

La predicción de las galernas basada en la vorticidad potencial

J. Garmendia

Dpto. de Física General y de la Atmósfera
Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca

RESUMEN: Se analizan los mapas en altura de los días de los tres tipos de galerna, basándose en el teorema de la vorticidad potencial. La presencia de masa de aire cálido y la advección de columnas de aire menos estable son las características destacadas.

Palabras Clave: Galernas, vorticidad potencial.

ABSTRACT: The upper air charts of the days of the galerne types are analyzed. This study is founded on the potential vorticity theorem. The presence of warm air mass and the advection of air less stable are the main characteristics.

Key Words: Galerne, Potential vorticity.

LABURPENA: Hiru enbata maten egunetan gai-aireka mapak aztertzen dira, bortizitate patentzialaren teareman ainarriturik. Aire-masa beraen agerpena eta aire-zutabe egankar gutxiagoen adbekziaa, ezaugarririk garrantzitsuenak dira.

1. INTRODUCCIÓN

En el lenguaje internacional especializado, la palabra 'galerna' se refiere a cierto fenómeno atmosférico local de carácter violento que ocurre en las costas cantábricas de España y Francia. J. I. A. Usabiaga (1988), al explicar esta palabra en el diccionario vasco referido a la Meteorología, señala estas características generales:

- a) Se localizan preferentemente en las costas del mar Cantábrico, a distancias variables según el origen e intensidad, y es de pequeño tamaño en la escala sinóptica, afectando a una franja de tierra de desigual profundidad con respecto a la costa.
- b) Se presenta en el período cálido comprendido entre el final de la primavera y el comienzo de otoño, con máxima ocurrencia en los meses de verano, siendo las más peligrosas las que se presentan a la tarde y al anochecer.
- c) En general, el tiempo bueno, soleado y estable se toma rápidamente en tiempo ventoso, nublado y, a veces, con chubascos. En consecuencia, se pica el mar y aumenta el oleaje.
- d) Es un fenómeno con vorticidad, arremolinado, con grandes y bruscos cambios en la dirección y fuerza del viento.

Usabiaga distingue tres tipos de galernas y describe sus circunstancias diferenciales, y les califica como típica, frontal e híbrida. Expone para cada tipo el mapa de superficie: en la situación sin óptica de la galerna típica no hay frentes en las cercanías de la Península Ibérica y puede aparecer una depresión, de carácter término, en su centro; en la galerna frontal hay una baja presión con centro al norte de la Península y con un frente frío u ocluido en dirección meridional; y en la galerna híbrida hay bajas presiones

relativas en la Península y un frente paralelo a la cornisa cantábrica, formándose una depresión relativa y secundaria al oeste de Galicia. Esta clasificación es ideal, puesto que la realidad suele ser más o menos parecida a uno de estos tipos.

En este trabajo hemos analizado los mapas en altura correspondientes a un ejemplo de cada uno de esos tipos, para poder añadir algunas características que permitan al meteorólogo detectar las condiciones propicias para su formación y, por tanto, predecir con más seguridad la presencia de la galerna, a fin de evitar, en lo posible, los daños humanos y materiales que pueden ocasionar. Usamos los mapas de las 00 UTC del día que ocurrió la galerna, tomados del Boletín Meteorológico Europeo publicado por el Wetterdienst. Dado que Usabiaga destaca el carácter ciclónico de este fenómeno, vamos a analizar desde esta óptica los ejemplos de cada uno de los tipos antes mencionados, aplicando las consecuencias del teorema de la vorticidad potencial tal como hemos expuesto en un trabajo anterior (Garmendia 1987).

2. GALERNA TÍPICA

Se presenta en las costas vascongadas de junio a septiembre y casi siempre entre las 15 y 18 horas solares. Analizamos los mapas del día 19-7-1984: A los distintos niveles aparece una baja presión centrada en 45° N, 13° W, lo que proporciona vientos del SW en el noroeste de la Península que, en la mitad este, se transforman en circulación anticiclónica débil (véase fig.1 mapa de los 700 hPa). Es una situación de buen tiempo en España.

