

# ESTUDIO DE UNA SITUACIÓN FRONTAL: DIAGNOSIS Y OPEKATIVIDAD PARA LA PREDICCIÓN (\*)

Lucía de Esteban Jódar  
Antonio García Méndez  
Francisco Martín León  
Fermín Elizaga Rodríguez

(Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción, S.T.A.P.; -INM-)

## RESUMEN

*El objetivo de este trabajo es aplicar las herramientas propuestas para la localización y caracterización de frentes al caso de gradientes térmicos débiles. Se analiza, en profundidad, una situación de frentes en primavera, con características poco marcadas, atravesando España. Se parte del conocimiento de la evolución previa, se realiza el análisis de 00Z y, tras contrastar la fiabilidad del modelo numérico, se predice la posición de los frentes para 12 horas después. El resultado se contrasta con el análisis de 12Z para cuya realización se emplean todos los datos disponibles ('synops', satélite, radar; modelo numérico, ...).*

## 1. Introducción.

En la localización de frentes, como en cualquier otro tipo de situación meteorológica, nos encontramos con el problema de que, cuando los elementos están perfectamente marcados y bien definidos, todas las herramientas que queramos tener en cuenta para su localización y caracterización coinciden. El problema surge cuando las características del elemento meteorológico, objeto del estudio, no se presentan en todos y cada uno de los campos, directos y derivados, de forma clara y contundente, caso en el que el predictor operativo ha de incrementar sustancialmente el peso del componente subjetivo a la hora de interpretar el análisis y de realizar la predicción.

En este trabajo nos propusimos analizar en profundidad el caso de unos frentes fríos que atravesaron la Península Ibérica durante los días 25-29 de mayo de 1992. El objetivo de este estudio es aplicar la línea de trabajo propuesta en la Nota Técnica núm. 7 del S.T.A.P. (García Méndez y Elizaga, 1992).

Se trata de frentes con una advección fría poco marcada (se desarrollan en fechas pertenecientes ya al último tercio de la primavera), cuya nubosidad se observa muy bien en las imágenes de satélite, lo que nos ha obligado a replantearnos el intervalo y orden de magnitud del contorno de determinados campos, como es el caso del parámetro frontal térmico (PFT).

---

(\*) En la separata de este volumen hay cuatro imágenes en color correspondientes a esta comunicación.

**2. Situación previa.**

En las horas precedentes (Fig. 1, 26 de mayo de 1992, 18,00Z), se observa una descarga relativamente fría situada al NW de la Península, en la que se desarrollan muchas vaguadas de superficie, una tras otra. El frente frío principal aparece ya un poco desdibujado sobre el Este de Francia, habiendo dejado, a su paso, nubosidad y restos de convección sobre España. Se observa también bastante convección sobre Centroeuropa. En horas posteriores, las vaguadas desarrolladas en el seno del aire frío al NW de España continúan su evolución hacia el NE, penetrando las bandas nubosas en la Península hasta latitudes muy bajas.

Por otro lado, sobre el Atlántico existe un sistema frontal, ya ocluido, con un "conveyor" cálido muy bien definido. Para nuestro tiempo de estudio, sólo veremos aproximarse su frente cálido a Portugal; la banda nubosa, marcada con A, es consecuencia de una frontera cálida existente dentro del sector cálido de este sistema frontal y se mantendrá presente durante toda la evolución.

Para las 18,00Z del 27 de mayo de 1992 (Figura 2), un frente plenamente desarrollado y ya ocluido afecta al NW de España; otra oclusión, más al Norte de la anterior, se encuentra estancada en la zona de deformación al igual que una frontera cálida situada sobre el Norte de Francia y Países Bajos, la convección sobre el centro francés se ha desarrollado bastante gracias al calentamiento diurno (no olvidemos que ya esta-

mos a finales de mayo) y a la inestabilidad existente.

**3. Localización de los frentes a las 00Z del 28 de mayo de 1992.**

**3.1. Imagen de satélite.**

Para las 00Z del día 28 de mayo, la imagen de satélite IR (Fig. 3) muestra este aspecto:

- Una línea de nubosidad más realzada por el centro de la Península que parece enganchar con el frente cálido al W de Portugal (marcada con la letra A en la Fig. 3).

- Otra banda nubosa diferenciada de la primera y al Este de la misma (letra B en la Fig. 3).

- Otras bandas nubosas, de mucha menor entidad, en la nubosidad del núcleo frío, lo que nos da idea de que siguen desarrollándose vaguadas dentro del seno de la descarga relativamente fría (zona C de la Fig. 3).

- Nubosidad al W de Portugal, consecuencia del frente cálido del Atlántico (indicada con D en la Fig. 3).

- Nubosidad, al Sur de la anterior, que responde a la continuidad de la frontera cálida mencionada en la explicación de la imagen del 26 a las 18Z (letra E).

