

HIPÓTESIS ACERCA DE LA FORMACIÓN DE UNA GALERNA TÍPICA

E. Arasti
J. L. Arteche
P. Sanz
F. J. Ortiz

(G.P.V. de Santandei-, -INM-)

RESUMEN

En el presente estudio se expone un modelo conceptual capaz de explicar la formación y propagación de la galerna típica, intentando así llenar el vacío de ciertos criterios existente hasta ahora. Según este modelo la galerna típica es un fenómeno comprendido entre la micro y la mesoescala que se origina al converger dos masas de aire de muy distintas características térmicas. La convergencia de estas masas y por tanto la propagación de la galerna típica está regida por el campo sinóptico de la presión.

1. Definición y características.

J. I. Álvarez Usabiaga ha clasificado las galernas en tres tipos: frontales, híbridas y típicas (Usabiaga, 1988). Las dos primeras están asociadas al paso de frentes fríos y son las más violentas. En este trabajo trataremos sólo de las galernas típicas.

La galerna típica es un fenómeno más o menos violento -a veces muy violento- típico de la mitad oriental de la costa cantábrica y sobre todo del Golfo de Vizcaya, caracterizado básicamente por una súbita irrupción de viento húmedo y fresco del NW que corta con extrema brusquedad una situación de tiempo apacible, temperaturas altas, humedad baja y vientos muy flojos de componente sur o bien brisas.

La mar pasa de estar llana o rizada a marejada, fuerte marejada o gruesa dependiendo de la intensidad del fenómeno.

Se desplaza de W a E siguiendo la línea de costa. Este "orden" que sigue la galerna en su desplazamiento sugiere cierta organización interna.

El viento de la galerna típica no es pronosticable por los modelos numéricos usuales de predicción por lo cual es indispensable un modelo conceptual del fenómeno.

Por último, tanto el valor del viento como el de las demás variables que caracterizan la galerna típica dependen fuertemente del lugar de observación.

En la Figura 1 se muestra la gráfica de la estación automática de Lequeitio en un día de galerna típica. Antes de las 14 UTC soplabla la brisa. La temperatura era muy alta, superior a los 30°C. La humedad relativa muy baja (40%). A las 14 UTC rola el viento al SW. Esto es un ejemplo claro de que las variables que definen la galerna dependen fuertemente del lugar de observación.

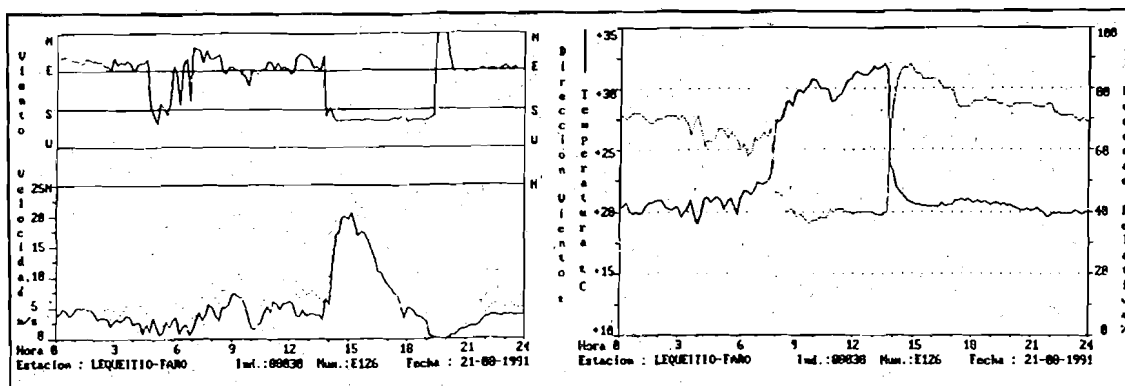


Figura 1

En general la rolada del viento en la mayoría de los observatorios es del WNW. En Lequeitio éstos deben estar "apantallados" por algún efecto orográfico o de emplazamiento de la estación. El viento arrecia hasta alcanzar 40 nudos con raclias cercanas a 50 nudos, descendiendo poco después.

En la Figura 2 se muestra la gráfica de viento y temperatura de la estación automática de Sondica (Aeropuerto de Bilbao). Valiéndonos de esta gráfica veamos las características fundamentales de la galerna típica en cuanto a viento y temperatura. Antes de la galerna sopla un viento débil del SE. La temperatura es de 31°C. A las 13,20 UTC rola el viento al NW pero sigue siendo flojo. A partir de ahí el viento aumenta gradualmente tardando 40 minutos en alcanzar el viento máximo, en este caso 22 nudos con raclias de 33 nudos. Así se mantiene otros 30 minutos, descendiendo gradualmente a partir de ahí.

Podemos decir que la galerna típica en este caso dura unas dos horas de las cuales la primera es la de mayor intensidad.

