

TIPOS DE TIEMPO ASOCIADOS CON ALTOS NIVELES DE CONTAMINACION EN SALAMANCA

Fidalgo, M. R., y Garmendia, J.

Resumen

En este trabajo hemos establecido los tipos de tiempo que aparecen con mayor frecuencia asociados a altos niveles de contaminación para un período de 4 años (1978-1982).

Los contaminantes analizados fueron el dióxido de azufre y la materia en suspensión (caracterizada como humos).

Una vez estudiados los mapas sinópticos de superficie y altura (500 hPa) se establecieron tres tipos de tiempo para el SO₂ y cuatro para los humos. Considerando ambos contaminantes, han predominado sobre todo dos de ellos: 1) Altas presiones sobre el Atlántico y Europa y 2) Anticiclón centroeuropeo.

Summary

In this paper, we have established the weather types that were more frequently associated with high air pollution levels over 4 years period (1978-1982).

The pollutants analyzed were sulphur dioxide and suspended particulate matter (characterized as smoke).

After the study of synoptic surface and high (500 hPa) maps we established 3 weather types for SO₂ and 4 for smoke. For both pollutants, 2 types showed their predominance: 1) High pressures over the Atlantic and Europe and 2) Anticyclone in central Europe.

Introducción

En el estudio de la contaminación atmosférica es importante conocer la influencia que ejer-

cen los distintos factores meteorológicos sobre las concentraciones ambientales de los contaminantes. Su importancia radica en el hecho de determinar el transporte y la dilución de dichas sustancias.

Sin embargo, la cuantificación estricta de esta relación conlleva una serie de dificultades al tener que considerar por una parte un elevado número de factores meteorológicos y por otra la interrelación existente entre ellos, lo que hace más difícil evaluar su influencia individual.

Los efectos nocivos que puede provocar un contaminante dependen no sólo de las elevadas concentraciones ambientales registradas determinados días, sino que suele ser más perjudicial la exposición a concentraciones menores que persisten o se repiten durante períodos de tiempo más largos.

A ello contribuyen en gran manera las situaciones meteorológicas observadas durante esos períodos, que suelen coincidir con situaciones anticiclónicas, inversiones de temperatura, etc.

Siguiendo con nuestro estudio sobre la contaminación atmosférica en Salamanca, reflejado en trabajos anteriores (1) nuestro objetivo es considerar de algún modo la influencia que ejercen sobre ella el conjunto de los distintos factores meteorológicos con ayuda de los mapas sinópticos.

Con este fin hemos realizado una clasificación de los tipos que con mayor frecuencia aparecen asociados a situaciones que podemos considerar de alta contaminación atmosférica en relación a los valores registrados usualmente en nuestra ciudad. De esta forma podemos observar si existe algún o algunos factores meteorológicos comunes para situaciones semejantes y así poder predecir en cierto modo posibles "episodios de contaminación".

1. Departamento de Física del Aire.
2. Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca.

Parte experimental

Los contaminantes analizados han sido el dióxido de azufre y la materia en suspensión (caracterizada como humus). La recogida diaria de muestras así como la determinación cuantitativa de ambos contaminantes se ha llevado a cabo siguiendo las normas BS - 1747 (2).

El SO_2 se determinó por el método del peróxido de hidrógeno y los humos por reflectometría. El período muestreado abarca 4 años (1978-1982). La elección de estos contaminantes se debe a que su concentración y evolución es orientativa de otros contaminantes que se emiten, de ahí que se les denomine —contaminantes índice.

La situación del punto de muestreo es importante en nuestro estudio ya que está situado en la Facultad de Ciencias, en una zona límite entre la de mayor y menor densidad de población de la ciudad. Además, teniendo en cuenta los cuadrantes del viento predominantes —1.º y 3.º— van a representar, para nosotros, vientos procedentes del sector contaminado y procedentes del sector limpio respectivamente.

Por otra parte, los mapas sinópticos analizados corresponden a los publicados diariamente en el Boletín del Instituto Nacional de Meteorología (antes Servicio Meteorológico Nacional). Se utilizaron el mapa de superficie y el correspondiente a 500 hPa.

Relaciones contaminación-situaciones meteorológicas

En primer lugar hicimos un estudio generalizado observando las características meteorológicas comunes que poseen aquellos días en los que se superan sensiblemente las medias anuales alcanzadas durante los cuatro años. Corresponden a concentraciones de SO_2 superiores a $40 \mu\text{g m}^{-3}$, y para los humos superiores a $57,4 \mu\text{g m}^{-3}$. Téngase en cuenta que los valores alcanzados en Salamanca son bajos comparados con los de otras ciudades más industrializadas.

Para cada uno de estos días estudiamos el

mapa sinóptico a nivel del suelo complementado por su correspondiente en altura 500 hPa.

De este primer estudio podemos deducir que:

1. Las concentraciones más elevadas de los contaminantes se corresponden con situaciones anticiclónicas y vientos flojos del 1.º y 2.º cuadrantes (sector contaminado). Esta misma situación puede darse con baja presión y una alta relativa cuyo efecto es análogo al de las altas presiones.

Sin embargo, estas condiciones no se cumplen si los vientos son fuertes o cuando existen frentes, lo que hace disminuir la contaminación.

2. En situaciones anticiclónicas soplando vientos del 3.º cuadrante (sector limpio) fuertes o flojos, las concentraciones de contaminantes son generalmente bajas.

3. Las nieblas, unas veces aumentan y otras disminuyen la contaminación, por lo que no parece tener una influencia definida, como tampoco la presentan los días sucesivos de niebla.

4. La precipitación, en general, suele disminuir la contaminación respecto al día anterior al que se registra. Si bien este hidrometeoro requiere un estudio aparte, considerando las concentraciones de los días precedentes, así como el efecto de lavado que provoca.