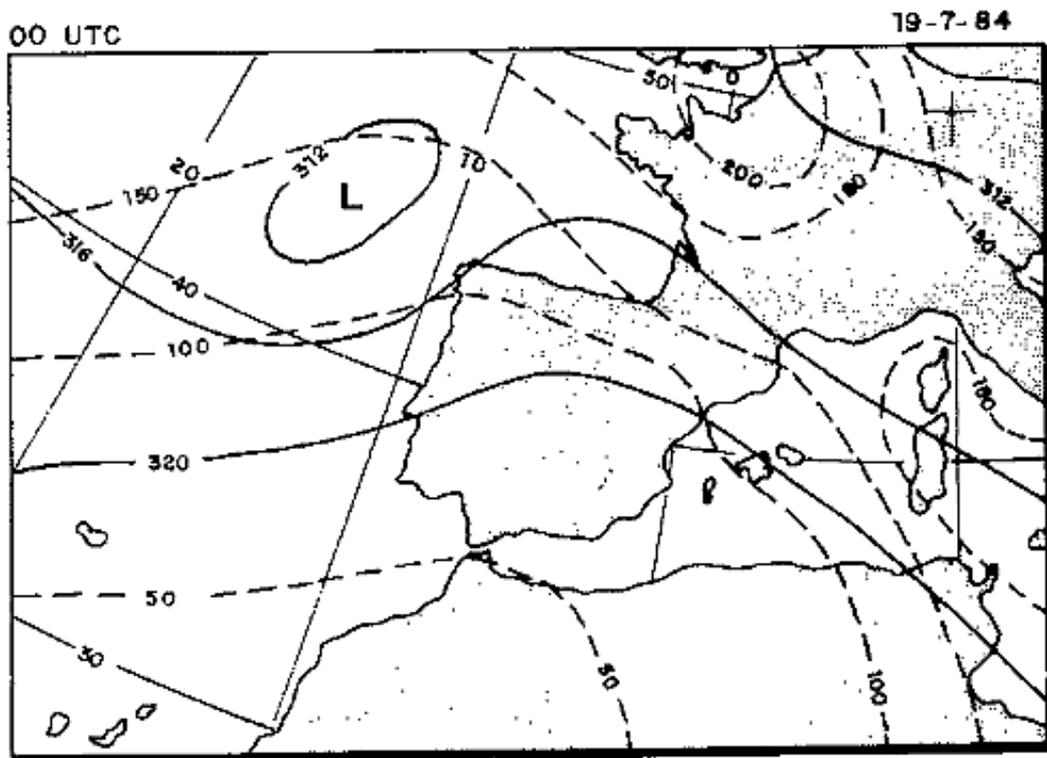


Fig. 1a

Figura 1a: Mapa de Isohipsas a 700 hPa

Mapa de estabilidad $\Delta M = M_{500} - M_{850}$

A) Advección de vorticidad. En el nivel de 500 hPa hay curvatura ciclónica en la parte más occidental de la Península, siendo nula, o anticiclónica débil en el resto. Por tanto no hay advección de vorticidad hacia el mar Cantábrico.

B) Advección de mayores espesores. El mapa de espesores entre 500/1000 hPa presenta una cresta o cuña, cuyo eje coincide con el meridiano 4° W; y como las isohipsas de 700 hPa son casi paralelas a las isolíneas de igual espesor, este término es de acción prácticamente nula.