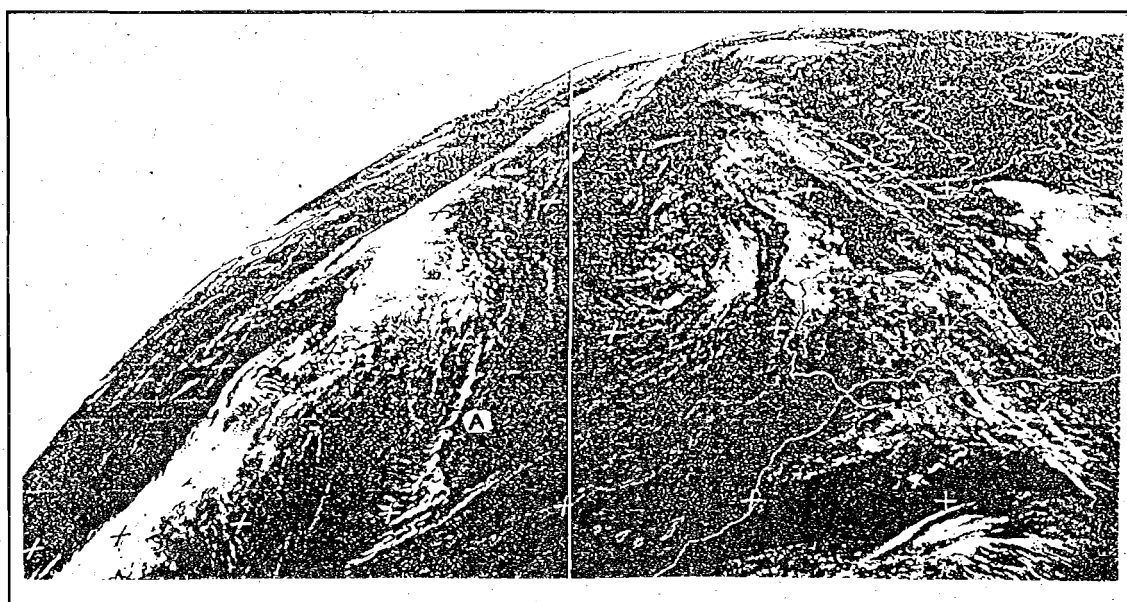


Figura 1.- IR 26 de mayo de 1992 a 18Z

**3.2. Situación en altura.**

Existe una situación de bloqueo provocada por un intenso anticiclón situado sobre el Norte de Europa con una baja principal al NW de la Península Ibérica y otra baja al SE de Europa (configuración en omega). Los máximos de viento en 300 mb son los que se muestran en la Fig. 4.

**3.3. Datos de observación y campos del análisis del LAM.**

Se han reanalizado las topografías absolutas, empezando por la de 300 mb y hacia niveles

bajos, buscando su concordancia con la información proporcionada por las imágenes de satélite. Posteriormente, utilizamos los campos propuestos en la Nota Técnica núm. 7 del Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción (S.T.A.P.).

Hemos observado que, debido a los débiles gradientes térmicos existentes, el PFT apenas nos daba señal. Por ejemplo, el PFT en 850 mb (véase la Fig. 7) da una débil señal sobre la zona de la banda nubosa B de la Fig. 3 y no marca nada sobre la banda A. La advección de THW (Fig. 7) sí se ve más acentuada, inostrando una advección fría sobre toda la Península, más marcada en la zona Norte.

