

CLIMATOLOGÍA DE TORMENTAS VERANIEGAS EN CANTABRIA, ASTURIAS Y PAÍS VASCO

M^a Pilar SANZ MORAL; José Luis ARTECHE GARCÍA y
Francisco Javier ORTIZ BERENGUER

Centro Meteorológico Territorial en Cantabria y Asturias, Instituto Nacional de Meteorología

RESUMEN

Esta comunicación pretende exponer una serie de situaciones sinópticas de verano, que se caracterizan por ser las más favorables a la aparición de fenómenos tormentosos. El estudio climatológico se realizó como parte de un trabajo destinado a caracterizar y mejorar las técnicas de predicción de tormentas en la zona de estudio. Dentro de este trabajo, existe además un tratamiento estadístico de diversos índices de inestabilidad que se utilizan en la predicción operativa diaria.

Palabras clave: Situación sinóptica, mapas meteorológicos de superficie y de altura, sondeo, red de descargas, MCIDAS, campos derivados, índices de inestabilidad, convección profunda, tormentas severas

ABSTRACT

This text aims to explain a series of synoptic summer situations which are characterised for being most favourable for producing stormy weather. The climatological study was carried out as part of a project designed to improve forecast techniques within the study area. Apart from this, there is also a statistical study of several instability indexes which are used in daily operational forecasting.

Key words: *Synoptic situation, surface and upper-air chart, soundings, discharges network. MCIDAS, other meteorological charts, instability index, deep convection, severe convection.*

1. INTRODUCCION

En esta comunicación, se presenta el resultado del estudio sobre tormentas en verano, considerando como tal, el periodo de tiempo comprendido entre el 15 de mayo y el 30 de septiembre y durante los años 1991, 1992, 1993 y 1994, para la zona de cobertura del Grupo de Predicción y Vigilancia de Santander perteneciente al Centro Meteorológico Territorial en Cantabria y Asturias, del Instituto Nacional de Meteorología, que realiza las predicciones para Asturias, Cantabria y País Vasco. En años posteriores y, de forma sistemática se hizo un seguimiento continuo de situaciones de tormenta, que sirvieron para ratificar la clasificación inicial.

Las tormentas son un fenómeno típico de la época veraniega en el interior de la Península Ibérica. Se caracterizan por su espectacularidad y porque, en determinadas circunstancias, pueden producir inundaciones, graves daños en productos agrícolas como fruta o viñedos, especialmente si van acompañadas de granizo.

También debe señalarse que, existen fenómenos tormentosos típicos de la cornisa cantábrica, que tienen lugar en la época de invierno-primavera y que se corresponden con situaciones bien caracterizadas sinópticamente. No está incluido su estudio en esta comunicación.

2. BREVE INTRODUCCIÓN TEÓRICA SOBRE EL MECANISMO DE LAS TORMENTAS

Las tormentas se producen en nubes del tipo Cumulonimbos (o agregaciones de ellas), que difieren de las nubes de chubascos en que, en su interior, se producen rayos y relámpagos. Las observaciones prueban que el rayo y el relámpago sólo se presentan cuando masas grandes de agua líquida y helada han sido elevadas a alturas tales que la temperatura es más baja de -20°C . La única posibilidad de que existan esas masas grandes de agua a altos niveles es que, previamente, existieran masas de aire húmedo y caliente en niveles bajos, que enfriarían y condensarían al ascender.

Además, el ascenso de esas masas de vapor condensado sólo es posible si existen fuertes corrientes ascendentes, es decir, entre otras cosas, se necesitará un gradiente de temperatura muy alto a través de la capa de aire: por tanto tiene que haber inestabilidad térmica, medible con índices como el Total de Totales, índice K, isoín, etc.

Las tormentas se presentan en configuraciones que, casi siempre se distinguen bien, y es costumbre hablar de TORMENTAS DE MASA DE AIRE, TORMENTAS EN LINEA, TORMENTAS FRONTALES Y TORMENTAS OROGRÁFICAS.