Tipos de tiempo asociados a los contaminantes índice

Diversos autores han realizado clasificaciones de las situaciones meteorológicas para la Península Ibérica (3) (4) y alguno en relación con la contaminación atmosférica (5), (6) y (7).

Ninguna de ellas puede considerarse excluyente, aunque en ocasiones coinciden en algún tipo pero no dejan de ser métodos subjetivos por la dificultad que conlleva proponer un número limitado de tipos de tiempo. Esta dificultad radica en que las situaciones meteorológicas evolucionan de unas a otras pasando por estados intermedios y dada la complejidad de la propia circulación general de la atmósfera es prácticamente imposible que un mismo tipo de tiempo se repita exactamente.

Nosotros nos hemos basado en la clasificación

de los tipos de tiempo para la Península Ibérica propuesta por Font.

Según definición de la OMM por *tipo de tiempo* se entiende la distribución particular de los sistemas de presión y de las masas de aire sobre una región geográfica especificada, asociados con típicas características generales del tiempo atmosférico.

Font estableció 23 tipos de tiempo, de forma que se correspondiesen con situaciones meteorológicas que al menos durante tres días mantuviesen sus rasgos generales.

A la hora de establecer los tipos de tiempo nos vamos a centrar únicamente en aquellos días cuyas concentraciones de contaminantes pueden considerarse altas respecto de los valores alcanzados en Salamanca a lo largo del período de estudio.

Como concentraciones de referencia se tomaron $130 \mu\text{g m}^{-3}$ para los humos (concentración media anual permitida) y $80 \mu\text{g m}^{-3}$ para el SO_2 , ya que sus concentraciones fueron siempre inferiores a las de los humos y la media anual únicamente se superó un día (15 de noviembre de 1978 con una concentración de dióxido de azufre de $168 \mu\text{g m}^{-3}$).

Según la actual legislación vigente Real Decreto 1613/1985 de 1 de agosto modificada parcialmente por el Real Decreto 1154/1986 de 11 de abril, estas concentraciones se corresponderían con el valor límite de los humos para el período 1 octubre-31 marzo y con el valor límite anual de SO_2 asociado a una concentración de partículas en suspensión superior a $40 \mu\text{g m}^{-3}$.

Posteriormente examinamos los mapas sinópticos de superficie y de altura (500 hPa) para los días indicados y comparándolos con los tipos de tiempo propuestos por Font le asignamos su número (del 1 al 23) correspondiente. En algún caso fue necesario asignarle dos o tres números por ser estados de transición y no pertenecer de forma definida a ningún tipo concreto.

Tipos de tiempo asociados al SO_2

Para altas concentraciones de este contaminante los tipos de tiempo obtenidos con mayor frecuencia han sido:

Tipo 9. Altas presiones sobre el Atlántico y Europa (predomina en un 35 por ciento)

Tipo 11. Anticiclón centroeuropeo (15 por ciento)

Tipo 16. Anticiclón británico-escandinavo (10 por ciento)

En las figuras 1, 2 y 3 mostramos un ejemplo de los mapas meteorológicos

correspondientes a los tipos de tiempo mencionados. Los mapas de superficie y altura pertenecen a las 00,00 h (TMG) y en algún caso a las 12,00 h (TMG). En ellos hemos señalado la posición de Salamanca (latitud = $40^\circ 58'N$; longitud = $5^\circ 40'$; altitud = 800 m) mediante un aspa y las siglas SA. Obsérvese que las isobaras aún están marcadas en mb y no en hPa como corresponde al S.I. Reseñamos también las concentraciones medidas.

A continuación comentamos algunas características particulares de cada tipo de tiempo señalado por Font.

Tipo 9: Altas presiones sobre el Atlántico y Europa.

El anticiclón de las Azores se desplaza al W y las altas presiones dominan gran parte de Europa y el Mediterráneo. Esta situación sigue manteniéndose en altura, por lo que la Península permanece bajo la influencia de un anticiclón. Da lugar a una gran estabilidad, disminuyendo el movimiento vertical del aire, ocasionando a veces inversiones de temperatura (causantes de la mayoría de los episodios graves de contaminación).

Tipo 11: Anticiclón centroeuropeo.

Este tipo se caracteriza por la existencia de un anticiclón europeo y una depresión en el Atlántico, tanto en superficie como en altura. Tiene lugar generalmente en el invierno. Suele ocasionar lluvias en la cuenca del Guadalquivir, predominando por el contrario el tiempo seco y caluroso en el cuadrante suroriental.

Tipo 16: Anticiclón británico-escandinavo.

Tanto en superficie como en altura es característica la presencia de un anticiclón sobre las Islas Británicas y Escandinavia y una depresión fría sobre el Mediterráneo. Esta situación es más frecuente en el período de noviembre a marzo.

Tipos de tiempo asociados a los humos

Las altas concentraciones de humos se obtuvieron generalmente bajo el predominio de las situaciones meteorológicas correspondientes a:

Tipo 11: Anticiclón centroeuropeo (predominante en un 27 por ciento).

Tipo 9: Altas presiones sobre el Atlántico y Europa (25 por ciento).

Tipo 4: Anticiclón peninsular (14 por ciento).

Tipo 16: Anticiclón británico-escandinavo (9 por ciento).

Las figuras 4, 5, 6 y 7 muestran un ejemplo de cada uno de estos tipos de tiempo.

El único diferente de los ya visto para el SO₂ es el tipo 4, del que mencionaremos sus principales características.

Tipo 4: Anticiclón peninsular.