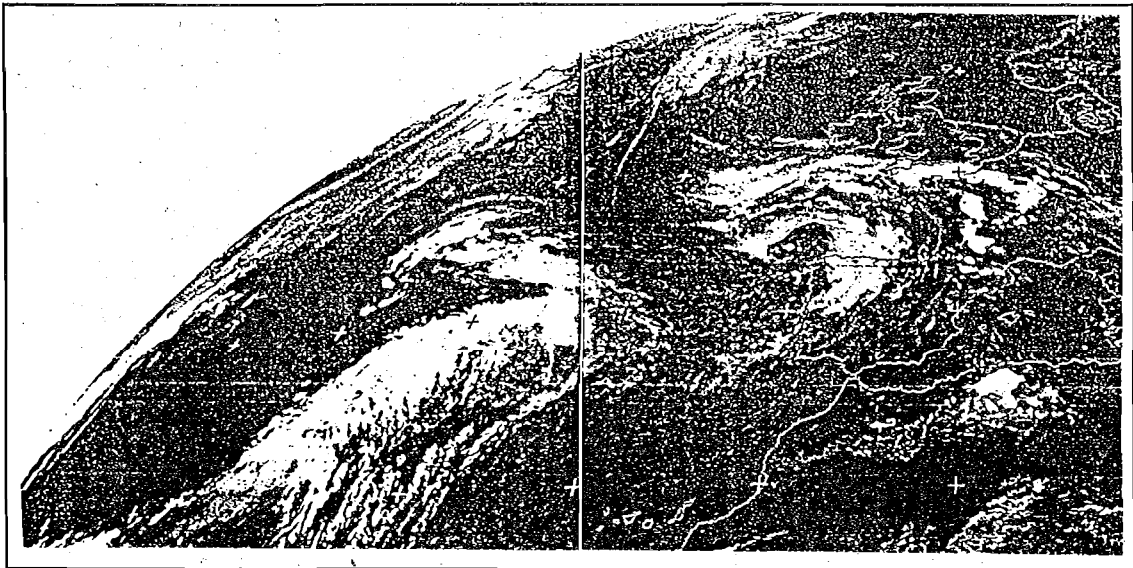


Figura 2.- IR 27 de mayo de 1992 a 18Z

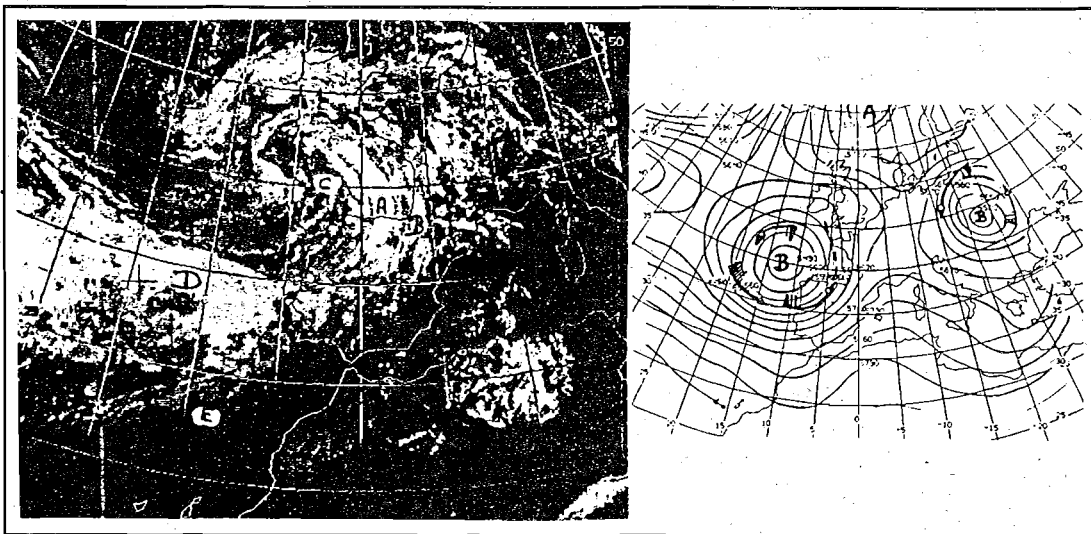


Figura 3.- IR 28 de mayo de 1992 a 00Z

Figura 4.-  $Z_{500}$   $SPD_{300}$

Si contorneamos el PFT en 850 con un orden de magnitud inferior ( $1,10^{-6} \text{ K km}^{-2}$ ) (Fig. 8), obtenemos una distribución de este campo mucho más acorde con la imagen de satélite:

- las dos bandas nubosas y sus oclusiones están diferenciadas.
- El frente cálido al W de Portugal.
- La frontera cálida al Sur del anterior.

Por contra, aparecen otras muchas señales que no se corresponden con frentes, como la frontera cálida en el Norte de África, propia de esta época del año. (No olvidemos que estamos ya en el último tercio de la primavera).

Lo mismo ocurre con la PFT de 700 mb (Figs. 9 y 10). En la PFT de 500 mb, no tiene sentido este cambio de escala ya que lo que nos muestra, como se explica claramente en la Nota Técnica, es la zona de máximos de viento.

Con respecto a los demás campos, reseñamos que:

- De la superposición del geopotencial de 1.000 mb (Fig. 5) sobre la imagen de satélite, se aprecia claramente que el modelo ha situado muy bien el centro de la baja. Si nos fijamos ahora en el campo de temperatura potencial del termómetro húmedo (Fig. 5), el trazado del frente frío coincide bastante bien con la idea previa que, con sólo la imagen, nos habíamos formado, incluso en la parte de Portugal, donde todo, imagen y modelo, queda un poco desdibujado. De hecho y como cabía esperar, la función frontogenética, QS, nos da valores negativos (frontolisis) en esta zona (Figura 6). Ya fuera de la Península, se observa también

claramente la zona de elevado gradiente de la THW sobre la masa nubosa correspondiente al frente cálido situado sobre el Atlántico, al Oeste de Portugal.

- El campo de la humedad en 700 mb (Figura 9) nos delimita muy fielmente el sistema frontal, englobando los dos frentes y las dos oclusiones. Marca también la frontera cálida al Norte de Francia.

- La advección de vorticidad en 500 mb (Fig. 12. Zona A) cae encima de la zona de oclusión, lo que encaja con el modelo conceptual.

Para hacernos una idea más global de los sistemas frontales a esta hora, se han trazado los frentes y fronteras a escala sinóptica (Fig. 13), siguiendo fielmente los máximos del PFT en 850 y la información proporcionada por los demás campos. Las oclusiones comienzan donde los máximos de viento en altura cortan a los frentes. El carácter frío de la advección en la zona de las oclusiones nos determina el tipo de oclusión de que se trata.

Decididos ya por este trazado de los frentes, realizamos el análisis mesoescalar con los *synops* de 00Z (Fig. 14) y transcribimos los frentes a superficie, esperando que se vean modulados por efectos de mesoescala, como así ocurre con la ondulación del frente más avanzado.

### 3.4. Otros datos.

Se podría hacer uso de los datos del radar, mediante la imagen de la composición nacional, para apreciar las zonas de mayor reflectividad, pero no se dispone de la misma.

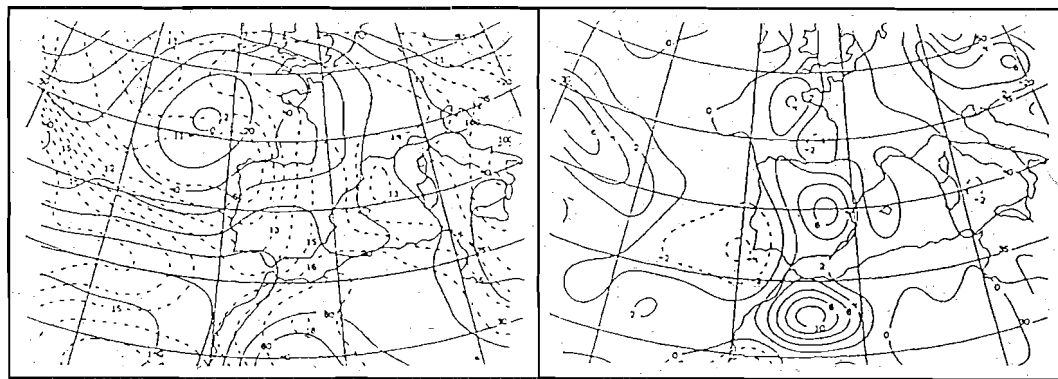


Fig. 5.-  $Z_{1000}$  THW,,

Fig. 6.-  $QS_{850}$

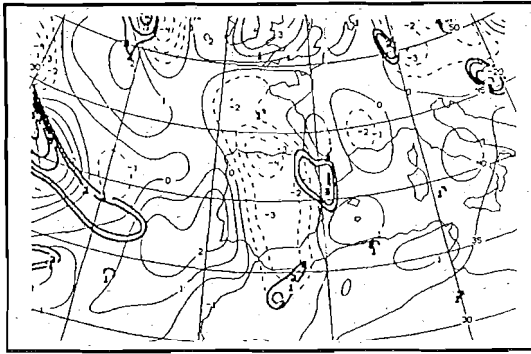


Fig. 7.- PFT<sub>...</sub> (\*) ADTHW<sub>...</sub>

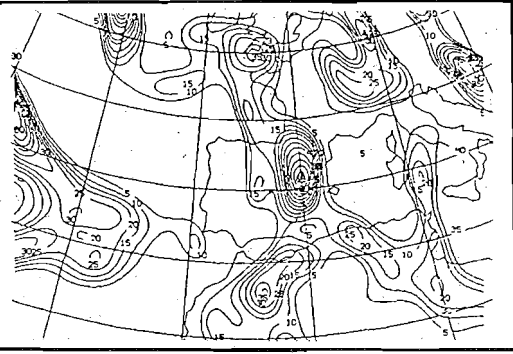


Fig. 8.- PFT<sub>...</sub> (\*\*)

