

R.-3945/F

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

Servicio de Predicción Numérica	Nota Técnica  nº 22	1ª Rev. 1/04/92
---------------------------------------	---------------------------	-----------------

EXPERIMENTOS DE SENSIBILIDAD DE LA VERSION DEL ANALISISLAM A LA RESOLUCION 0.455 SOBRE UNA SITUACION PYREX.

12 JUN 2001

Beatriz Navascués Fernández-Victorio

## 1. Introducción.

En la versión de análisis preparada para la resolución 0.455 se emplea el mismo método de interpolación óptima (I.O.) tridimensional multivariante utilizado en la versión operativa de la resolución 0.91. El esquema es multivariante en el sentido de que para el análisis de un campo intervienen también otros campos bien directamente a través de sus observaciones como por la imposición de restricciones y ecuaciones de balance.

El área geográfica abarcada es la comprendida entre las coordenadas 28.73 N - 15.86 W de la esquina inferior izquierda y 51.03 N - 28.27 E de la esquina superior derecha. Las variables meteorológicas analizadas son geopotencial, temperatura, componentes zonal y meridional del viento y humedad relativa. La coordenada vertical es la presión, siendo los diez niveles analizados 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 y 100mb. Como campos previos se toman predicciones del modelo operativo a la resolución 0.91, o del modelo experimental 0.455. Las estadísticas de los errores de predicción y observaciones utilizadas son las mismas que las del análisis operativo.

## 2. Revisión de la técnica de interpolación óptima estadística.

El origen de la aplicación de este método al análisis de campos meteorológicos es atribuido a Gandin(1963). La variable analizada en el punto k,  $f_k^a$ , se expresa como una combinación lineal de las observaciones  $f_i^o$  en puntos cercanos al analizado.

Si se dispone de una primera estimación del valor de la variable a analizar  $f_k^p$  (llámese 'first guess', 'ébauche' ó campo previo), bien sea por tratarse de una predicción que de alguna manera contiene una síntesis de observaciones recientes, o por ser una información de carácter estructural como un campo climatológico, es posible expresar el campo meteorológico a través de las desviaciones o residuos de las observaciones respecto a esta primera estimación. Así en el punto k,

$$f_k^a = f_k^p + \sum_{i=1}^n p_i (f_i^o - f_i^p) \quad (1)$$

donde el sumatorio en i se extiende a las n observaciones disponibles en el entorno del punto k.

Para determinar los valores de los coeficientes  $p_i$  (pesos) se impone la condición de mínimo a la varianza del error del análisis  $E^2$ .

$$E^2 = \overline{(f_k^r - f_k^a)(f_k^r - f_k^a)} \quad (2)$$

donde  $f_k^r$  denota el valor real de la variable  $f$  en el punto  $k$  y el promedio se realiza sobre un gran número de situaciones.

La minimización de la varianza conduce para cada punto  $k$ , al siguiente sistema de ecuaciones en los pesos  $p_i$ :

$$\sum_{i=1}^n p_i (m_{ij} + d_{ij}) = m_{jk} \quad j = 1 \dots n \quad (3)$$

donde  $m_{ij}$  es la covariancia de los errores del campo previo en los puntos  $i$  y  $j$ , y  $d_{ij}$  es la covariancia de los errores de observación en los puntos  $i$  y  $j$ .

Por tanto, para calcular los pesos es necesario conocer estas cantidades que dependen del tipo de campo previo y de las observaciones utilizadas.

Por la propia definición de coeficiente de correlación:

$$m_{ij} = \overline{(f_i^r - f_i^p)(f_j^r - f_j^p)} = \sigma_i^p \sigma_j^p \text{corr}_{ij}^p \quad (4)$$

$$d_{ij} = \overline{(f_i^r - f_i^o)(f_j^r - f_j^o)} = \sigma_i^o \sigma_j^o \text{corr}_{ij}^o \quad (5)$$

donde  $\sigma$  es la desviación estándar de los errores del campo previo o de las observaciones en el punto indicado por el subíndice y  $\text{corr}_{ij}$  denota el coeficiente de correlación entre los puntos  $i$  y  $j$  de los errores del campo previo o de las observaciones según indique el superíndice.

Suponiendo que las observaciones realizadas en lugares diferentes no están correlacionadas,

$$d_{ij} = \delta_{ij} \sigma_i^o \sigma_j^o \quad \text{con } \delta_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si } i \neq j \\ 1 & \text{si } i = j \end{cases} \quad (6)$$

Esta hipótesis de independencia estadística deja de ser cierta para sistemas de observación como los satélites, en cuyo caso es conveniente asignar una correlación a las

observaciones por ellos producidas.

Una de las mayores dificultades a la hora de determinar los pesos es sin duda la modelización de las covariancias de los errores del campo previo, ya que en general se desconoce la estructura estadística de los mismos. Esta información estadística se utiliza para definir las escalas de longitud y el espectro de las correlaciones, lo que nos dará una medida del alcance en el espacio de los residuos, y determina la extensión y la dependencia escalar de las restricciones impuestas, como la no divergencia o geostrofia. En otro contexto, la información estadística juega un papel vital en los algoritmos de rechazo o aceptación de los datos así como en su selección.