C) Advección de menor estabilidad. Las isolíneas de estabilidad de estratificación de aire seco de las columnas entre los 850 y 500 hPa se cruzan con el viento medio de 700 hPa, lo que hará disminuir la estabilidad en la parte oriental del mar Cantábrico (fig. 1a). Esta disminución de estabilidad se ve claramente trazando las isolíneas de variación del potencial de Montgomery (fig. 1b), cuyo cálculo en cada lugar del sondeo atmosférico es sencillo (Alcalá 1986), en base a la expresión

$$h = C_p T + gz + l \cdot q = C_p(T + 2,5q) + gz$$

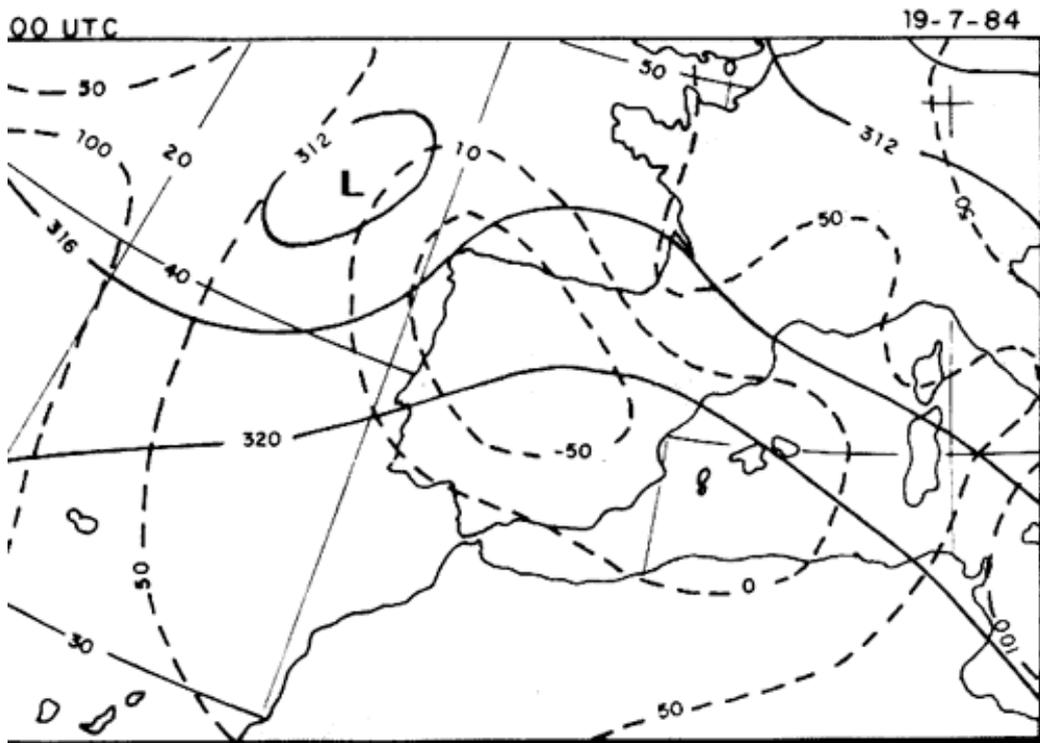


Fig. 1b

Figura 1b: Mapa de Isohipsas a 700 hPa

Mapa de estabilidad $\Delta h = h_{500} - h_{850}$

Esas isolíneas de $\Delta h = h_{500} - h_{850}$ presentan un núcleo de inestabilidad centrado entre La Coruña y Madrid, que los vientos del SW a 700 hPa transportarán hacia el mar Cantábrico, disminuyendo, por tanto, la estabilidad en esa zona y haciéndose el aire, al menos, higrolábil o convectivamente inestable.

D) Presencia de máximos de temperatura. Por lo dicho al hablar de espesores, en la parte oriental del mar Cantábrico hay un máximo relativo de espesores, o sea, de columnas de mínima densidad. Se ve en los mapas que, al norte del mar Cantábrico, las temperaturas son inferiores, es decir, las densidades del aire son mayores, por lo que

hay un gradiente horizontal de temperaturas en sentido meridional. En el mapa de superficie hay una masa de aire cálido que ocupa el valle del río Ebro, cuyo traslado al mar Cantábrico reforzaría el gradiente de temperatura mencionado.