El mayor descenso de temperatura ocurre con las primeras rachas; en los primeros 15 minutos la temperatura baja de 31°C a 25°C. A partir de ahí desciende gradualmente hasta 22°C, aproximadamente la temperatura del mar.

2. Modelo conceptual.

Según este modelo la galerna típica se origina por el gradiente de temperatura/presión que se crea al converger dos masas de aire de características térmicas muy diferentes (Jansá, 1990). Este gradiente debe de estar comprendido

entre la escala Micro (200 m - 3 km / minutos) y la escala Meso (2 km - 30 km / horas).

Creemos que parte del exceso de energía potencial que tiene la masa cálida sobre la fría se transforma en energía cinética.

Hagamos algunos cálculos "aproximados". Consideremos que la superficie isobárica de 950 mb está a una altitud constante de 500 m. La presión en el suelo será:

$$P = 950 \cdot \exp[g \cdot 500 / (R \cdot \bar{T})]$$

donde \bar{T} es la temperatura media barométrica virtual.

Suponemos que $\bar{T} = T - a \cdot 500$, donde:

- * $a = 0,3^\circ/100m$
- * T es la temperatura en el suelo

Para $T = 20^\circ C$ obtenemos una presión en el suelo de 1007,3 mb.

Para $T = 30^\circ C$ obtenemos una presión en el suelo de 1005,4 mb.

Es decir, una convergencia de masas muy diferentes en los niveles más bajos de la troposfera puede dar lugar a un gradiente de presión lo suficientemente grande como para generar los vientos que se observan.

Una vez que se produce la galerna típica: ¿Se advecta a sí misma o hay algún mecanismo rector exterior?

En la Figura S se comparan los campos de viento y de presión un día de galerna típica.

COMUNICACIÓN A4

San Vicente de la Barquera se encuentra cerca de Llanes, hacia el Este. En la gráfica de presión de San Vicente se observa que antes de las 10 UTC la presión baja y sin embargo a partir de las 10 UTC sube. La rolada al NW en Llanes se produce sobre las 10 UTC.

presión baja, a partir de las 14 'sube y muy bruscamente al principio. La rolada se produce en Sondica un poco antes de las 14 UTC.

En la plataforma "Gaviota" (mar adentro al N del Cabo Machichaco), antes de las 14 UTC la

Zumaya se encuentra al W de Fuenterrabía, algo alejada. La rolada en Zumaya se produce sobre las 15. En Fuenterrabía, antes de las 16 la presión baja y después sube. La rolada en Fuenterrabía coincide también con la subida de presión.

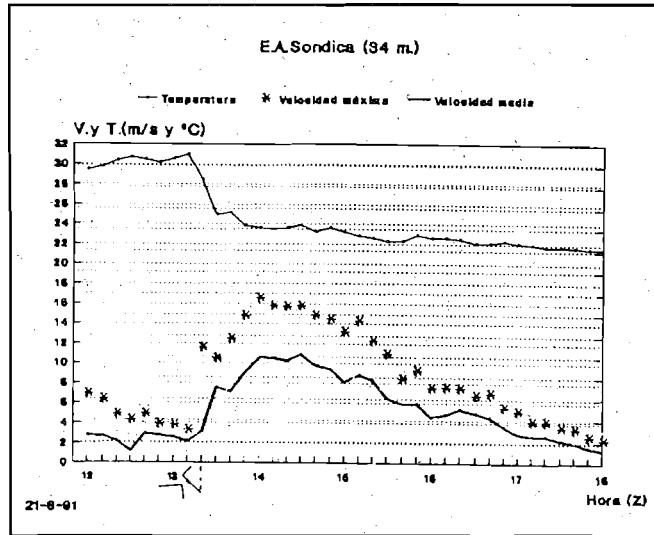


Figura 2

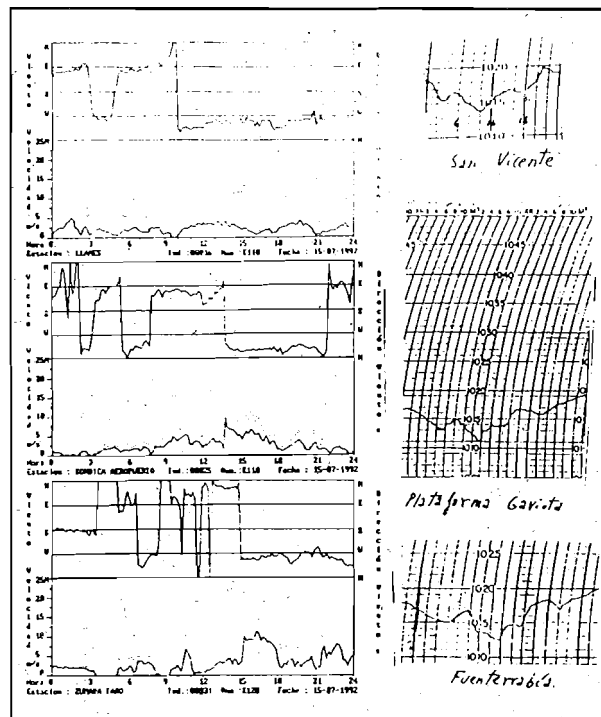


Figura 3

Parece que existe una relación entre la galerna típica y el campo de presión sinóptico.

