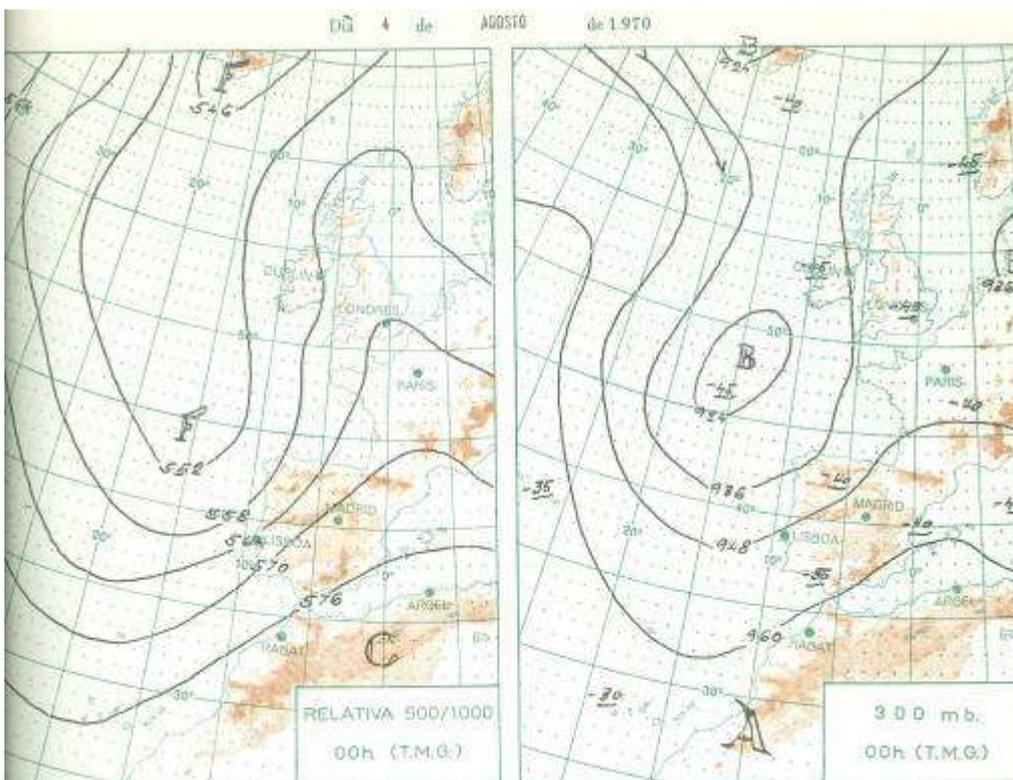


Figura 58. La cresta del JFP se ha desplazado hacia el este y una vaguada muy profunda afecta en su zona de salida al N. de la península. Lluvias en la costa cantábrica, Galicia y zona norte de la cuenca del Duero; tormentas intensas en San Sebastián y Bilbao. Tiempo despejado y caluroso en la mitad sur de España. (4 de agosto de 1970)

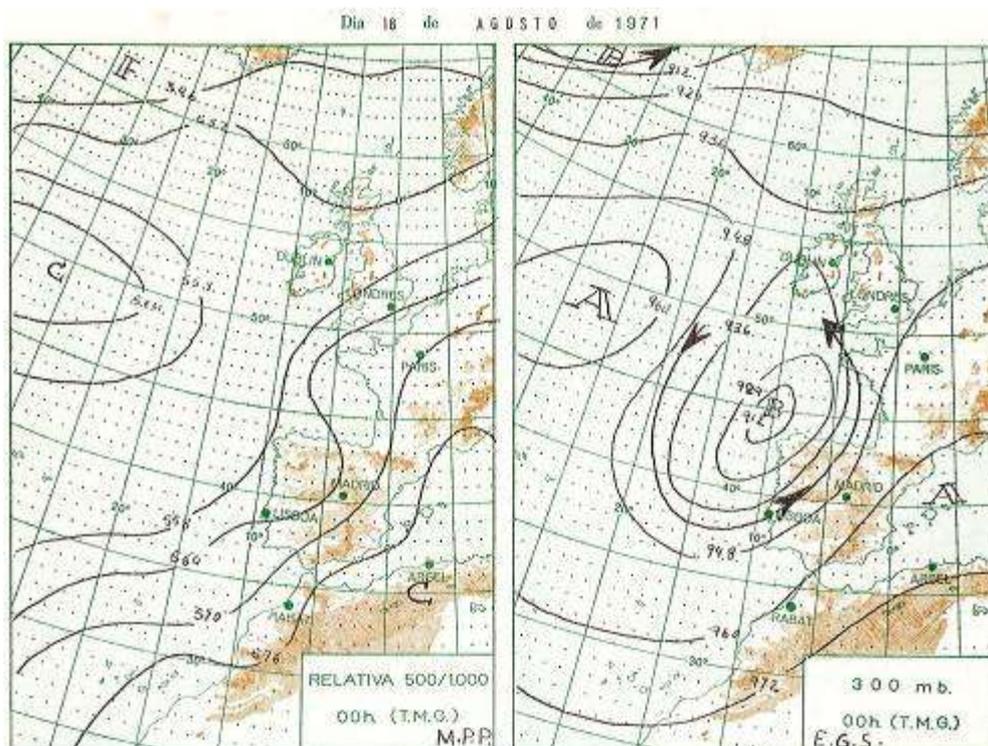


Figura 59. Una gota fría centrada al NW. de Galicia produce lluvias y tormentas en el N. de la península, afectado por la cara oriental de la gota. El desplazamiento de la cresta del JFP hacia el este ha favorecido también aquí esta situación. (18 de agosto de 1971)

D.3. Tormentas estivales, dispersas o generales. Gotas frías de verano. Dos ejemplos. Figuras 60 y 61.