- Tormentas de masa de aire. Dentro de una masa de aire y, en mayor o menor medida, se encuentran tormentas desperdigadas. Se desarrollan localmente cuando el gradiente de Temperatura llega a ser muy grande, como resultado del calentamiento diurno y tienen frecuencia máxima en las horas de la tarde.
- Tormentas en línea. Este tipo de tormentas están dispuestas en bandas o franjas estrechas, que siguen la dirección de los vientos en niveles bajos. Las tormentas en línea pueden desarrollarse a cualquier hora, pero son más frecuentes durante las horas de la tarde. Generalmente son más fuertes que las tormentas de masa de aire.
- Tormentas frontales. De forma simplificada puede decirse que un frente meteorológico es una zona inclinada que separa dos grandes masas de aire: frío y caliente. Cuando el caliente sube a lo largo de una cuña fría podrán formarse tormentas, en el caso de que, dicho aire, tenga inestabilidad convectiva. Aunque las tormentas frontales pueden producirse de forma aisladas, se mueven en el mismo sentido que los frentes y pueden reconocerse como pertenecientes a la región nubosa frontal. Estas tormentas ocurren a cualquier hora del día.

<i>En cualquier época del año:</i>	FRONTALES: Ya sean de frente frío, cálido u ocluido POSTFRONTALES. Asociadas a la descarga postfrontal fría, al núcleo frío, vaguadas secundarias, etc.
<i>En primavera y verano:</i>	PREFRONTALES: De frente frío, cálido y ocluido.
<i>En Otoño y en el Mediterráneo:</i>	Asociadas a bandas baroclínicas en niveles altos.

- Tormentas orográficas. Se suelen formar hacia el mediodía en aquellas zonas en las que las circulaciones locales generan zonas de convergencia de tipo mesoescalar, que puede ser originada por causas dinámicas, orográficas, o debida al calentamiento diurno. La máxima actividad de este tipo de tormentas suele centrarse tres o cuatro horas después del mediodía.
- Tormentas orográficas con forzamiento sinóptico. El forzamiento sinóptico favorece los desarrollos convectivos, de manera que éstos son más generalizados que los de masa de aire. Este tipo de tormentas suelen ser móviles y, en determinadas ocasiones, pueden presentar una organización definida. Por esta razón, pueden afectar a zonas más amplias.

2.1. Etapas en el desarrollo de una tormenta

La vida de una sola nube de tormenta es cortísima, puesto que su ciclo completo es, con frecuencia, cuestión de una o dos horas. En la etapa de desarrollo, la nube está más caliente que el aire que tiene a su alrededor, de manera que el aire de la nube está acelerado hacia arriba. La corriente ascendente aumenta su velocidad con la altitud y la nube alcanza enseguida alturas a las que la temperatura es muy inferior a la de congelación. Entretanto, se acumulan en las nubes grandes cantidades de gotas de agua y de cristales de nieve. La cantidad de agua llega a ser tan grande que los elementos más pesados ya no pueden mantenerse por efecto de las corrientes ascendentes y entonces, el agua comienza a caer dentro de la nube. El rozamiento con el aire de las gotas que caen, convierte la corriente ascendente en una descendente y se establece un fuerte movimiento hacia abajo que marca el comienzo de la etapa de madurez. En esta etapa coexisten las corrientes hacia arriba y hacia abajo, conjuntamente. La nieve y la lluvia que caen (viniendo desde el aire más frío de arriba) enfrían la corriente descendente que se esparce horizontalmente sobre el terreno.

La caída sobre el suelo de la corriente descendente es, casi siempre, brusca y se hace notar por fuertes ráfagas.

Durante la etapa de madurez, la corriente descendente predomina sobre las ascendentes y, después de algún tiempo se alcanza el estado que se conoce como estado de disipación. Es entonces cuando se le acaba a la nube la provisión de agua, decreciendo la intensidad de la lluvia y disolviéndose o deshaciéndose la nube.

2.2. Células y familias de tormentas

Las observaciones ponen de manifiesto que hay una tendencia clara a que las células tormentosas nuevas se formen delante de la corriente descendente de una célula más vieja. En efecto: al esparcirse hacia adelante la corriente fría descendente, dará impulso hacia arriba al aire caliente. Cuando la corriente descendente haya llegado lo suficientemente lejos de la nube madre, el movimiento de elevación ante la corriente descendente forma, a menudo, una célula nueva. De esta forma, la agrupación de tormentas estará creciendo por su parte anterior mientras que desaparecen células viejas por la parte de atrás. Como consecuencia de esta tendencia a las agrupaciones, la duración de una familia de tormentas será mucho mayor que el tiempo de vida de una célula individual (Fig.1).