En Llanes la rolada parece que está producida por la variación del campo de presión sinóptico ya que no se produce galerna. Observando la gráfica de temperatura de la estación automática de Llanes (no se muestra) vemos que no hay cambio de temperatura. Es decir, en Llanes no se produce galerna típica porque no existe el ingrediente básico: masas diferentes.

Parece razonable pensar que en los demás observatorios donde sí ha habido galerna, la rolada está originada también por la variación del campo sinóptico de presión. Es decir, la rolada al W, característica fundamental de la galerna, creemos que depende del campo sinóptico de la presión.

Una vez que el viento ha rolado al NW se produce la convergencia entre una masa fría y húmeda del NW y otra masa cálida y seca de componente E, generándose el gradiente de temperatura/presión mesoescalar que acelera el viento.

De esta manera, es el campo sinóptico de presión el que genera la galerna típica y rige su propagación hacia el Este. Veamos esto más detenidamente con ayuda de la Figura 4.

Esta figura corresponde a la estación automática de Biarritz. Vemos que la presión antes de las 15 UTC desciende y después sube. A partir de las 15,18 la presión sube más bruscamente, y a las 15,24 -en plena subida de presión- se produce la rolada al W, débil todavía. Seis minutos más tarde el viento continúa del W débil (8 nudos) pero ya con rachas de 28 nudos. La temperatura todavía -12 minutos después de la rolada- está próxima a 30°C. Seis minutos más tarde la temperatura ha bajado 5°C aproximadamente y el viento ha aumentado considerablemente. Obsérvese el paralelismo entre el campo de presión y el de viento. Esto concuerda con nuestra hipótesis. Vemos que entre la rolada al W y el inicio de la galerna hay aproximadamente 15 minutos de diferencia. Este es el tiempo que se necesita para que la convergencia de masas origine el gradiente de temperatura/presión que acelere el viento.

3. Situaciones típicas.

En este apartado comentaremos las características sinópticas de situaciones de galerna típica. No se trata únicamente de dar una serie de rasgos comunes a todas ellas, lo cual sería de escaso valor. Pretendemos analizar a partir del marco sinóptico los factores mesoescalares necesarios para que se origine una galerna típica. Ese