3. GALERNA FRONTAL

Según Usabiaga se presenta entre los meses de abril y octubre, normalmente en julio y agosto. Analizamos ahora la situación del día 13-7-1985 a las 00 UTC. En el mapa de superficie hay dos centros de bajas presiones relativas de 1015 hPa, uno en las costas gallegas y otro en Madrid. La primera baja tiene una línea de discontinuidad a lo largo del meridiano 10° W. En los mapas en altura hay una línea de vaguada hacia los 17° W, proveniente de una depresión profunda centrada al norte del Reino Unido. En esa línea según los meridianos y hacia los 40° N, se aprecia también una baja secundaria en los mapas en altura. Consecuencia de esta situación tenemos vientos del SW, con curvatura ciclónica, que soplan hacia la Península, y que se transforman en circulación anticiclónica débil en su vertical. Es una situación de buen tiempo para la Península.

A) Advección de vorticidad. En el nivel de 500 hPa, y por lo dicho anteriormente, podemos tomar, en promedio, que la curvatura de las isolíneas es nula y que no presentan modificaciones corriente abajo. Por tanto, este término no favorece la creación de vorticidad en el mar Cantábrico.

B) Advección de mayores espesores. En el mapa de espesores de 500/1000 hPa hay un eje de máximos según el meridiano que pasa por el Cantábrico oriental. Al oeste de ese meridiano los vientos en 700 hPa son casi paralelos a las isolíneas de espesor, por lo que la advección de espesores es casi nula.