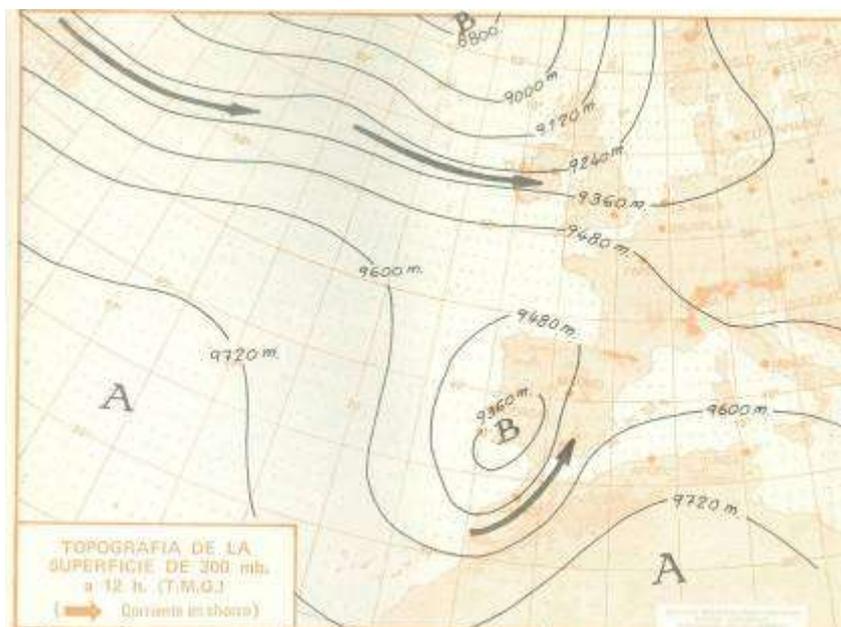


Figura 60. Una gota fría centrada al SW. de la península ibérica explica una situación estival de tormentas dispersas por toda España, afectada por la cara oriental de la gota fría. En superficie aparece la llamada baja térmica; pero es evidente que las tormentas se deben a la situación en altura; más aún las temperaturas son anormalmente bajas en la mitad sur de la península (26° de máxima en Sevilla). (7 de julio de 1972)

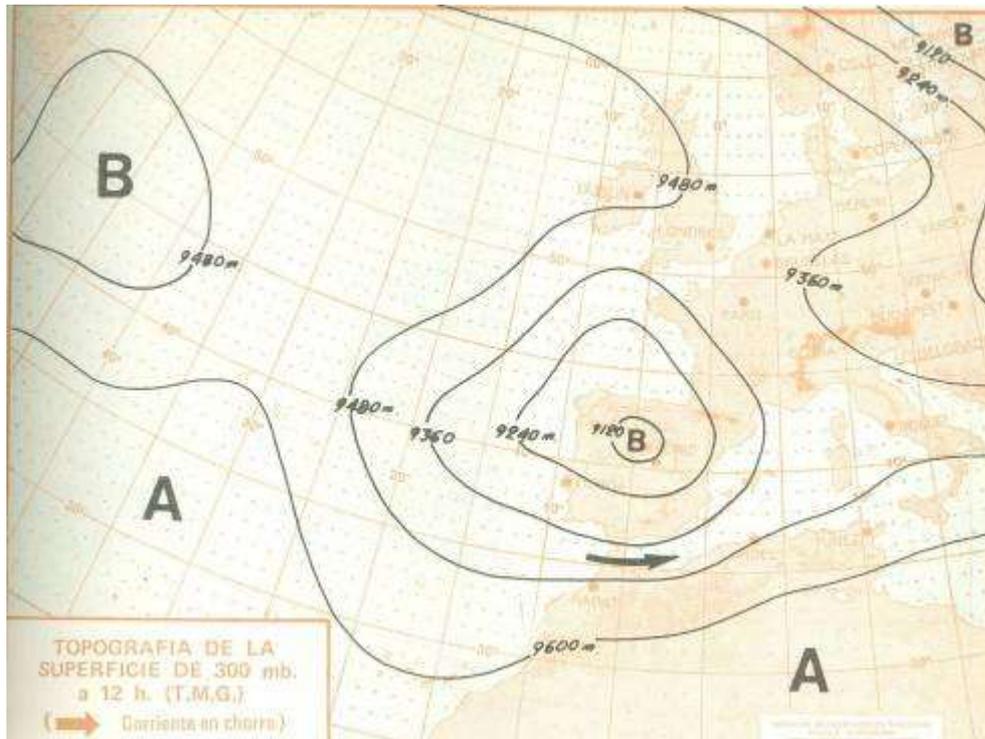


Figura 61. Fuertes tormentas estivales, ligadas también a una gota fría centrada en la península ibérica. Las precipitaciones son muy intensas en la mitad oriental, afectada por la cara este de la gota fría, destacando 94 mm. en Barcelona y Gerona. Temperaturas anormalmente bajas. (4 de septiembre de 1972)