Es conveniente resaltar que las desviaciones estándar de los errores de observación no sólo representan la precisión de la medida sino también su error de muestreo o representatividad a las escalas a las que se realiza el análisis. La magnitud que se atribuye a cada tipo de observación es una medida del valor de los pesos correspondientes. Si ciertas observaciones presentan errores importantes (grandes valores de  $\sigma^\circ$ ), el término diagonal del sistema de ecuaciones lineal (3) será grande, y la solución del sistema dará valores pequeños de los  $p_i$ . De esta forma el impacto en el análisis de cada tipo de observación dependerá de la  $\sigma^\circ$  que le haya sido asignada.

La magnitud de la desviación estándar de los errores del campo previo viene a reflejar la relación señal-ruido existente en el campo previo escogido. Su valor dependerá del punto de rejilla, de la estación del año y a veces también de la situación meteorológica.

Pero en realidad el factor que determina el análisis resultante es la relación  $\sigma^\circ / \sigma^p$ , es decir los pesos relativos de los diferentes tipos de observaciones frente a los campos previos.

### 3. Estadística utilizada en el análisis 0.455.

#### 3.1 Errores de observación:

Las desviaciones standard  $\sigma^\circ$  atribuidas a las variables utilizadas de cada tipo de parte meteorológico: synop, temp, dribu, airep, pilot, satob y satem son las mismas que las empleadas en el análisis operativo a 0.91. Son los valores asignados en el análisis sueco cuando se adaptó al modelo de predicción del INM en 1985. Las desviaciones estándar atribuidas a los radiosondeos especiales y datos de suelo efectuados durante la campaña de campo Pyrex son las mismas que las de las observaciones de temp y synop respectivamente.

Cabe resaltar que, a pesar de que los países con similares análisis objetivos utilizan las mismas observaciones recibidas a través del GTS, los valores de  $\sigma^0$  asignados difieren de uno a otro modelo (Pailleux, 1985). Las utilizadas en el modelo de análisis del INM son de las más altas, de dos a tres veces mayores que las asignadas en otros análisis numéricos como el Périidot francés. Esto hace que las observaciones tengan un impacto menor en la corrección del campo previo. Por ello, una de las pruebas efectuadas a esta versión del análisis consistió en alterar estos valores para comprobar su efecto en el análisis resultante.

En cuanto a la correlación entre observaciones, en el análisis 0.455 (como en el 0.91) se supone que no están correlacionadas (más que consigo mismas), incluso en los datos satob o satem procedentes de satélite.

### 3.2 Errores del campo previo:

En el análisis a 0.455 se utilizan como campos previos predicciones de diferentes alcances bien del modelo del INM a 0.91, o del modelo experimental a la resolución 0.455. En todos los casos y por no disponer de estadísticas de errores de ninguno se utilizan los mismos valores de  $\sigma^p$  que en el análisis operativo a 0.91 : los cedidos por el Instituto de Hidrometeorología Sueco (SMHI) en 1985 obtenidos de las series de predicciones de su modelo de tres parámetros. Estos son un conjunto de diez valores para las  $\sigma^p$  del geopotencial, de tal forma que se suponen uniformes y constantes para cada nivel. Las correspondientes  $\sigma^p$  para el viento se derivan de los valores de geopotencial imponiendo la restricción de geostrofia (R. Díaz-Pabón, 1988).

En cuanto a la función de estructura de los errores de predicción se supone una función de correlación homogénea e isótropa. Además se suponen independientes las partes horizontal y vertical de la correlación:

$$\text{corr}_{ij}^p (x_1, y_1, p_1, x_j, y_j, p_j) = \text{corrh}(r) \text{corr}_v(p_1, p_j) \quad (7)$$

Esta última hipótesis, bastante errónea, supone que las estructuras atmosféricas no tienen inclinación en la vertical pero es utilizada de forma generalizada entre los países que utilizan este método de análisis.

Para representar en la función de correlación horizontal la rápida disminución con la distancia de las correlaciones de los errores de predicción del geopotencial, el análisis a 0.91 utiliza una función Gaussiana de la forma:

$$\text{corrh}(r) = \exp(-Ar^2) \quad (8)$$

Los valores de A para cada nivel fueron determinados a partir de las estadísticas del modelo sueco de tres parámetros.

Existen formas diferentes para modelar la dependencia espacial de corr. Balgovind(1983), utilizando la ecuación de la conservación de la vorticidad potencial y suponiendo que la vorticidad potencial relativa de los errores de predicción es aleatoria, derivó una ecuación determinista para la función de covariancia espacial de los errores de predicción del geopotencial. Asimismo encontró que la función de Bessel de primer orden y segunda clase era una buena aproximación local analítica de la función de correlación:

$$\text{corr}(r) = \alpha r K_1(\alpha r) \quad (9)$$

Comparando con la Gaussiana encontró que la función de Bessel se ajustaba mucho mejor a los correlaciones calculadas que la Gaussiana, sobre todo en las proximidades del origen. Teniendo en cuenta estos resultados, en la versión experimental del análisis a 0.455 preparada por R. Díaz-Pabón(1989), se sustituye la función Gaussiana por una función de Bessel de primer orden y segunda clase para mejorar la dependencia espacial de la función de correlación horizontal en las escalas más pequeñas.