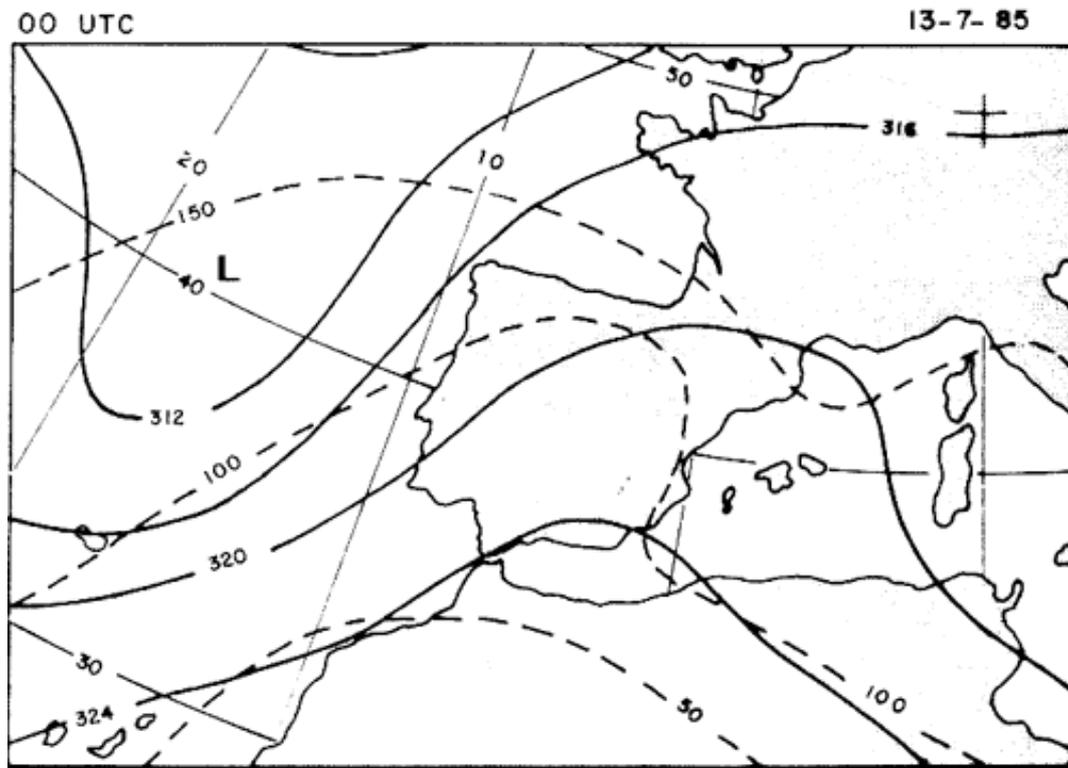


Fig. 2a

Figura 2a: Mapa de Isohipsas a 700 hPa

Mapa de estabilidad $\Delta M = M_{500} - M_{850}$



C) Advección de menor estabilidad. La estabilidad de estratificación del aire seco (fig. 2a) es pequeña en el mar Cantábrico y los vientos en 700 hPa harán que disminuya más. Hay una cuña de mínimo de estabilidad del potencial de Montgomery húmedo (fig. 2b) con eje coincidente con el de espesores. En consecuencia, en la parte oriental del mar Cantábrico hay, según este término, máxima tendencia al aumento de vorticidad.