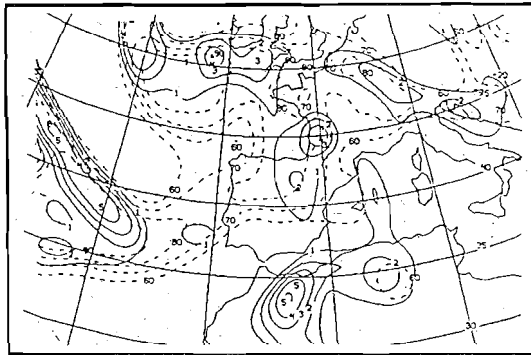


Fig. 9.- PFT<sub>700</sub> (\*) RH<sub>700</sub>

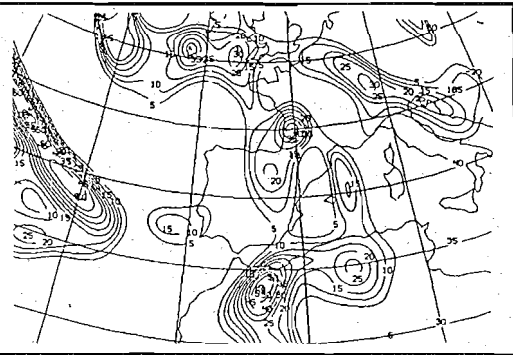


Fig. 10.- PFT<sub>700</sub> (\*\*)