2.3. Tormentas severas y eficientes

En función de sus efectos reales en la superficie, las tormentas pueden ser: EFICIENTES y SEVERAS. Las primeras son aquellas que producen grandes cantidades de precipitación, mientras que las tormentas severas son aquellas asociadas a fenómenos violentos en superficie, como granizo, vientos fuertes o lluvias intensas aunque muy localizadas.

De todas formas, conviene señalar que, el fenómeno de la convección, que es el que puede originar tormentas, admite múltiples clasificaciones y que éstas pueden incluso ser algo confusas. Dado que no se conoce con exactitud todos los detalles de este fenómeno meteorológico, una posibilidad para clasificarlo es tener en cuenta la **intensidad de las corrientes ascendentes y descendentes que tienen lugar en la formación de los cumulonimbos**. De esta forma, podría decirse que la convección puede ser **PROFUNDA** (o, incluso: **MUY PROFUNDA**) y **POCO PROFUNDA**. El concepto de profundidad estaría en relación directa con el grado de desarrollo en la vertical que tenga la nube convectiva, que será tanto mayor, cuanto mayor sea la fuerza de las corrientes ascendentes que la crean. Cuando la convección es **PROFUNDA** (o **MUY PROFUNDA**) la altura de la nube es considerable, hay fuertes corrientes ascendentes y descendentes y se pueden producir fenómenos significativos en superficie.

Estos efectos en superficie, dan lugar a otra clasificación de la convección en: **SEVERA O EFICIENTE** tal y como se ha definido al comienzo de este apartado.

Otra posibilidad es considerar el desplazamiento, de manera que, una tormenta originada por convección puede ser **MÓVIL** o **ESTACIONARIA**.

Las tormentas pueden ser además: **ORDINARIAS, UNICELULARES, MULTICELULARES, SISTEMAS CONVECTIVOS MESOESCÁLICOS**, etc. Así, se definirían:

- Células ordinarias: A aquellas que se forman en entornos con poca o nula cizalladura, de manera que el microfrente de racha no es lo suficientemente fuerte para provocar el desarrollo de nuevas células.
- Tormentas multicelulares: En este tipo de tormentas lo que ocurre es que, la cizalladura ambiental está en equilibrio con el movimiento del frente de racha. Estas tormentas constan de diferentes células, cada una de las cuales está en un estadio diferente de su ciclo de vida. En estos casos, suele ocurrir que los microfrentes de racha de las células individuales tienden a formar un único frente de racha de mayores proporciones.
- Supercélulas: Aparecen cuando hay cizalladura moderada a fuerte. La diferencia que existe entre una tormenta multicelular y un supercélula es que, en esta última aparecen movimientos de rotación en la corriente ascendente (es decir un mesociclón), lo cual, para que se produzca, necesita cizalladura en capas bajas. Este mesociclón actúa sobre el frente de racha, haciendo que el aire húmedo y cálido alimente continuamente a la corriente que asciende.
- Sistemas convectivos mesoescállicos: Se trata de estructuras nubosas convectivas aisladas, compactas y de gran extensión. En principio, se ha considerado que una estructura convectiva puede considerarse con **SCM** (Sistema Convectivo Mesoescálico) si, “... a lo largo de su ciclo

de vida, su eje mayor alcanza longitudes superiores a los 100 km bajo la isoterma de -32°C, con un tamaño mínimo de 10.000 km² bajo la isoterma de -52°C mantenido este valor, al menos, durante tres horas” (Estos datos se refieren a temperatura de brillo en imágenes de satélite del canal infrarrojo). Como ejemplo de referencia, señalar que la provincia de Cantabria tiene una extensión de 5.300 km², el País Vasco 7.200 km² y Asturias 10.600 km².

2.4. La convección en los modelos numéricos

Como se sabe, los modelos numéricos son una base imprescindible para la predicción. Estos modelos han mejorado mucho en los últimos años y, naturalmente, se espera que continúen haciéndolo. Centrándonos en la predicción de la convección a través de modelos, se ha mejorado su tratamiento tanto en la parametrización del fenómeno como en un aumento en la resolución, tanto vertical como horizontal. En efecto, la parametrización se aplica ahora para la convección profunda, superficial y media. Se considera superficial cuando está por debajo del nivel de subsidencia y media cuando exista por encima de la capa límite. En cuanto a la precipitación el modelo la considera como de dos tipos: precipitación a gran escala, de tipo dinámico y que se genera por advección de humedad y, por otra parte, precipitación convectiva que es la generada por ascensos, convergencia, etc.: la precipitación total sería la mezcla de las dos anteriores.