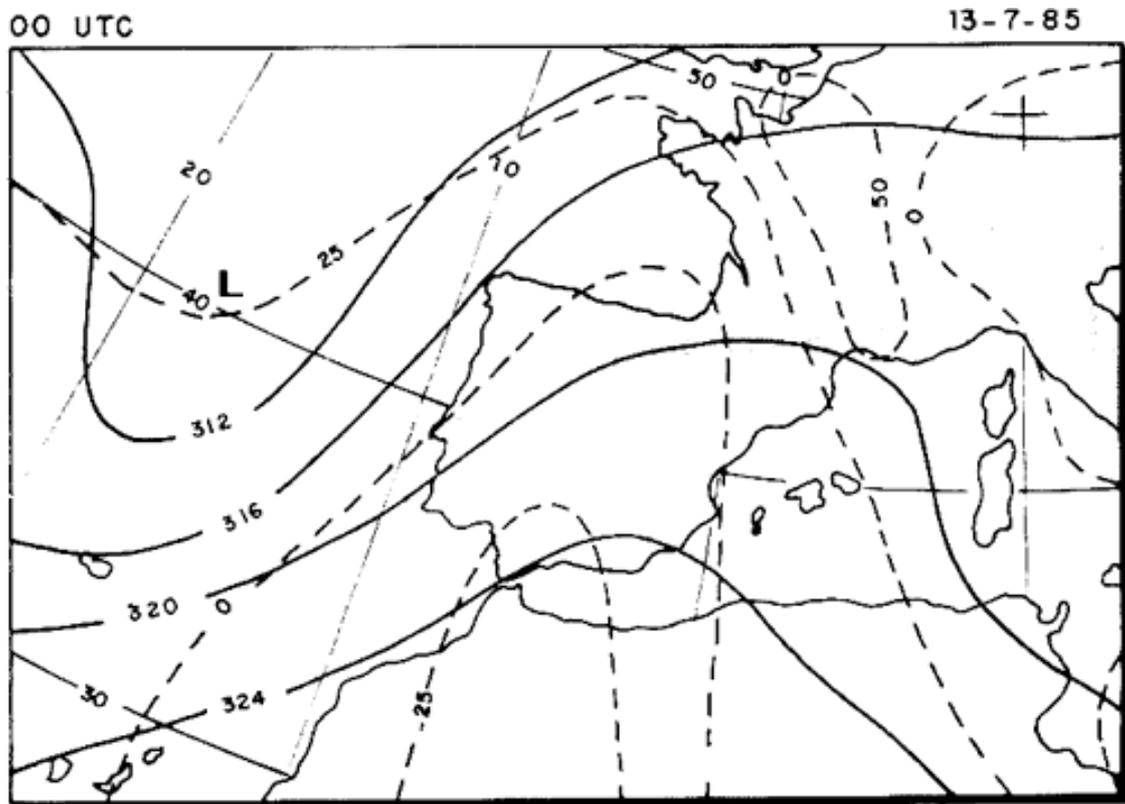


Fig. 2b

Figura 2b: Mapa de Isohipsas a 700 hPa

Mapa de estabilidad $\Delta h = h_{500} - h_{850}$

D) Presencia de máximos de temperatura. En la parte oriental del mar Cantábrico hay un máximo relativo de columnas cálidas, o sea, de mínima densidad. Más al norte las temperaturas son más bajas, por la que hay un gradiente horizontal de temperaturas en el sentido meridional, bastante acusado en las cotas más bajas. En el valle del Ebro hay temperaturas elevadas; su masa de aire cálido será trasladada al Cantábrico oriental con la situación sin óptica de superficie descrita anteriormente.

4. GALERNA HÍBRIDA

Usabiaga señala como época de ocurrencia de este tipo de galerna entre los meses de abril y octubre, pero habitualmente en primavera, en el tránsito de invierno a verano, cuando hay intercambios energéticos destacados en la atmósfera y en el mar. Analizamos aquí la galerna que acaeció el día 7 de junio de 1987.

A los distintos niveles de la atmósfera hay una baja presión centrada en las Islas Británicas Con una vaguada fría orientada hacia las Islas Azores, lo que origina vientos

del WSW en el mar Cantábrico. En la Península la presión en la superficie presenta un pantano barométrico entre dos centros de altas presiones, uno situado a 40° N, 14° E, y otro a 30° N, 21° W.

A) Advección de vorticidad. En el nivel de 500 hPa la curvatura de las líneas de corriente es casi nula en el mar Cantábrico, y, además, las isolíneas son paralelas por lo que no hay difluencia ni variación de curvatura a lo largo de esas líneas. En consecuencia, este término no influye en la ciclogénesis.

B) Advección de mayores espesores. Al ser las líneas de espesor de la topografía relativa S 00/1000 hPa casi paralelas a las isohipsas de 700 hPa, este término tampoco influye en la ciclogénesis. Pero al ser grande el gradiente de espesores indica un fuerte cambio de temperatura de norte a sur.