El anticiclón está centrado sobre la Península Ibérica tanto en superficie como en altura. Si permanece varios días se observan desplazamientos de su centro, así como debilitamientos y reforzamientos alternativos. Es frecuente en invierno y suele asociarse a heladas y nieblas. Esta situación es favorable a un aumento de la contaminación.

Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos podemos considerar que las altas concentraciones de SO₂ se corresponden preferentemente con el tipo de tiempo 9, mientras que para los humos aparecen muy igualados los tipos 11 y 9. Si tenemos en cuenta ambos contaminantes, sus concentraciones más altas aparecen ligadas a las situaciones tipo 9 (altas presiones sobre el Atlántico y Europa) y 11 (anticiclón centroeuropeo), no en vano, suman un porcentaje ≥ 50 por ciento.

En cierto modo podemos pensar que siempre que el mapa sinóptico correspondiente a un día determinado se asemeje a una de las dos situaciones tipo (9 u 11) existe gran probabilidad de que las concentraciones de SO₂ y humos en Salamanca aumenten bastante en relación a las de los días precedentes.

Algunas de las situaciones meteorológicas propuestas por nosotros se asemejan a las establecidas por otros autores ya citados, aunque existen algunas diferencias. Ello puede ser debido a que,

si bien las distancias entre los lugares de observación de estos autores y los nuestros no son muy grandes en relación con el tamaño de los anticiclones, sí hay algunas diferencias en la posición relativa con respecto al centro del anticiclón.

En un estudio más amplio reflejado en otros trabajos (8) se obtuvieron las concentraciones de 12 elementos contenidos en los aerosoles (Ba, V, Cr, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe, K, Pb, Br y Ca) y se puso de manifiesto la alta correlación existente entre las concentraciones de la mayoría de estos elementos y las de los humos, lo que nos hace pensar que los tipos de tiempo mencionados podrían hacerse extensivos también para estos contaminantes.

Bibliografía

- FIDALGO, M. R.; RODRÍGUEZ, C. y GARMENDIA, J. (1987): "Influencia de 8 variables meteorológicas en las concentraciones de 12 elementos contenidos en los aerosoles atmosféricos de Salamanca". Anales de Física. Serie B. Vol. 83, 161-165.
- B.S.I. (1969): "Methods for the measurement of air pollution". Pt. 2 and 3 British Standard, 1747.
- LINES, A. (1981): "Perturbaciones típicas que afectan a la Península Ibérica y precipitaciones asociadas". Pub. Inst. Nac. Meteor. A.-80 Madrid.
- FONT, I. (1983): "Climatología de España y Portugal". Pub. Inst. Nac. Meteor. Madrid.
- CORREIG, A. M. y PUIGSERVER, M. (1976): "Estabilidad de estratificación y concentración de SO₂ en una atmósfera urbana". Rev. de Geofis. 35 (1 y 2). 25-40.
- MELIÁ, J., SENENT, F. y col. (1976): "Evolución de las concentraciones ambientales de distintos elementos-traza en medios urbanos y rurales de Valencia determinadas bajo condiciones meteorológicas tipificadas para la región". Rev. de Geofis. 35 (3 y 4), 253-264.
- SOLER, A. M.; HERNÁNDEZ, E. (1977): "Situaciones meteorológicas locales típicas. Descripción y frecuencia de las mismas". Rev. de Geofis. 36 (1), 111-122.
- FIDALGO, M. R.; MATEOS, J. and GARMENDIA, J. (1987): "The origin of some of the elements contained in the aerosols of Salamanca (Spain)". Atmos. Environ (en prensa).