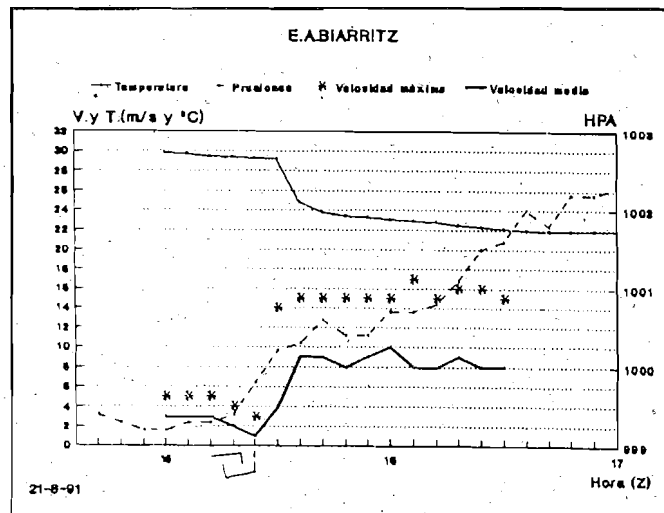


Figura 4

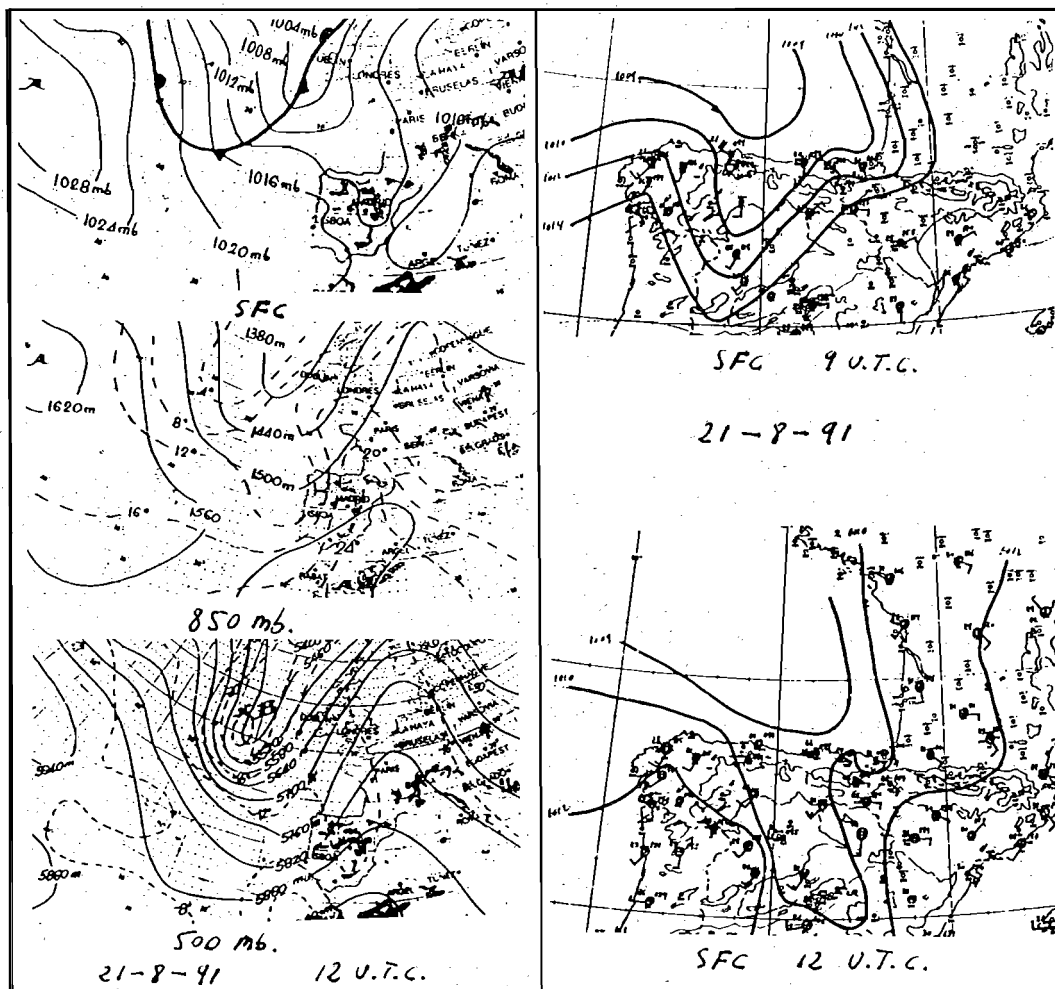


Figura 5

Figura 6

análisis lo haremos, claro está, basándonos en el modelo conceptual que acabamos de exponer.

El análisis de superficie de la Figura 5 presenta un gradiente de presión sinóptico incapaz de explicar el fuerte viento asociado a la galerna típica que se encontraba en su momento álgido en Santander.

En 850 mb hay un flujo del SW con potente dorsal térmica cuyo eje pasa por San Sebastián.

En 500 mb tenemos una vaguada con pequeña longitud de onda respecto a la dorsal.

En Figura 6 se presentan los análisis mesoescalares de superficie de 9 y 12 UTC. En ambos hay circulación de baja sobre el Cantábrico. En el análisis de 12, el fuerte viento en Santander no puede ser explicado por el gradiente sinóptico de presión, pero sí su dirección. Es decir, el

análisis se ha realizado en base al modelo conceptual ya explicado. Como según éste, la rolada está forzada por el campo sinóptico de presión - y no por algún factor mesoescalar inobservable en los mapas sinópticos- adecuamos el campo isobárico sinóptico a la dirección del viento que se observa.

En la zona comprendida entre Santander y Bilbao -justo donde se está produciendo la galerna típica- hay un fuerte contraste de temperatura y viento.

La Figura 7 muestra los análisis mesoescalares de superficie de 15 y 18 UTC.

A las 15 la galerna ya está disipada en Santander, se encuentra en su punto álgido en Lekeitio, y todavía no se ha producido en San Sebastián. El campo isobárico explica la dirección de los vientos que se observan aunque no su