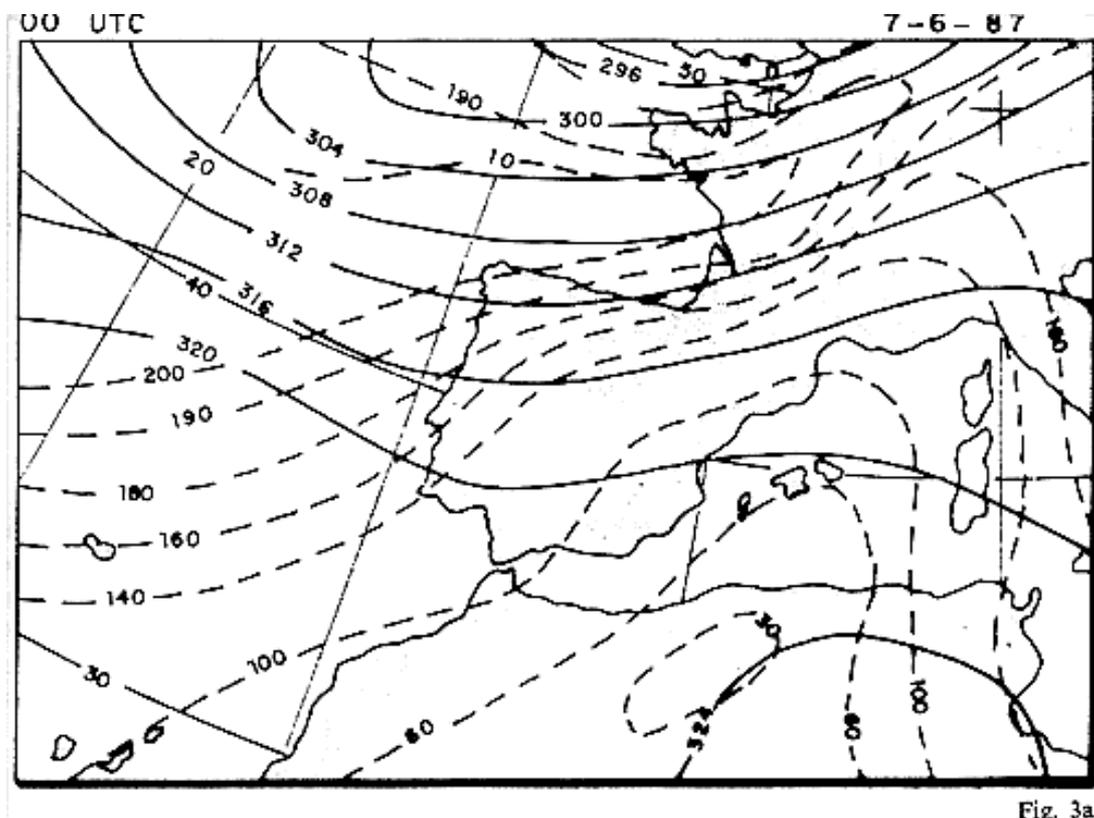


Figura 3a: Mapa de Isohipsas a 700 hPa

Mapa de estabilidad $\Delta M = M_{500} - M_{850}$

C) Advección de menor estabilidad. La estratificación del aire seco es muy estable en el mar Cantábrico (fig. 3a), aunque disminuye en su parte oriental, por lo que la advección traerá columnas de mayor índice de estabilidad hacia esta zona. Por el contrario, la diferencia de potencial de Montgomery húmedo, $\Delta h = h_{500} - h_{850}$, (fig. 3b), muestra una estabilidad pequeña en la parte oriental del mar Cantábrico, lo que significa que puede haber higrolabilidad e inestabilidad convectiva, si se aumenta la temperatura del aire junto al suelo.