Tipo 9 : 15 Noviembre 1978 : $C_{SO_2} = 168 \mu\text{g}/\text{m}^3$

$C_{HU} = 154 \mu\text{g}/\text{m}^3$

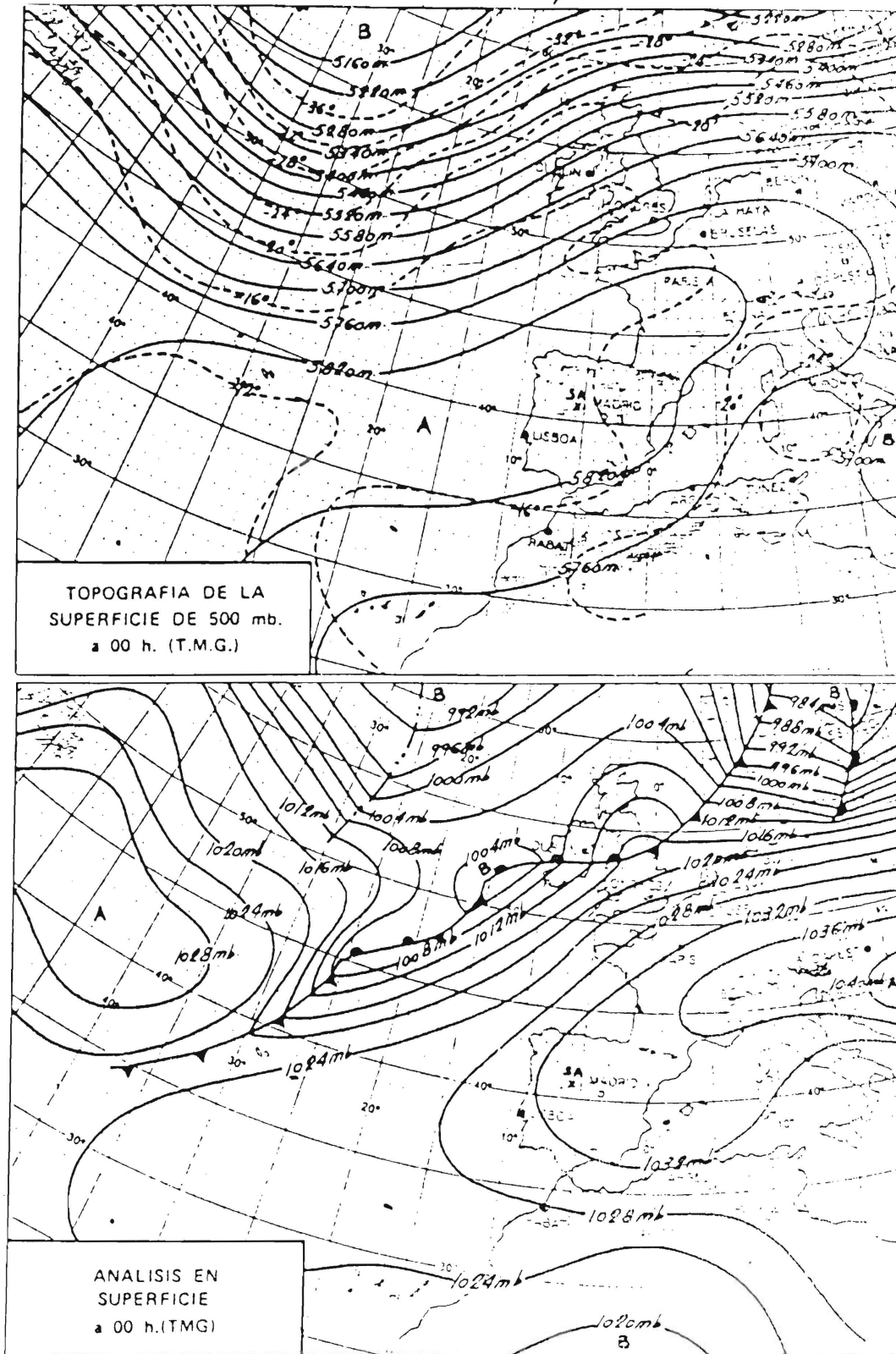


Figura 1.—Tipo 9. Altas presiones sobre el Atlántico y Europa.

Tipo 11 : 20 Noviembre 1980 : $C_{SO_2} = 116 \mu g/m^3$
 $C_{HU} = 78 \mu g/m^3$

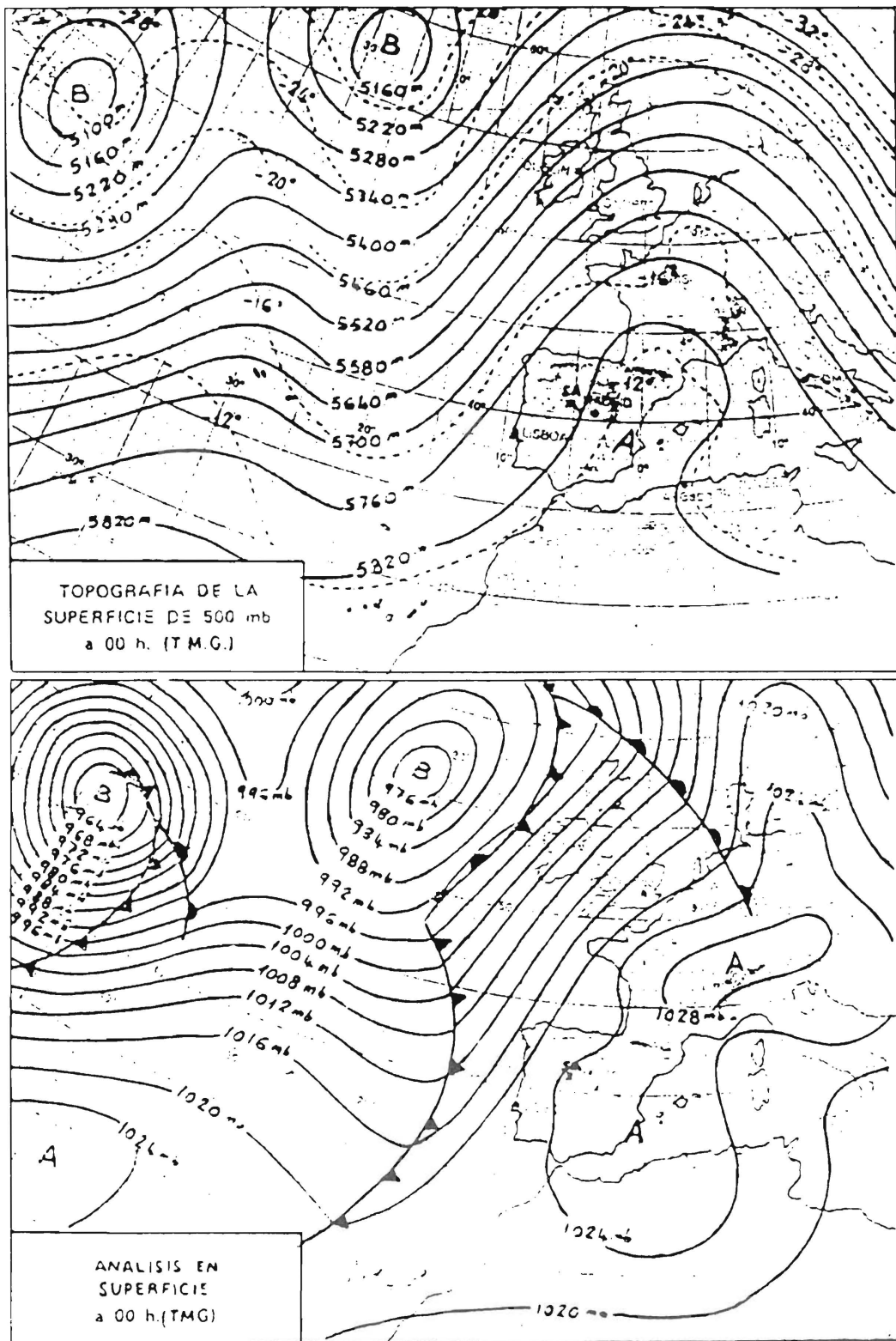


Figura 2.—Tipo 11. Anticiclón centro europeo.