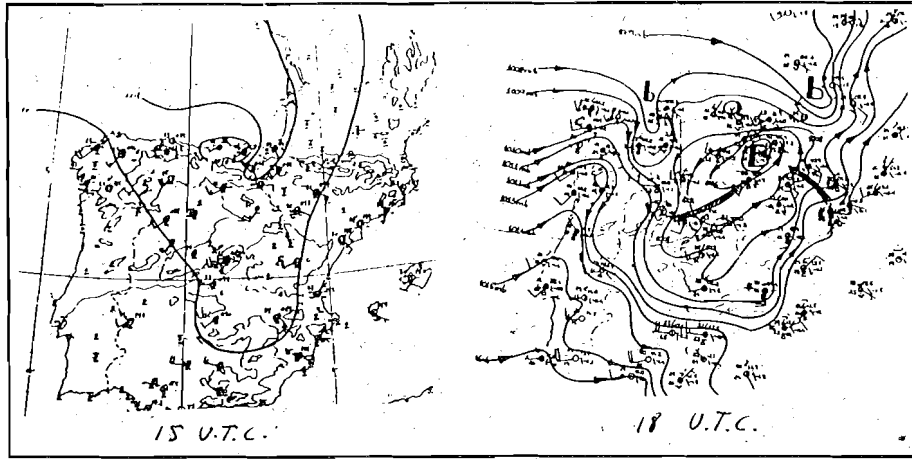


Figura 7

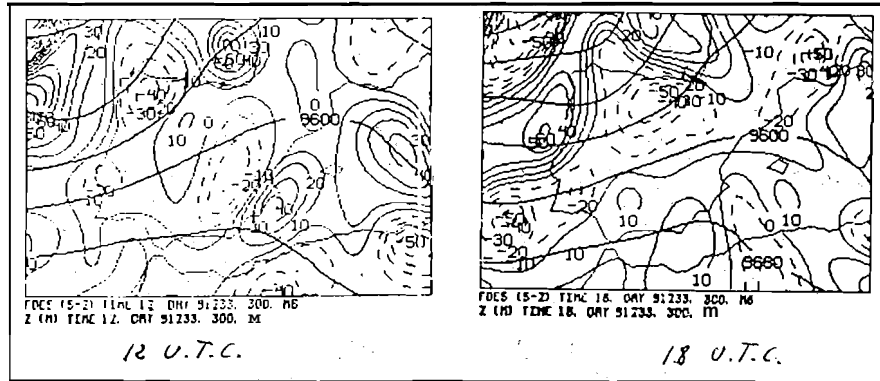


Figura 8

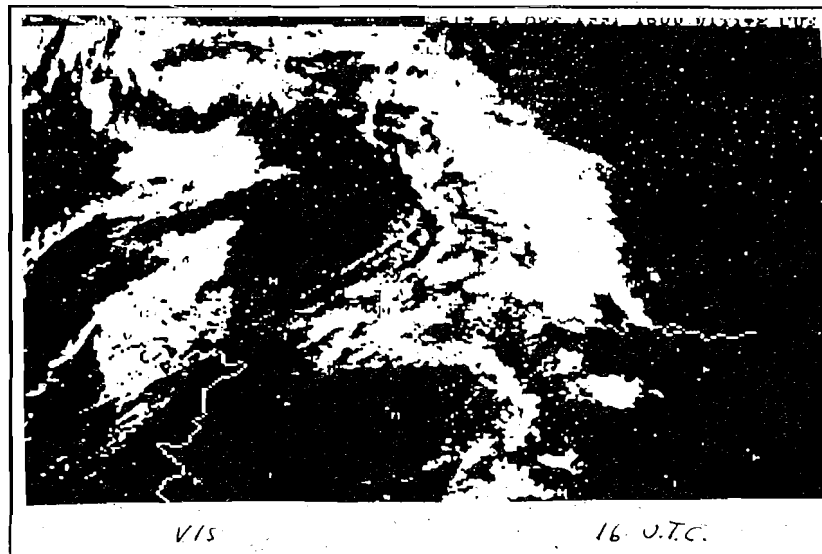


Figura 9

velocidad. Obsérvese el núcleo de altas presiones relativas sobre Cantabria y Vizcaya.

A las 18 el núcleo de la depresión relativa se ha trasladado al País Vasco Francés. Continúan las altas presiones relativas sobre Cantabria y Vizcaya. Obsérvese cómo la variación en la configuración isobárica fuerza la rotación del viento y por lo tanto origina y dirige la galerna típica.

Esto se percibe claramente en los análisis mesoescales superficiales del día 21-8-91, sin embargo en los análisis de situaciones de galernas típicas más débiles no se observa fácilmente la relación que creemos que existe entre el campo sinóptico de presión y la galerna típica.

En la Figura 8 tenemos el campo de la tendencia de la divergencia horizontal en 300 mb.

El flujo atmosférico que no se encuentra en equilibrio geostrofico se caracteriza por aceleraciones/desaceleraciones que generan divergencia o convergencia. Allí donde se esté produciendo divergencia habrá ascensos. Estos ascensos no están explicados por la dinámica cuasigeostrofica (S.T.A.P., 1992). Puede observarse en la figura cómo la nubosidad está asociada a las regiones en que la tendencia de la divergencia en 300 mb es positiva. Sin embargo, la zona sin nubosidad se corresponde con valores de tendencia de la divergencia negativos (convergencia) y por tanto subsidencia.

La existencia de flujo desequilibrado en niveles medios-altos suele ocurrir con:

- i) La llegada de un máximo de viento relativo a una zona difluente en altura.
- ii) La disminución de la longitud de onda de una perturbación atlántica con la dorsal de bloqueo meridional europea.

El segundo caso corresponde a la situación del día 21-8-91.