Desde el año 1995, se han llevado a cabo pruebas con modelos de mesoescala (que son, en realidad, modelos de área limitada, con menor resolución). Estos modelos parecen haber dado buen resultado a la hora de simular sistemas convectivos de mesoescala que aparecen en forma de línea. También funcionan bien para detectar la fuerte convección que aparece en la zona delantera del sistema, así como la zona de lluvia estratiforme y la mesoalta que se forma en superficie después del paso del sistema y como consecuencia del desplome de la masa de aire -consultar J. CALVO (2000) y F. ELIZAGA (2000)-. En la actualidad y a junio de 2004, la nueva versión del modelo HIRLAM (High Resolution Limited Area Model), desarrollado por varios servicios meteorológicos europeos, entre ellos el español, tiene una resolución horizontal de 5 km y de 50 niveles en la vertical. Este modelo es el que está operativo en la actualidad en el INM, junto con el modelo del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo que tiene 60 niveles en la vertical (European Centre for Medium- Range Weather Forecast: ECMWF, con sede en READING, INGLATERRA).

Pero, además de los avances que se han conseguido en los modelos, también se han realizado avances en la definición de nuevos índices de inestabilidad que, basados en consideraciones físicas, permiten obtener valores numéricos umbrales que sirvan para el pronóstico de tormentas. Estos índices pueden obtenerse a partir de datos del modelo numérico, con lo cual se puede disponer de una previsión en cada punto de grid. Esto ha servido además, para crear nuevas herramientas, accesibles informáticamente, que aumentan el número de información disponible para la predicción.

3. MÉTODO DE TRABAJO

Como ya se ha señalado en la introducción, se han considerado los veranos de 1991, 1992, 1993 y 1994. A partir de los datos de estos años se elaboró un catálogo de situaciones sinópticas más frecuentes y favorables a la aparición de tormentas. En los años posteriores se ha continuado el

estudio de este tipo de situaciones, con especial atención en los casos más destacados, para los que se ha hecho un estudio aparte, con publicación de los resultados en otras notas técnicas (ver referencia en bibliografía).

Durante el año 1991 y 1992, se obtuvieron, mediante MCIDAS, una serie de campos derivados, correspondientes al análisis del INM de las 18Z del día en que se produjeron las tormentas. Hay que señalar que, la representatividad de la base de datos así obtenida dejaba bastante que desear, debido a que presentaba numerosas lagunas. También se utilizaron datos del sondeo de Santander de las 12Z. Esta base de datos se trató mediante un programa estadístico, cuyos resultados, dadas las deficiencias de aquella, no permiten extraer conclusiones válidas. Durante los veranos de 1993 y 1994, el estudio de los días de tormenta se realizó de forma sinóptica y utilizando además nuevos productos disponibles en MCIDAS, como RED DE DESCARGAS ELÉCTRICAS, CORTES VERTICALES DE ESTABILIDAD ESTÁTICA Y DINÁMICA, etc.

Posteriormente y durante los años 1997 y 1998 se elaboró una base de datos, con sondeos de Santander (tanto con el dato original como con los obtenidos vía MCIDAS para índices de inestabilidad, agua precipitable, etc.). Estos datos se han tratado estadísticamente. Hay que señalar, en cualquier caso que, dada la naturaleza del fenómeno que se estudia, las estadísticas deben ser tomadas con reservas por cuanto, el sondeo de Santander es representativo sólo en parte de la zona que se estudia (Asturias, Cantabria y País Vasco) y más aún en el caso de tormentas de tipo orográfico, muy frecuentes en verano. De todas formas, este tipo de estudio tiene interés por cuanto permite establecer umbrales de utilidad en la predicción de tormentas. No está incluido en esta comunicación.

De manera general, se han estudiado sinópticamente un gran número de días (además de los años citados), que se caracterizaron por su actividad tormentosa. Todos ellos han servido para establecer una clasificación sinóptica.

4. CLASIFICACIÓN SINÓPTICA DE TORMENTAS DE VERANO

En la siguiente clasificación se indican una serie de esquemas representativos de las situaciones sinópticas que se repiten con mayor frecuencia en los días de los meses de verano en los que se ha registrado tormenta.