Tipo 16 : 16 Febrero 1981 : $C_{SO_2} = 111,5 \mu g/m^3$
 $C_{HU} = 122 \mu g/m^3$

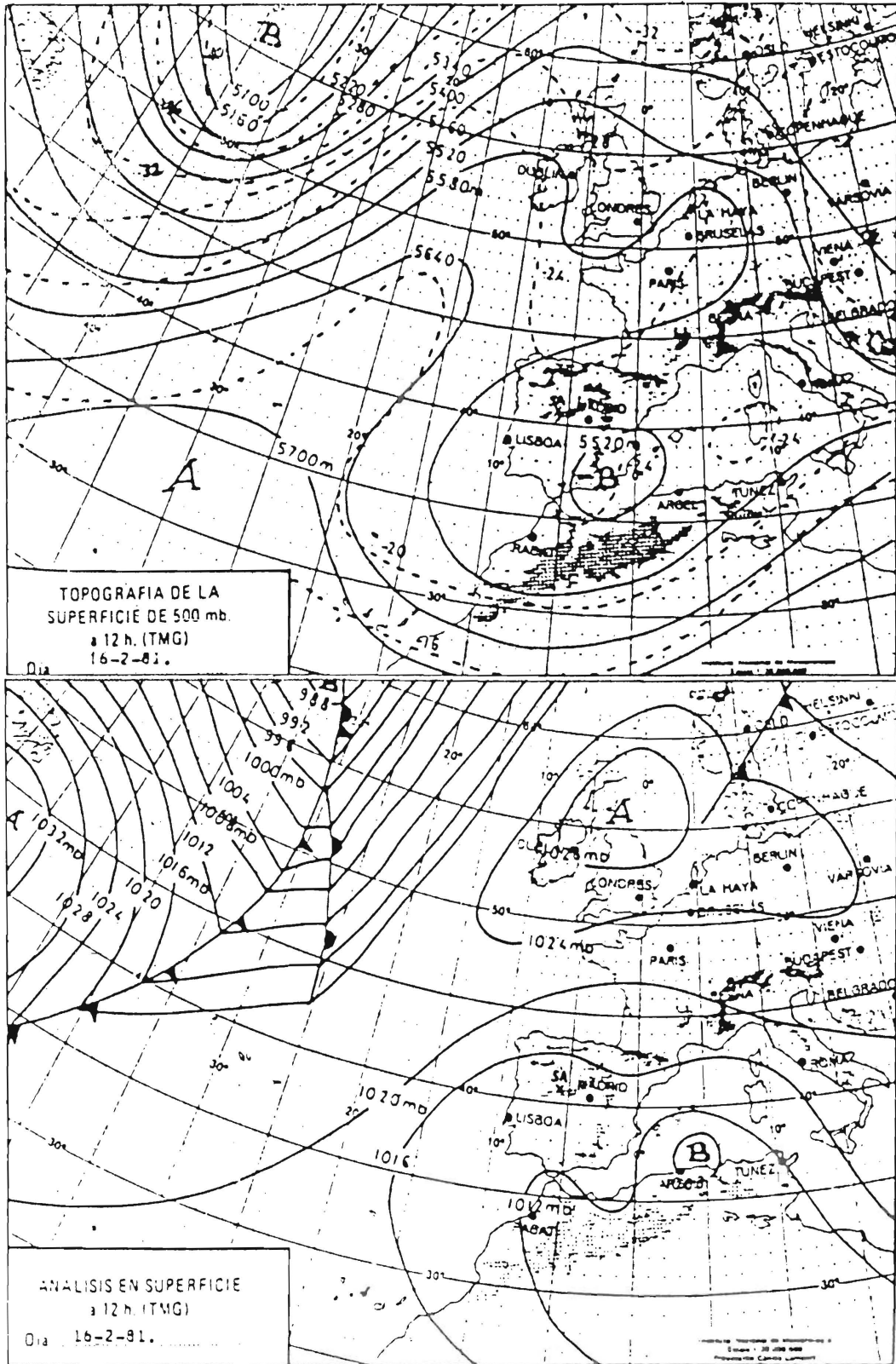


Figura 3.—Tipo 16. Anticiclón británico-escandinavo.

Tipo 11 : 24 Noviembre 1980 : $C_{HU} = 138,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 $C_{SO_2} = 53 \mu\text{g}/\text{m}^3$