En la Figura 9 obsérvese la concordancia que hay entre el campo de presión en superficie y el campo de tendencia de la divergencia horizontal en 300 mb. La zona de valores negativos de la tendencia de la divergencia penetra hacia el Cantábrico Oriental pudiendo deberse a esto las altas presiones relativas que se observan sobre esa región. Esto coincide con el desplazamiento de la baja relativa en superficie hacia el País Vasco Francés.

En la Figura 10 vemos que la galerna está en su momento álgido en Bilbao mientras que en Santander está en periodo de disipación. En la zona comprendida entre San Vicente y Bilbao hay divergencia de masa en superficie. Luego debe de haber convergencia de masa en altura que fuerce movimientos descendentes necesarios para equilibrar la pérdida de masa en superficie. Esto concuerda con el hecho de que la presión suba después de producirse la galerna.

En la Figura 11 vemos la imposibilidad de que la galerna típica se adecte a sí misma.

Supongamos que la estructura de convergencia/divergencia en altura permaneciera estacionaria y que la galerna típica se propagase hacia el Este. Para la zona rayada tendríamos tanto en altura como en superficie divergencia. Como estas condiciones son imposibles de cumplir la galerna se disiparía. Según esto la galerna típica necesita una estructura que la mantenga.

En la Figura 12 tenemos otra situación propicia a generar convergencia de masas térmicamente diferentes en superficie y por lo tanto galernas típicas. Esto se pone de manifiesto en el análisis mesoescalar.

En la Figura 13 puede observarse la variación en el campo de presión. Podemos ver que la presión ha subido en Santander y Bilbao. Ahora la isobara de 1016 mb está próxima a Bilbao pero a 12 UTC la configuración sinóptica forzaba un SE sobre Bilbao y a las 15 fuerza un NW. Esto concuerda con nuestro modelo conceptual. Obsérvese que de nuevo están enfrentados los vientos entre Bilbao y San Sebastián.

En 850 mb de nuevo hay dorsal térmica con eje orientado en la dirección SE-NW.

En 500 mb hay vaguada con pequeña longitud de onda respecto a la dorsal.

En la Figura 14 tenemos otra situación de galerna típica. A 12 UTC en superficie hay pantano barométrico. Sin embargo, en Santander ya se ha producido la galerna típica. En este mapa sinóptico hay algo que debe ponernos sobre aviso. Se trata de la existencia de dos circulaciones diferentes que pueden originar convergencia en superficie. En el análisis mesoescalar vemos la cuña de altas presiones que penetra por el Cantábrico Occidental. Los vientos son consistentes con el campo sinóptico. Obsérvese el gran contraste térmico y de viento que existe entre Santander y Bilbao.