Hay que señalar que, no siempre es fácil asignar una situación a un modelo sinóptico. En efecto: no hay dos situaciones idénticas, sin embargo en la clasificación que se ha hecho, se ha procurado que las situaciones estudiadas, se pudieran asimilar lo más posible a las situaciones sinópticas consideradas como tipo. Como resultado, se han elaborado una serie de mapas esquemáticos con las situaciones que son favorables a la formación de fenómenos tormentosos. Se consideran como más representativos y sencillos de interpretar, los mapas correspondientes al nivel de superficie y a la topografía de 500 mb.

4.1. Bajas presiones centradas en el área: Costa gallega-Cantábrico, con sistema fijo en todos los niveles. Con frente

Normalmente, estas situaciones no tienen lugar en mitad del verano, es decir, entre la segunda mitad del mes de julio y durante el mes de agosto, por lo cual, las temperaturas no son especialmente altas en el nivel de 850mb (Fig. 1).

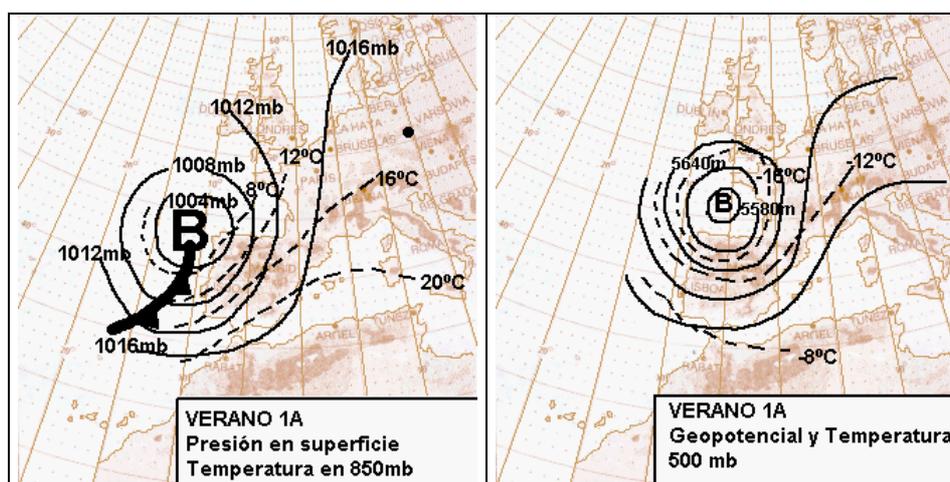


Fig. 1. Bajas presiones centradas en el área: Costa gallega-Cantábrico, con frente

4.2. Bajas presiones centradas en el área: Costa gallega-Cantábrico, con sistema fijo en todos los niveles. Sin frente (Fig. 2)

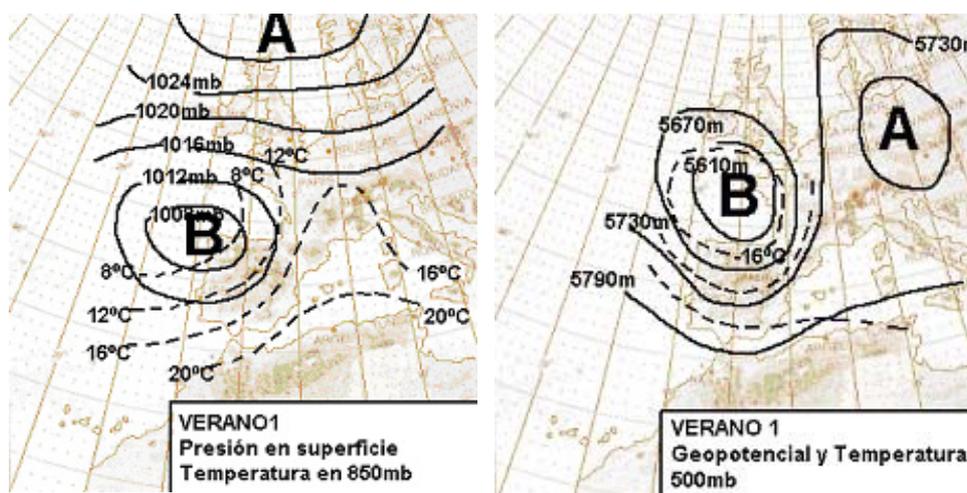


Fig. 2. Bajas presiones centradas en el área:
Costa gallega-Cantábrico, con sistema fijo en todos los niveles. Sin frente