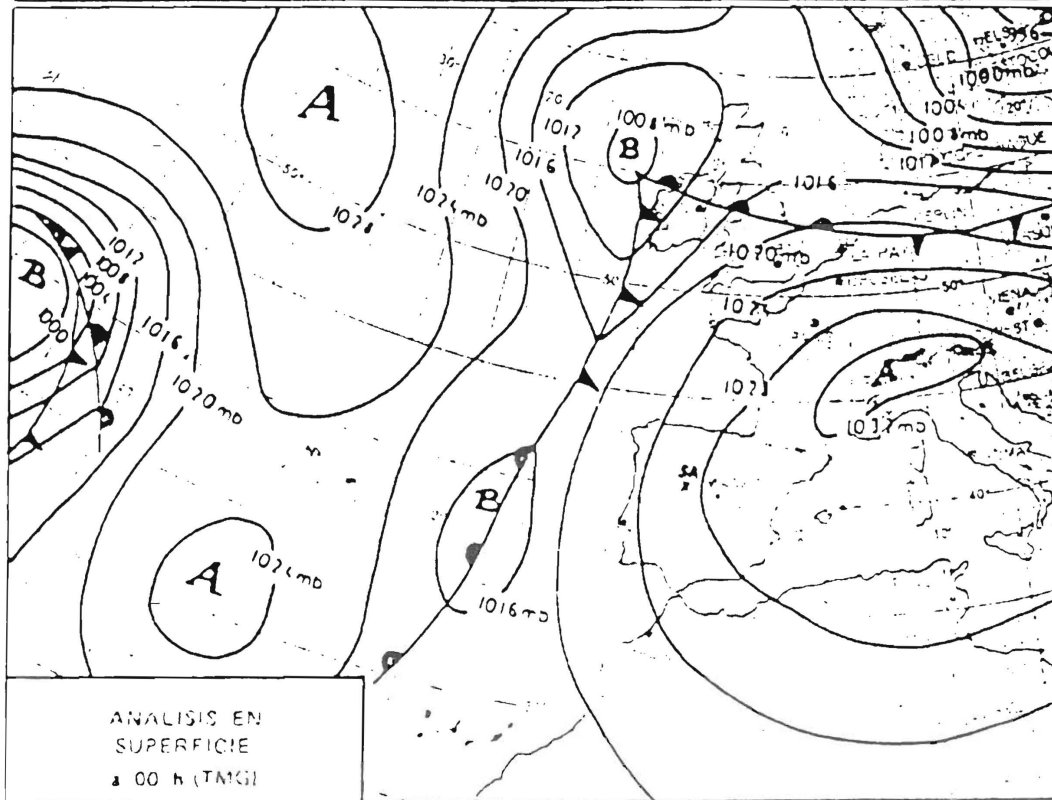
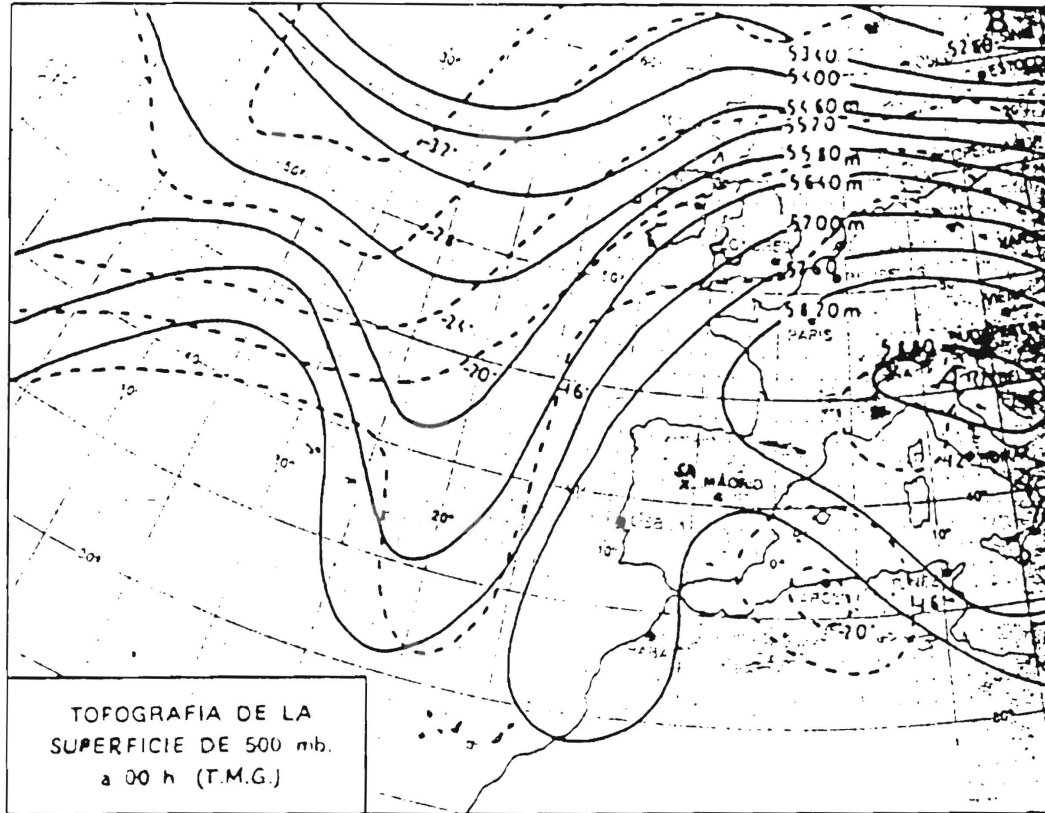


Figura 4.—Tipo 11. Anticiclón centroeuropeo.