III SIMPOSIO NACIONAL DE PREDICCIÓN

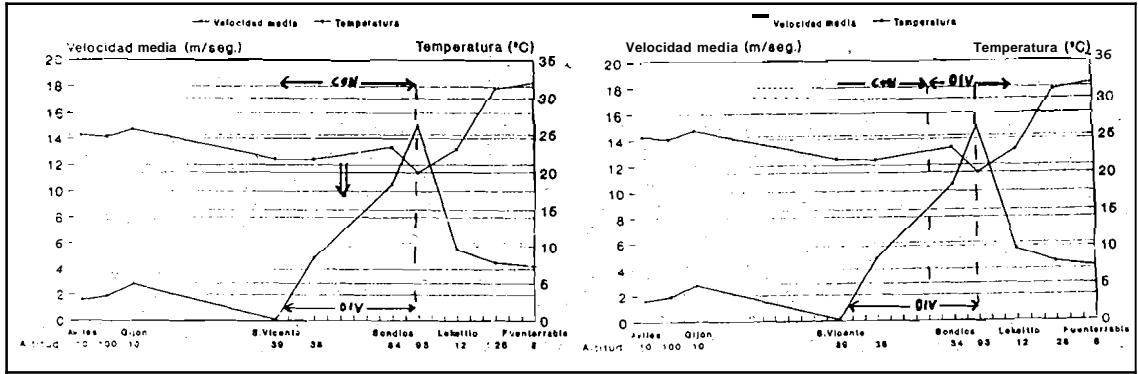


Figura 10

Figura 11

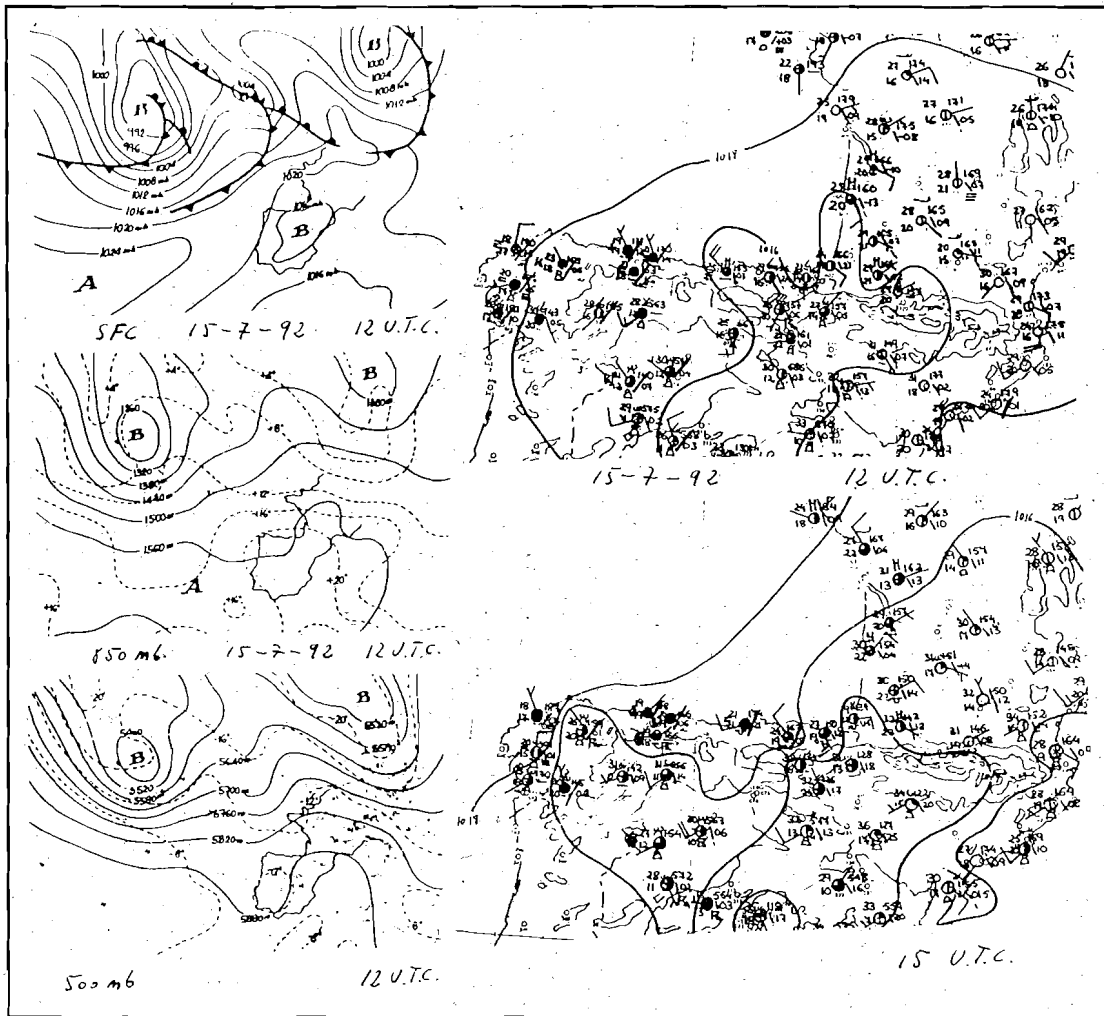


Figura 12

Figura 13

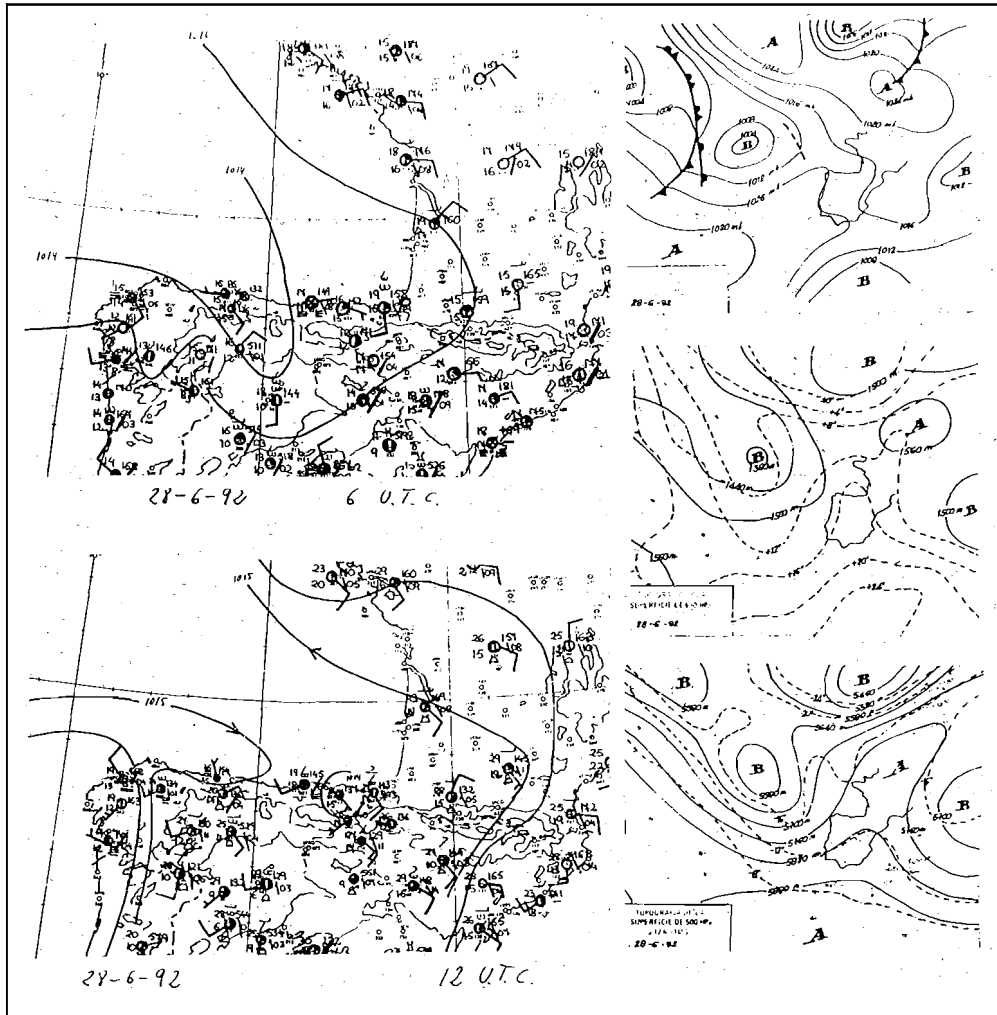


Figura 14

Figura 15

En la Figura 15 de nuevo se observa en 850 mb la dorsal térmica ligeramente inclinada en el sentido NW-SE.

En 500 mb tenemos otra vez una vaguada con dorsal muy aguda y poca longitud de onda.

4. **Otros factores que influyei.**

i) La estabilidad **atmosférica** en los niveles más bajos:

Cuanto mayor sea la estabilidad en los niveles más bajos de la atmósfera menor será el volunien de aire en el que se reparte el calor proveniente del calentamiento del suelo y por lo tanto más rápido y mayor es el aumento que

experimenta la temperatura del aire. Esto acentúa naturalmente el contraste térmico. Es lógico pensar que la convergencia de masas sea más eficiente con atmósfera estable ya que los movimientos verticales son inhibidos.

ii) Viento del gradiente del SW en superficie:

Este viento inhibe la brisa y por lo tanto acentúa el calentamiento. Favorece también la entrada brusca de la brisa al ser sustituido por el WNW de la rolada.

iii) **Temperatura** del'agua del mar:

Cuanto más fria niayor será el contraste térmico. Tanibién facilita la formación y entrada de estratos.

iv) Disparo de la convección:

Si se vence la fuerte estabilidad en los niveles más bajos de la troposfera y se dispara la convección, es lógico pensar que la convergencia de masas de aire en superficie se inhibiría. Por lo tanto debería suceder que la galerna típica se disipase o se debilitase. Esto todavía no lo hemos observado.

Conclusiones.

Hemos expuesto un sencillo modelo conceptual que explica la génesis y características de las galernas típicas. Es necesario tener un modelo conceptual de este fenómeno que llene el vacío de criterios existentes hasta ahora.