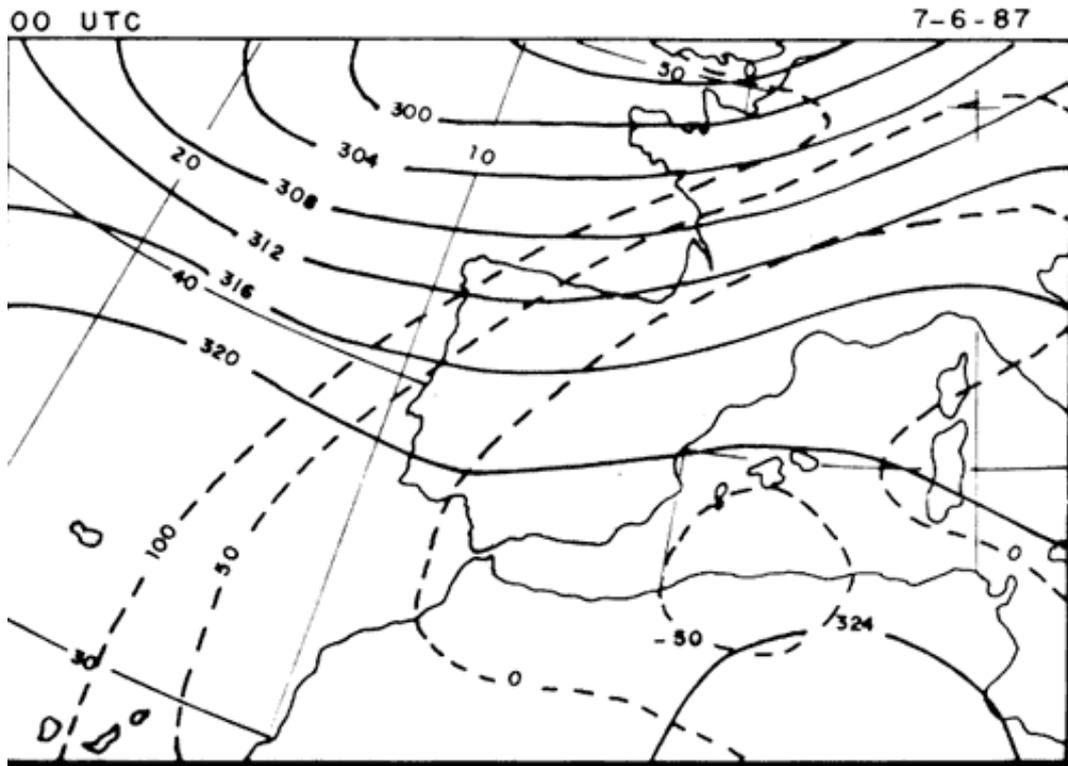


Fig. 3b

Figura 3b: Mapa de Isohipsas a 700 hPa

Mapa de estabilidad $\Delta h = h_{500} - h_{850}$

D) Presencia de máximos de temperatura. En la parte oriental del mar Cantábrico hay un máximo relativo de espesores, o sea, de mínimos de densidad. Como dijimos antes hay también un gradiente horizontal fuerte cuasi-meridional de temperatura que aparece en las cotas bajas al nivel del mar, a 700 hPa y hasta a 500 hPa, con un valor máximo para el recodo oriental de ese mar, que forma una especie de "ensenada cálida". Además, la situación sin óptica favorece, a bajos niveles, un flujo de aire cálido hacia el mar Cantábrico oriental.

RESUMEN y CONCLUSIONES

Vamos a resumir en forma esquemática la posible acción de los distintos términos que intervienen en la ciclogénesis o desarrollo de las borrascas en cada uno de los tipos de galernas: Al ser nulas las acciones (A) y (B), fundamentales para que se produzcan lluvias intensas, la precipitación será predominantemente débil y de poca extensión. Las acciones (C) y (D) actúan en áreas pequeñas y originan tormentas locales, con gran fuerza del viento en el área de máximo gradiente horizontal de temperaturas.

Como dice Usabiaga, en la época veraniega se forman, entre los mares Mediterráneo y Cantábrico, paquetes espesos de masas de aire cálido que, a veces, se relacionan con las bajas térmicas relativas de la Península. Estos paquetes de aire cálido se presentan en las costas vascas a causa del viento, dado que las cimas de las montañas vascas son las más bajas entre las cordilleras Cántabra y Pirenaica.

Este fenómeno puede extremar más el gradiente horizontal de temperaturas, ocasionando un lugar idóneo para los fenómenos violentos.

Con sólo estos casos no se pueden tener conclusiones definitivas. Esperamos que alguna institución tome la iniciativa de promover el análisis detallado de más casos, para obtener resultados fiables y definitivos que permitan hacer más seguros los pronósticos y avisos sobre la génesis y presencia de las galernas. Aparte, las instituciones públicas deben dotar a los centros de predicción de medios técnicos nuevos, para la localización de las galernas y la divulgación rápida de los avisos consiguientes.

6.- BIBLIOGRAFÍA

ALCALÁ, A. (1986). "La distribución de la energía como método de predicción de fenómenos convectivos atmosféricos". Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.

GARMENDIA, M. J., GARMENDIA, J. (1987). "Aplicación del teorema de Ertel". XXI Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física. Salamanca.

GARMENDIA, M. J., MATEOS, J., GARCÍA, E., GARMENDIA, J. (1988). "Aplicación del término de estabilidad en el desarrollo de las borrascas en los días 25 y 26 de agosto de 1983". Lurralde, 11, pp. 95-102.

USABIAGA, J. I. A. (1988). "Meteorología Hiztegia". UZEI, Elkar S. A. San Sebastián, Donostia.