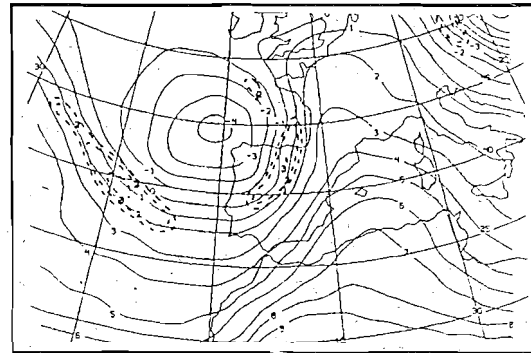


Fig. 11.- PFT<sub>500</sub> (\*) ESP<sub>500/1000</sub>

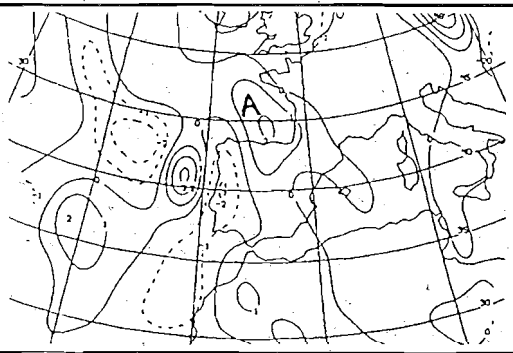


Fig. 12.- AVRG<sub>500</sub>

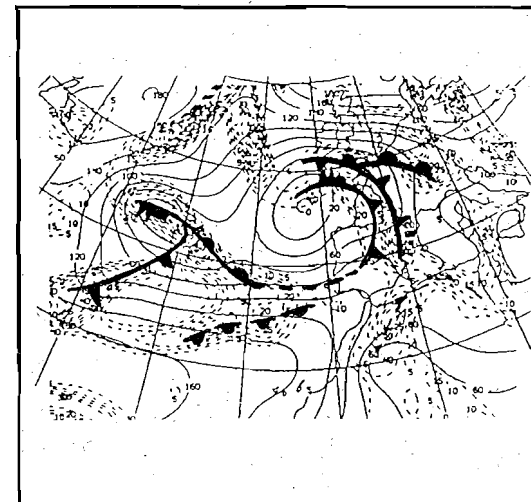


Fig. 13.- PFT<sub>850</sub> Z<sub>1000</sub>

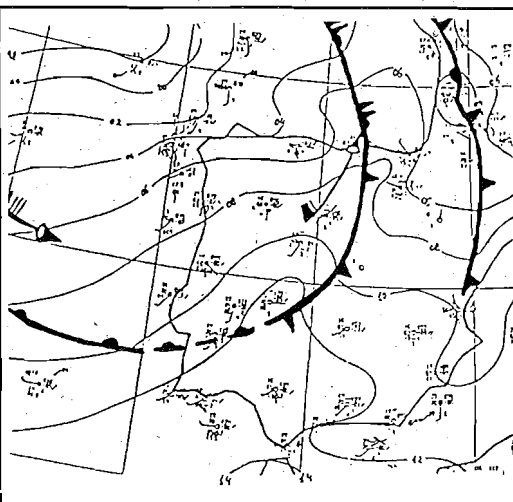


Fig. 14.- PSL

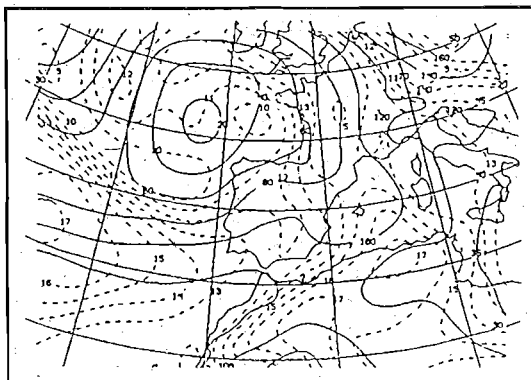


Fig. 15.a.-  $Z_{1000}$  THW,,,

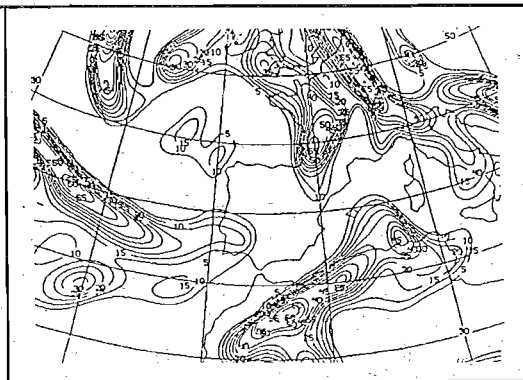


Fig. 15.b.- PFT,, (\*\*)

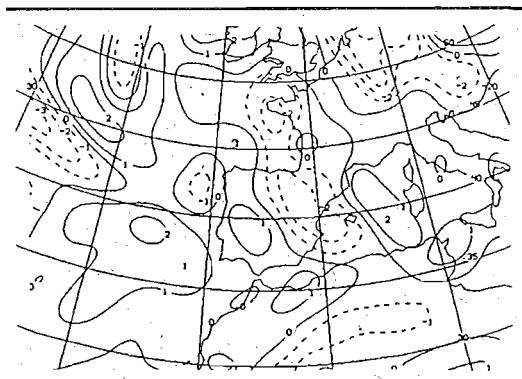


Fig. 15.c.- ADTHW,,,

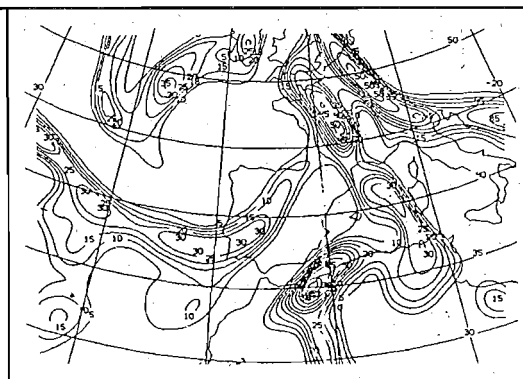


Fig. 15.d.-  $PFT_{700}$  (\*\*)

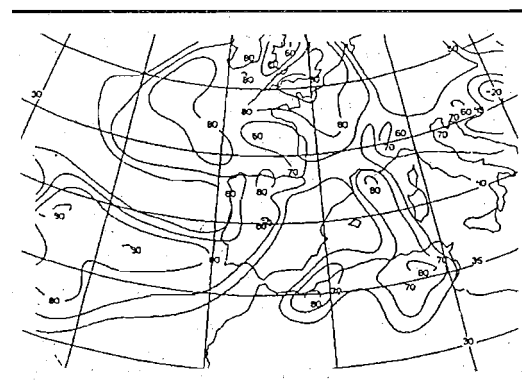


Fig. 15.e.- RH,,

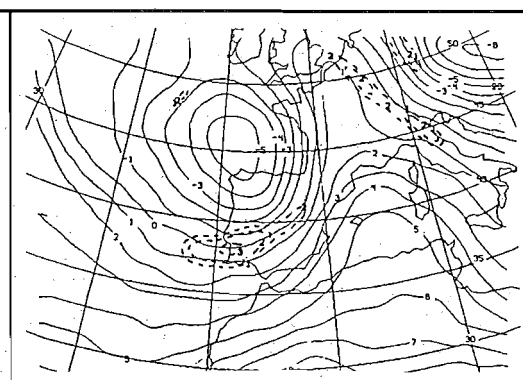


Fig. 15.f.-  $PFT_{500}$  (\*)  $ESP_{500/1000}$

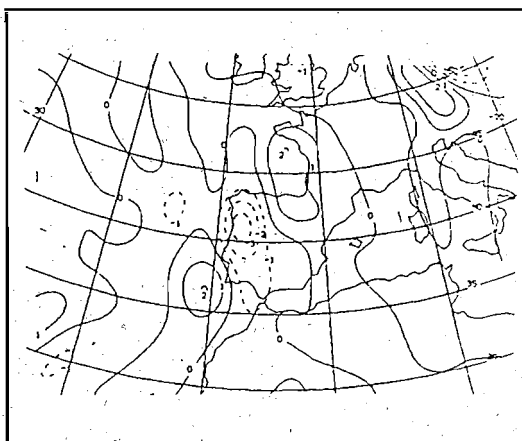


Fig. 15.g.- AVR,,,

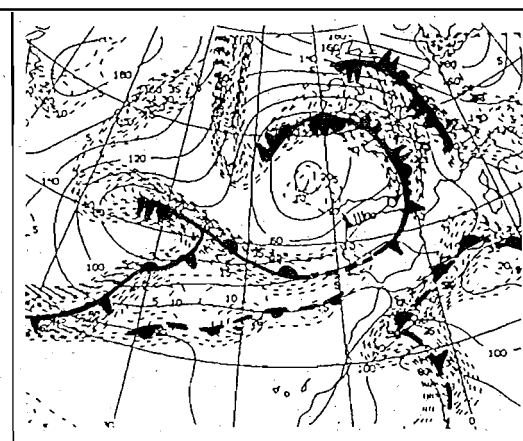


Fig. 16.-  $Z_{1000}$  PFT,,,

4. Predicción para las 12Z.

Decidimos hacer la predicción con el LAM de 00Z, a doce horas vista. Se han obtenido los campos derivados aconsejados por García Méndez y Elizaga para su localización y caracterización, pero con una escala diferente para la PFT de 850 mb y 700 mb (Fig. 15).