Según este modelo la galerna típica está originada por un gradiente de temperatura/presión que se origina al converger en los niveles más bajos de la atmósfera dos masas de aire de diferente termicidad. El campo sinóptico de presión fuerza la convergencia de masas y rige el movimiento de la galerna.

¿Puede que el campo sinóptico de presión sea la manifestación de una estructura más compleja que alimiente y gobierne su movimiento?.

Otros factores mesoescales como la estabilidad en los niveles más bajos de la troposfera, temperatura del agua del mar, existencia o no de flujo desequilibrado en niveles medios y altos influyen de manera importante.

La geografía de la zona propicia la llegada al Cantábrico de una masa de aire que circula por una meseta recalentada (fuente elevada de calor) (Jansá, 1990) y que posteriormente desciende hasta el mar con el consiguiente aumento de temperatura.

De cara a la predicción es importante conocer el marco sinóptico apropiado que por un lado propicie la existencia de dos masas de aire muy distintas en el Cantábrico y por otro fuerce su convergencia.

La posibilidad reciente de tener cortes verticales de diferentes campos meteorológicos creemos que será de gran ayuda en la predicción y estudio de este fenómeno.

De todas maneras pensamos que los modelos numéricos de alta resolución o adaptaciones a las salidas de los modelos usuales son la "herramienta" más adecuada tanto para el estudio como para la predicción de la galerna típica.

Referencias.

- Jansá Clar, A. (1990). *Notas sobre análisis meteorológico mesoescalar en niveles atmosféricos bajos*. INM. pp. 31-35
- S.T.A.P. 1992. *Nota técnica sobre galernas*.
- Usabiaga Álvarez, J.I. (1988). *Apuntes sobre "el fenómeno de las galernas"*. Nota Técnica núm. 1. PREVIMET. Galernas. INM 1988.