4.3. Anticiclón sobre el Atlántico-Islas Británicas y bajas presiones, de origen térmico, sobre la Península Ibérica. Vaguada térmica y/o de geopotencial en 500 mb (Fig. 3)

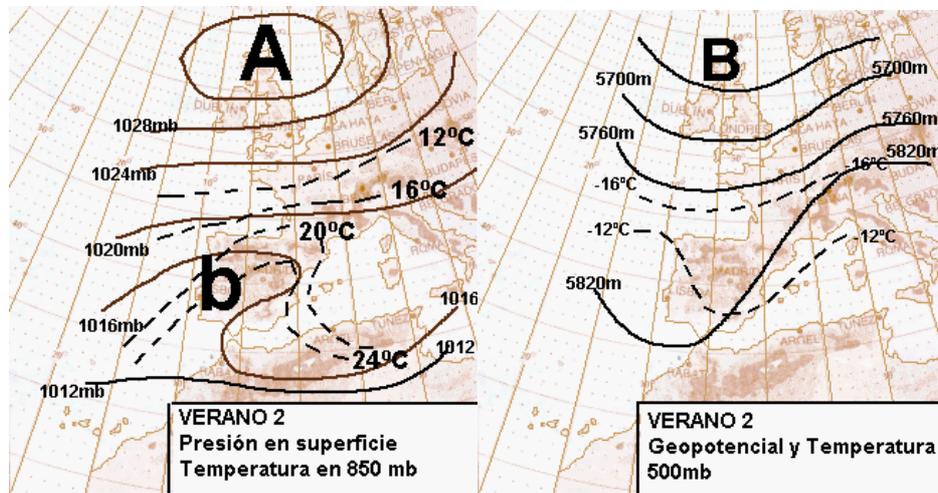


Fig. 3. Anticiclón sobre el Atlántico-Islas Británicas y bajas presiones, de origen térmico, sobre la Península Ibérica. Vaguada térmica y/o de geopotencial en 500 mb

4.4. Situación del Este, con embolsamiento frío en altura

Esta situación, suele originar precipitaciones abundantes y tormentosas. Resulta de especial interés, por cuanto, en principio, no se corresponde con el esquema típico de tormentas de verano, producidas por bajas presiones de origen térmico. En realidad, podría considerarse la primera irrupción de aire frío, y suele ocurrir a finales de Agosto, cuando las temperaturas son altas y se ha producido calentamiento superficial (Fig. 4).

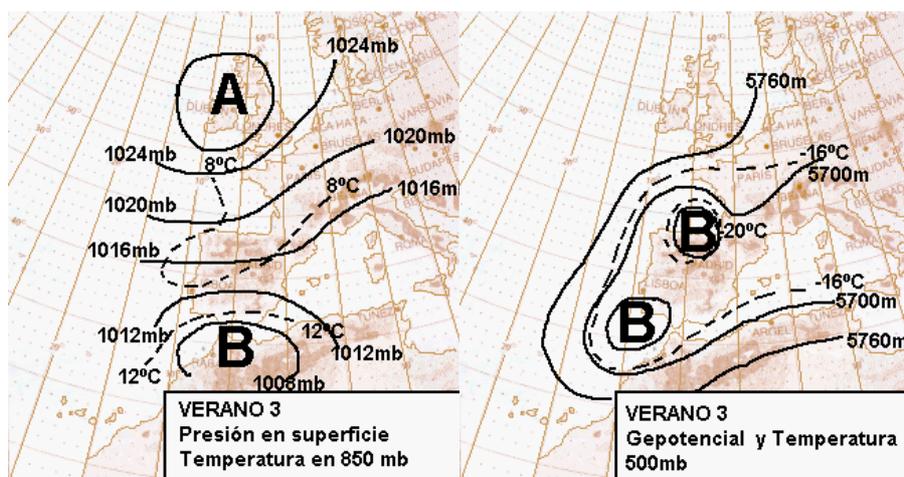


Fig. 4. Situación del Este, con embolsamiento frío en altura

4.5. Situación del Este, con bajos geopotenciales en el nivel de 500 mb, centrada en el Mediterráneo occidental-Golfo de León

Este tipo de situaciones tiene interés por cuanto, aunque no existe frente y, la situación en superficie es anticiclónica, pueden producirse tormentas en el País Vasco (Fig. 5).