Comparando el análisis de 00Z con el H+12, se observa que el geopotencial de 1.000 mb nos da idea de que la baja apenas se ha movido pero que se va rellenando ligeramente. En cuanto a las advecciones de THW en 850 mb, el previsto nos muestra una disminución de la advección fría, perdiéndose ésta por completo en el Oeste de España.

La humedad en 700 mb presenta un máximo en la cornisa cantábrica, atribuible a la esperada retención de la nubosidad. La zona de máximos sobre el Oeste francés y el SW de Irlanda, por lógica evolución, corresponderá a la oclusión. El máximo situado al NW de Galicia deberá corresponder a la nubosidad del núcleo. Los máximos asociados al frente cálido al Oeste de Portugal siguen una evolución lógica y lo delimitan perfectamente. Los máximos de viento previstos nos ayudarán a determinar el punto de arranque de la oclusión.

Con todo ello, la posición de los frentes para las 12Z sería la que se representa en la Figura 16. Continúa presente la frontera cálida sobre el Atlántico, mencionada al explicar la imagen del 26 de mayo de 1992 a las 18 Z, y mucho más marcada la del Norte de África, con su respuesta fría, debido al efecto del calentamiento diurno.

5. Comparación con el análisis de 12Z.

5.1. Imágenes de satélite.

WV (Fig. 17): Se ve el centro de la baja perfectamente definido. Se aprecian tres vórtices secundarios: uno sobre Bretaña, otro sobre Galicia y otro al Oeste de Castilla-León. Se aprecia también una banda de-humedad sobre el Este peninsular separada de la zona de humedad que cubre todo el centro de la Península. En la zona de la oclusión, se diferencian perfectamente dos bandas.

IR, VIS (Figs. 18 y 19): A la imagen IR, se le ha aplicado un realce para destacar las nubes medias y altas. Al observar amhas imágenes, se aprecian los siguientes detalles:

- La organización de la nubosidad del núcleo de la baja.
- Las dos bandas nubosas paralelas entre sí en la zona de la oclusión.
- La coma sobre Galicia y Norte de Portugal, consecuencia de la generación de una vaguada en superficie. Son más bien nubes medias, con un cierto espesor.
- La nubosidad asociada al remolino sobre Bretaña.
- La banda de nubes con topes más altos sobre el centro de la Península, con bastante espesor, tal y como nos muestra la imagen VIS.

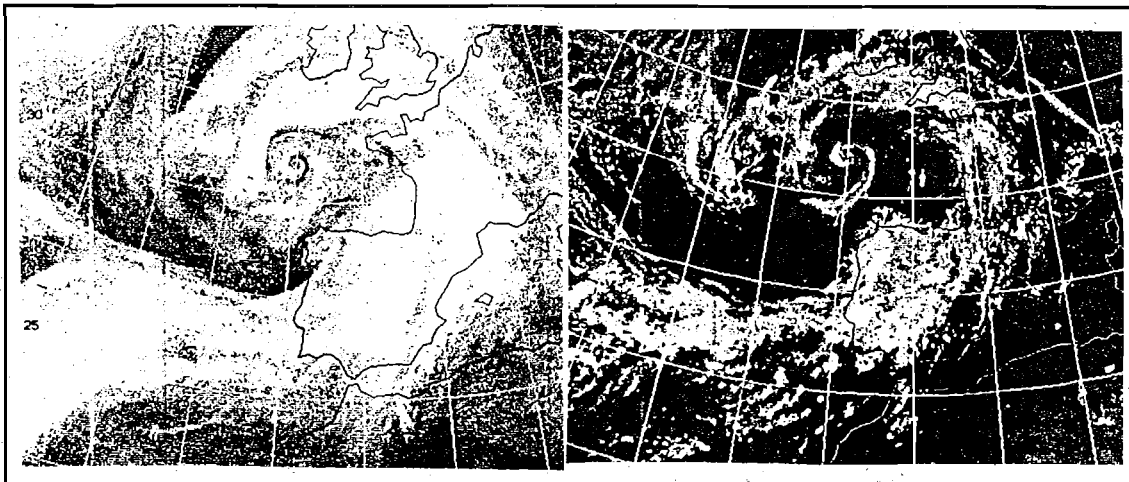


Fig. 17.- WV 28 de mayo de 1992 a 12Z

Fig. 18.- VIS 28 de mayo de 1992 a 12Z

- La banda de nubes con topes altos sobre el Este peninsular, constituida por nubes altas y delgadas (no se ve apenas en la imagen VIS), lo que nos da idea de estar asociada a un frente frío en altura).

tenidos del análisis de 122 (Fig. 20), observamos las siguientes diferencias):

- El campo previsto rellenaba un poco la baja, cosa que no ocurre en realidad (Geopotencial de 1.000 mb).

- La entrada de aire frío sobre-el NW de Francia es más acusada en la realidad que en el previsto, debiendo colocar la oclusión un poco más avanzada hacia el Este, lo que concuerda

**5.2. Campos derivados.**

Comparando los campos derivados previstos para las 122 con los campos derivados ob-