Tipo 9 : 23 Noviembre 1979 : $C_{\text{HU}} = 231 \mu\text{g}/\text{m}^3$

$C_{\text{SO}_2} = 54 \mu\text{g}/\text{m}^3$

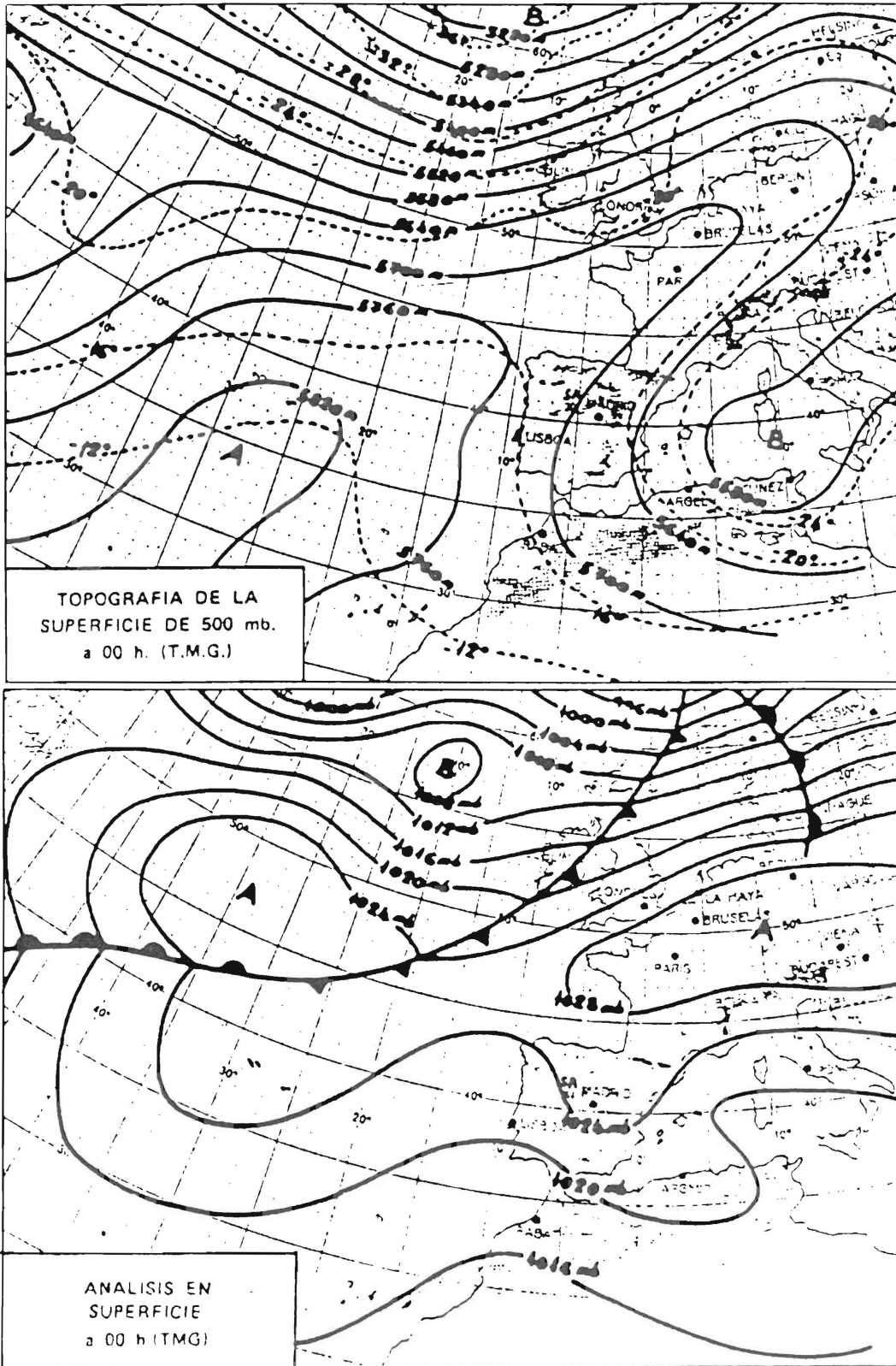


Figura 5.—Tipo 9. Altas presiones sobre el Atlántico y Europa.