Bibliografía

- ALBERO, V. (1968): "Las heladas en la zona naranjera de Levante". *Memorias del Servicio Meteorológico Nacional*, nº 46.
- ASTAPENKO, P.D. (1964): Atmospheric processes in the high latitudes of the southern hemisphere. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem Post Press, 286 pp.
- BIROT, P. (1956): "Evolution des théories de la circulation atmosphérique générale". *Annales de Géographie*, nº 65, pp. 81- 97.
- BLÜTHGEN, J. (1964): Allgemeine Klimageographie. Berlín, Walter de Gruyter, 595 pp.
- BRICARD, J. (1971): "Les formations nuageuses" en Géophysique (Encyclopédie de la Pléiade), París, Gallimard, pp. 635-649.
- CASTANYS, M. (1954): "Ondas estacionarias sobre España". *Memorias del Servicio Meteorológico Nacional*, nº 23.
- CENTRO METEOROLÓGICO DE LEVANTE (1968): "Memoria sobre el desarrollo de las campañas de predicción de heladas correspondientes los inviernos 1965-66, 1966-67, 1967-68". *Memorias del Servicio Meteorológico Nacional*, nº 49.
- CROWE, P.R. (1971): Concepts in climatology. London, Longman, 589 pp.

- DESSENS, H. (1971): “Microphysique des nuages” en Géophysique (Encyclopédie de la Pléiade), París, Gallimard, pp. 650-708.
- FRITZ, S., JOHNSON, A.W., OLIVER, V.J. and PYLE, R.L. (1965): Synoptique use of meteorological Data and Prospects for the Futur. N.W.S.C., Washington.
- JANSA, J.M. (1951): “Previsión del tiempo en el Mediterráneo Occidental”. *Revista de Geofísica*, nº 39, pp. 234-250.
- JANSA, J.M. (1963): “La corriente en chorro mediterránea”. *Saitabi*, XIII, pp. 87-104.
- JAÚREGUI, E. (1969): “Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera”. *Boletín del Instituto de Geografía de México*, vol. II, nº 50, pp. 209-236.
- LINES ESCARDÓ, A. (1956 a 1964) “Nota acerca de los temporales que afectaron a la Península Ibérica”. *Revista de Geofísica*, nº 58 a 92.
- LORENTE, J.M. (1960) “Los problemas de la pluviometría en España”. *Revista de Geofísica*, XIX, 171-181.
- MATEO, P. (1965): “Distribución de las frecuencias de las cantidades de precipitación en el Norte de España. Persistencia de los días de precipitación en Gijón”. *Memorias del Servicio Meteorológico Nacional*, nº 39-40.
- MINISTERIO DEL AIRE: *Boletín Diario del Servicio Meteorológico Nacional*. Años 1965 a 1972.
- NEUBERGER, H. and CAHIR, J. (1969): Principles of climatology. New York, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 178 pp.
- NICOLET, M. (1971): “L’aéronomie” en Geophysique (Encyclopédie de la Pléiade), París, Gallimard, pp. 447-553.
- QUENEY, Paul (1971): “Les mouvements de l’atmosphère” en Geophysique (Encyclopédie de la Pléiade), París, Gallimard, pp.554-633.
- REITER, E.R. (1963): Jet Stream Meteorology. University of Chicago Press, Chicago y Londres, 515 pp. (Traducción de la edición alemana: *Meteorologie der Strahlstrome*, Viena, 1961).
- RIEHL, H. (1965): Introduction to the Atmosphere. Tokyo, Mc. Graw-Hill, Kogakusha, 359 pp.
- RIEHL, H. (1954): The Jet stream. Meteorological monographs, American meteorological society. 2, 7, 100 pp.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (1968): “Guía resumida del tiempo en España”. *Serie Estadística*, nº 28
- SUTCLIFFE, R.C. (1966): Weather and climate. London, Weidenfeld and Nicholson, 206 pp.
- TASSON, A. (1961): “Caractères généraux de la circulation atmospherique jusqu’a 35 km d’altitude”. *La Météorologie*, 61, pp. 237-259.

THOMPSON, P.D. (1961): Numerical weather analysis and prediction. New York, The Mac Millan Company.

ZIMMERSCHIED, W. y BAUR, F. (1949): I.- Acerca de las situaciones típicas del tiempo en la Península Ibérica. II.- Acerca de la selección entre las cantidades de precipitaciones en la Península Ibérica y la crudeza del invierno en la Europa Central. II.- Situaciones generales meteorológicas en Europa. Ministerio del Aire, Servicio Meteorológico Nacional, Madrid, 55 pp.