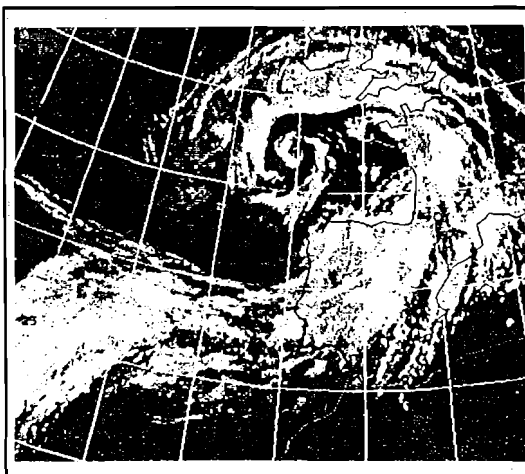


Fig. 19.- IR 28 de mayo de 1992 a 122

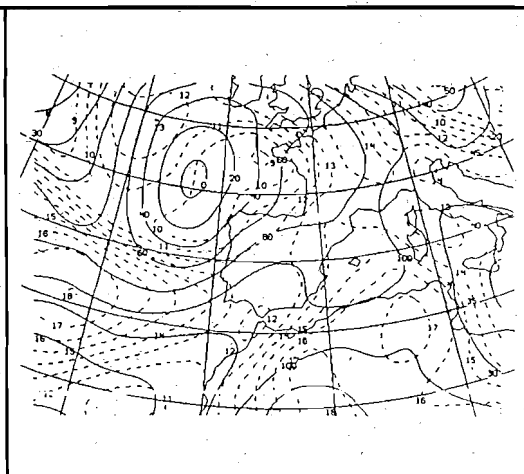


Fig. 20.a.- 2<sub>1000</sub> THW,,

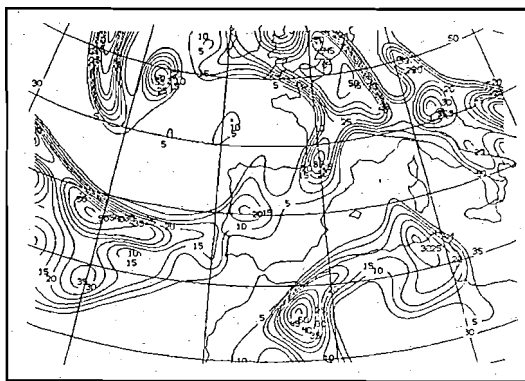


Fig. 20.b.- PFT,, (\*\*)

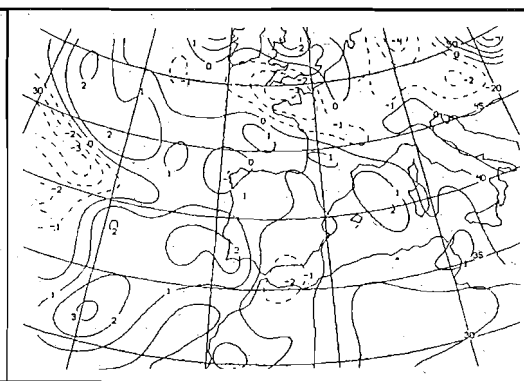


Fig. 20.c.- ADTHW,,

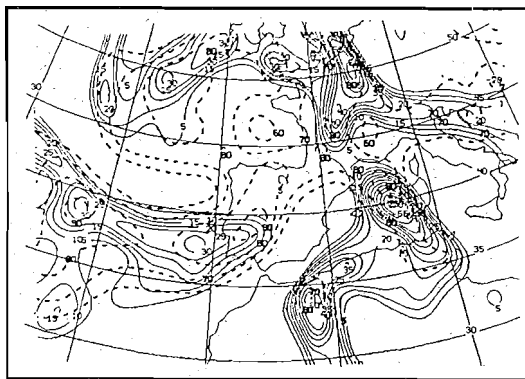


Fig. 20.d.- PFT<sub>700</sub> (e\*) RH<sub>700</sub>

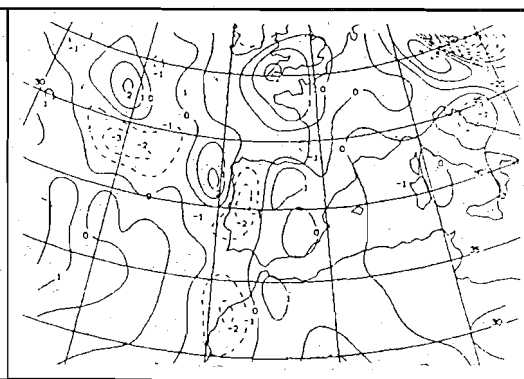


Fig. 20.e.- AVRG,,



mejor con la imagen de satélite (THW en 850 mb, PFT y advección de THW en 850 mb).

- En la imagen de satélite, existe una configuración de la nubosidad en forma de coma sobre Galicia, como consecuencia de un núcleo positivo de advección de vorticidad en 500 mb, reflejada en el análisis pero no en el previsto. La vaguada en superficie, existente en el análisis de mesoescala, queda también reflejada por el PFT de 850 mb en el análisis pero no en el previsto. La única manera de intuir este elemento sería suponer su formación por conocimiento de la historia del sistema, ya que se han ido formando vaguadas de superficie una tras otra.

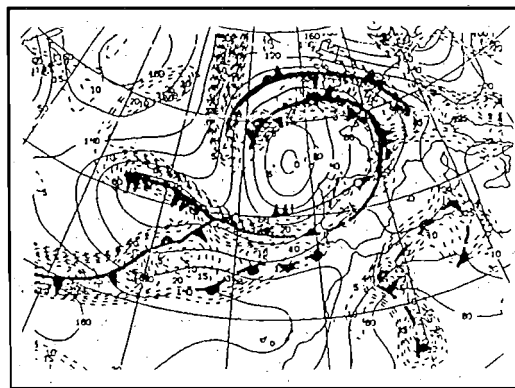


Fig. 21.- PFT, Z<sub>1000</sub>

**5.3. Imágenes radar de Madrid.**

Por su localización, el frente cae dentro de la zona de cobertura del radar de Madrid, y, en efecto, se presenta en la secuencia del PPI (Imagen A17-1 de la separata del libro) como una banda de reflectividades mayores, ficticiamente rota por la máscara de ecos de tierra al pasar por las cercanías del enclave del radar; al alejarse de esta zona, observamos el falso efecto de "reconstrucción" de la banda. Lo mismo se observa en la secuencia de Ecotop (Imagen A17-2 de la separata del libro), producto que no acusa tanto el efecto de la máscara de tierra.