Tipo 4 : 27 Noviembre 1981 : $C_{\text{HU}} = 133 \mu\text{g}/\text{m}^3$

$C_{\text{SO}_2} = 46,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

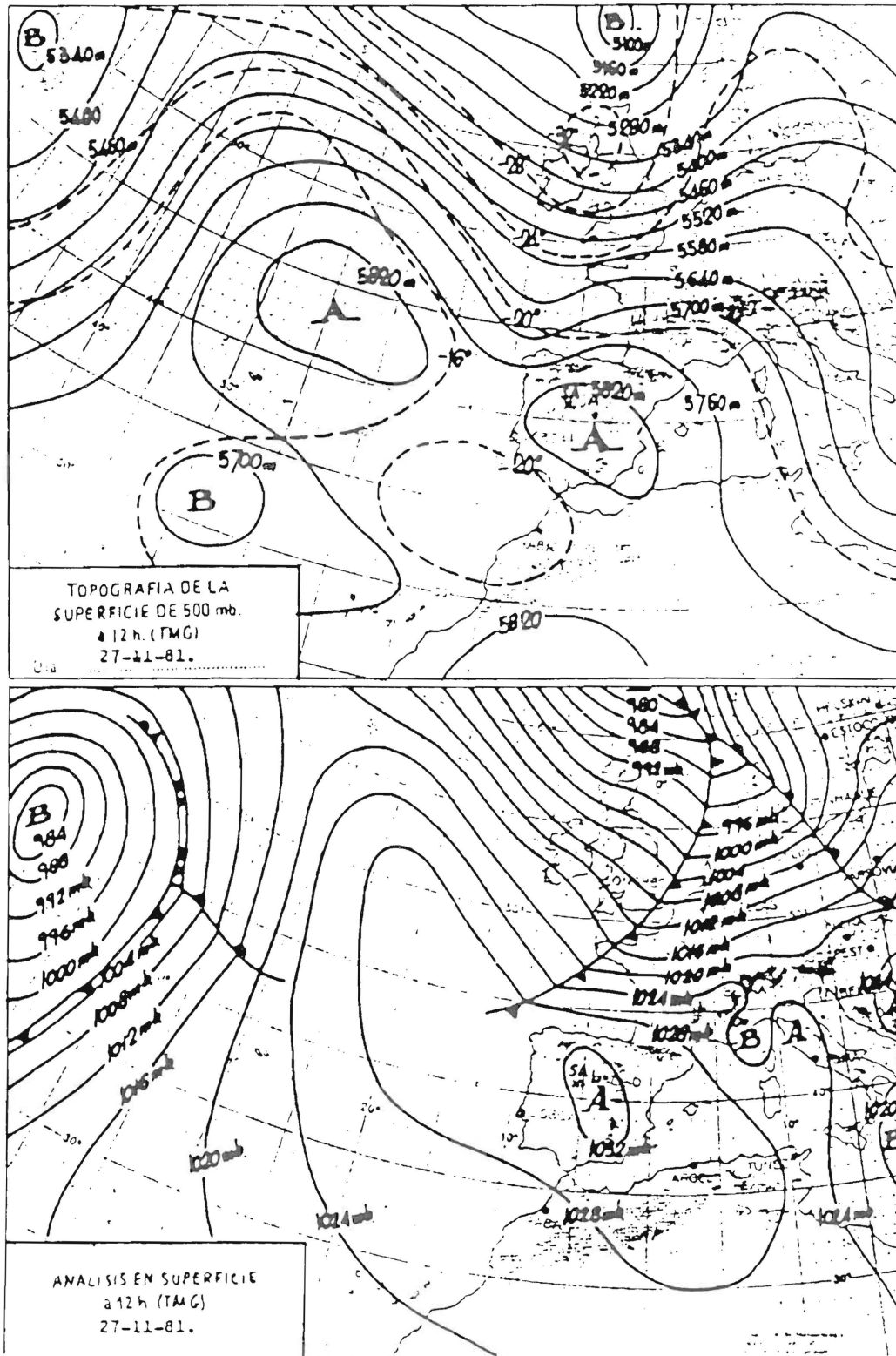


Figura 6.—Tipo 4. Anticiclón peninsular.

Tipo 16 : 6 Noviembre 1981 : $C_{\text{HU}} = 187 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 $C_{\text{SO}_2} = 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$

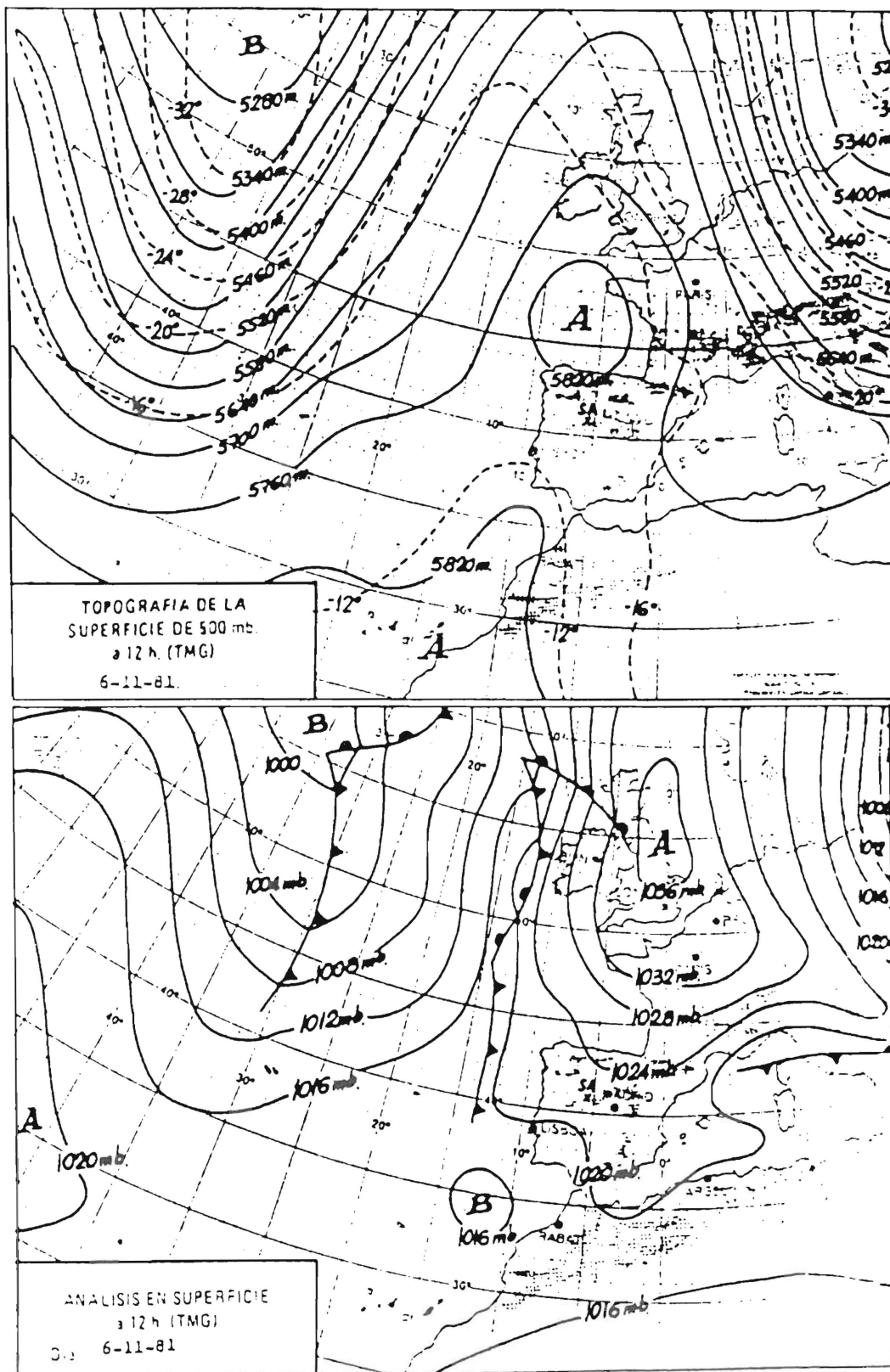


Figura 7.—Tipo 16. Anticiclón británico-escandinavo.