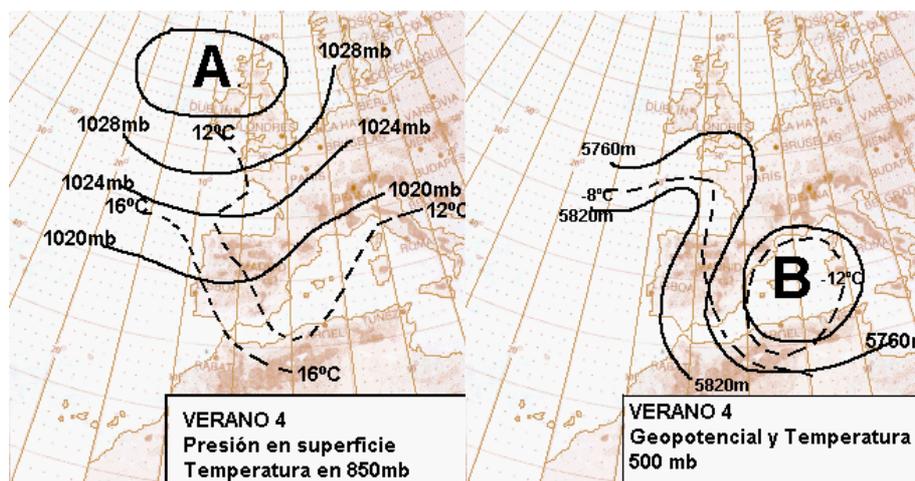


Fig. 5. Situación del Este, con bajos geopotenciales en el nivel de 500 mb, centrada en el Mediterráneo occidental-Golfo de León

5. CONCLUSIONES

Las tormentas que tienen lugar en la época veraniega en Asturias, Cantabria y País Vasco, se corresponden con situaciones sinópticas de inestabilidad que, a menudo, afectan a gran parte de la mitad Norte de la península Ibérica. Muy frecuentemente, las tormentas vienen “advectadas” por el viento de componente Sur en niveles bajos y medios de la atmósfera que, en su desplazamiento hacia el NE, llegan a zonas recalentadas por la insolación de los meses de verano. Es muy frecuente que, los fenómenos tormentosos comiencen en zonas montañosas del Suroeste de Asturias y se propaguen después hacia el resto de Asturias y Cantabria incluso el País Vasco, que también se ve influenciado por el desplazamiento y desarrollo de los focos convectivos que aparecen en el Sistema Ibérico en la zona comprendida entre Soria- Logroño- Burgos. Menos frecuente, al menos en los meses centrales del verano, es el desarrollo de tormentas originadas por la existencia de circulación ciclónica en el Suroeste francés que, en su desplazamiento hacia el Sur, llegan a afectar a la mitad oriental del Cantábrico. La severidad de los fenómenos depende de otros factores como, por ejemplo, la existencia de viento fuerte (chorro) en niveles altos (más de 9.000 m: 300 mb), además del enfriamiento en el nivel de 500 mb (Alrededor de unos 5.500 m de altura).

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Ramón Celis Díaz Jefe de la Sección de Climatología del Centro Meteorológico Territorial en Cantabria y Asturias, así como a Carlos García-Salazar, Jefe de la

Sección de Estudios y Desarrollos del Centro Meteorológico Territorial del País Vasco, sus decisivas aportaciones a este trabajo.

6. REFERENCIAS

- ARIJA, E. (1972). *Geografía de España*. Espasa-Calpe.
- ARTECHE, J.L. y SANZ MORAL, P. (1999). *Estudio de Índices de Inestabilidad*. Centro Meteorológico Territorial en Cantabria y Asturias, INM.
- BADER, M.J. et al. (1995). *Images in weather forecasting. A practical guide for interpreting satellite and radar imagery*. Cambridge University Press.
- CALVO, J. (2000). *Características y limitaciones de los modelos numéricos para la predicción de los fenómenos convectivos*. Servicio de Modelización Numérica del Tiempo, INM.
- ELIZAGA RODRÍGUEZ, F. (2000). *Uso de Modelos numéricos para evaluar entornos favorables al desarrollo de fenómenos convectivos y sus efectos en superficie*. Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción. INM.
- MCNULTY R.P. (1995). "Severe Convective Weather". *Weather and Forecasting*, 10, 2.
- TERÁN, M. et al. (1982). *Geografía Regional de España*. Ariel.
- WHITENEY L.F. Jr. (1977). "Relationship of the subtropical jet stream to severe local storms". *Monthly Weather Review*, 105.