Tanto en un producto como en el otro, se observa la continuidad de señal en la cara Sur del

Sistema Central, correspondiente a la provincia de Ávila, consecuencia del estancamiento orográfico del flujo húmedo del SW.

**5.4. Análisis mesoescalar y de altura.**

Una vez tratados los frentes en 850 mb (Figura 21), su transcripción a superficie requiere un análisis mesoescalar de los *synops* de 12Z y, por supuesto, una modulación para acoplar los frentes a los fenómenos de mesoescala, tal y como se refleja claramente en la Figura 22, donde se ha superpuesto la información proporcionada por el PPI de 12Z y la estructura nubosa en forma de coma, tal y como la muestran las imágenes de satélite.

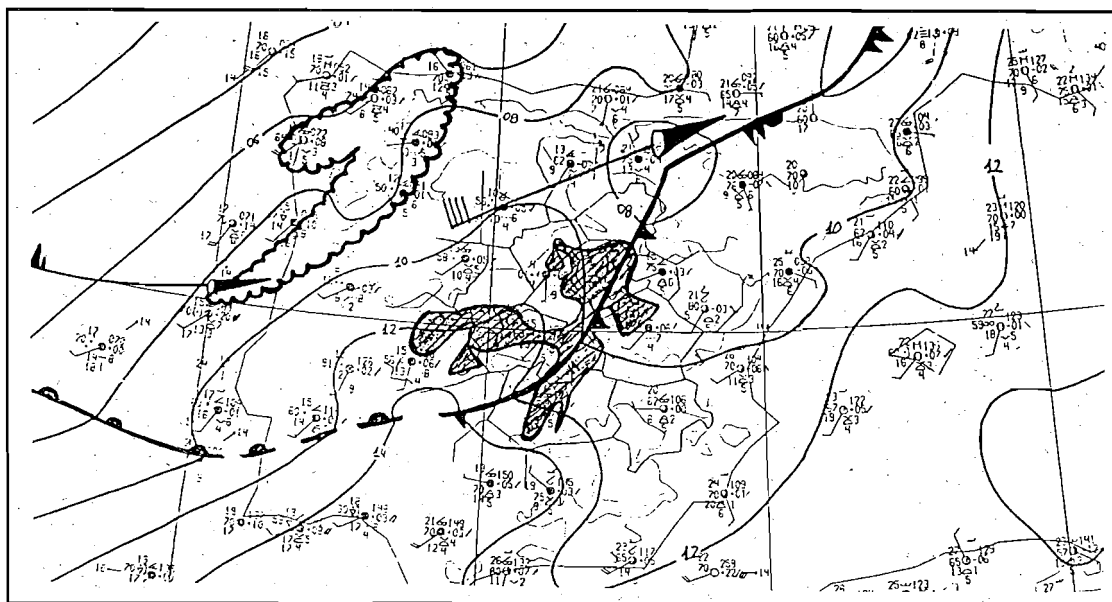


Figura 22.- PSL6

**Conclusiones.**

- En nuestras latitudes, resulta imprescindible utilizar diferente umbral de contorneo del parámetro frontal térmico para la localización de frentes según su gradiente térmico. Los valores de escala aconsejados son:

Fuertes gradientes:  $10^{-5}$  K km<sup>-2</sup>

Débiles gradientes:  $10^{-6}$  K km<sup>-2</sup>

Encontraremos "fuertes gradientes" en los casos de sistemas frontales "típicos de invierno" y "débiles gradientes" en los casos de sistemas frontales de primavera-verano y para los que alcanzan latitudes medias-bajas.

- Si optamos por la segunda opción, nos encontraremos con muchas señales, debido a que este parámetro marca todas las fronteras térmicas existentes, por lo que resulta imprescindible una correcta interpretación del PFT, para lo cual:

- Es necesario un conocimiento profundo de la evolución previa del sistema y haber realizado una diagnosis lo más completa posible (satélite, radar, *synops*, sondeos, campos numéricos, etc.).

**APÉNDICE.**

Abreviaturas y unidades utilizadas para cada campo:

Z geopotencial (m<sub>gp</sub>)  
 SPD isotacas (Kt)

THW temperatura, potencial del húmedo ("C)  
 QS proyección del vector Q en la dirección del gradiente de la temperatura potencial equivalente ( $10^{11}$  g kg s<sup>-1</sup>)  
 PFT parámetro frontal térmico (\*)  $10^{-5}$  K km<sup>-1</sup>  
 (\*\*)  $10^{-6}$  K km<sup>-2</sup>  
 ADTHW advecc. temp. pot. húmedo (K/12h)  
 RH humedad relativa (%)  
 ESP espesor ("C)  
 AVRG advección de vorticidad absoluta ( $10^{-9}$  s<sup>-2</sup>)  
 PSL presión en superficie (mb)  
 PPI (dBz)  
 ECOTOP (km)

*Referencias.*

García Méndez, A. (1992). *Temperatura potencial del termómetro húmedo: cálculo y aplicaciones. Nota Técnica núm. 5 (S.T.A.P.). INM.*

García Méndez, A.; Elizaga Rodríguez, F. (1992). *Sistemas frontales: localización y caracterización a partir de modelos numéricos. Nota Técnica núm. 7 (S.T.A.P.). INM.*

García Méndez, A. (1992). *Algoritmo para el cálculo de la temperatura potencial del termómetro húmedo. Aplicaciones para la predicción. III Simposio Nacional de Predicción. Madrid.*

García Méndez, A; Martín León, F.; Riosalido Alonso, R. (1992). *Métodos objetivos para la localización de frentes. Aplicación del parámetro frontal térmico. III Simposio Nacional de Predicción. Madrid.*