Además es normal en la técnica de I.O., y así se hace en las dos versiones del análisis objetivo del I.N.M., el asumir geostrofia para derivar las correlaciones geopotencial-viento y viento-viento a partir de las correlaciones geopotencial-geopotencial. Esto significa que las correlaciones geopotencial-viento y viento-viento se obtienen diferenciando una y dos veces las correlaciones geopotencial-geopotencial. Las diferencias entre las derivadas de las funciones Gaussiana y de Bessel son mayores que entre las propias funciones, aumentando la diferencia con el grado de la diferenciación y dependiendo por tanto muy sensiblemente el signo y magnitud de las correlaciones de viento de las funciones utilizadas para calcular las correlaciones de geopotencial.

Por otro lado, como se indicó en el punto 2, la elección de un tipo u otro de función de correlación también determina las observaciones rechazadas por el chequeo de consistencia espacial efectuado previamente al análisis, así como la selección de las que influyen en cada punto de rejilla. La densidad y distribución de las observaciones fija el método de interpolación en el análisis de geopotencial: valor promedio, I.O. bidimensional o I.O. tridimensional (R.Díaz-Pabón, 1988). Como consecuencia, la función de correlación utilizada no sólo selecciona las observaciones sino también el método de interpolación.

En otros análisis objetivos de alta resolución como el Péridot francés (Durand, 1987) y el desarrollado por el SMHI para el proyecto PROMIS (Andersson, 1986) también se sustituye la función Gaussiana por otra que se comporte mejor a pequeñas distancias. En vez de una función de Bessel de primer orden y segunda clase se utiliza una serie de funciones de Bessel de orden cero y primera clase:

$$\text{corr}h(\tau) = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} a_i J_0(\tau k_i/R) \quad (10)$$

derivada más recientemente por Hollingsworth y Lönnberg(1986) a partir de la teoría de la turbulencia bidimensional homogénea. Los coeficientes  $a_i$  se determinan mediante un ajuste por mínimos cuadrados a los datos de correlación empíricos.  $R$  es el factor de escala de la distancia y  $k_i$  son los extremos de  $J$ .

También existe otra diferencia en la modelización de los errores de viento del campo previo con los análisis realizados a mayor resolución como el Péridot. En nuestro esquema actual se sigue admitiendo que el viento deriva únicamente de una función de corriente ligada al geopotencial, en consecuencia la corrección del viento aportada por el análisis es puramente rotacional. En el análisis de viento a mesoescala francés también se tiene en cuenta el error de la parte divergente del viento derivada a su vez del error de un potencial de velocidad.

#### 4. Modificaciones en el software de la versión operativa.

La versión del análisis a la resolución 0.455 utiliza el mismo paquete de software que la versión a 0.91 con ligeras modificaciones.

La asimilación de los datos es la misma que la operativa, se utilizan partes Temp, Synop, Satem, Airep, Pilot, Satob y Dribu extraídos de la RDB, pero además se han incorporado los sondeos especiales realizados durante la campaña de campo del experimento Pyrex y los datos de suelo del mismo Archivo de Datos Pyrex. Estos dos tipos de datos se extraen de los ficheros CLBDRU.NUEVO02, CLBDRU.NUEVO06 Y CLBDRU.NUEVO07 y se convierten a formato sueco, ficheros PRNU.PRED.RSPY y PRNU.PRED.SUEPY, para ser utilizados por el análisis mediante subrutinas análogas a las que leen los datos Temp y Synop en formato sueco (subrutinas OLTE y OLSY).

En cuanto a la extracción de los campos previos se ha sustituido el programa operativo que extraía las predicciones H+6 del modelo LAM o H+12 del CEPPM, por otro que permite la extracción de análisis operativos a .91 e interpolarlos a .455, o bien utilizar predicciones de la pasada experimental a .455.

El resto del paquete es el preparado con anterioridad por Rosario Díaz-Pabón(1989) y únicamente varía en la sustitución de la subrutina que dirige el análisis del campo de masas TNAMAS, por otra que incorpora funciones de Bessel en la dependencia de la distancia de la función de correlación de los errores de predicción, subrutina TNAMAB.

El software es suficientemente versátil como para realizar un análisis en la resolución y área fijados en los parámetros de entrada del paso Nainit.

Los programas que ha sido necesario modificar así como

los que ha habido que codificar tanto para introducir las nuevas fuentes de datos como para realizar el análisis a mayor resolución se describen los anexos 2 y 3. Evidentemente para probar la sensibilidad del análisis a ciertos factores ha sido necesario cambiar en el programa los valores de distintos parámetros y obtener así distintos módulos objeto que aparecen descritos en el anexo 4.

#### 5. Pruebas de sensibilidad del análisis LAM a .455.

Los distintos experimentos para estudiar el comportamiento de esta versión del análisis se han realizado con los datos del día 15/11/90 a las 12z aunque también se ha trabajado con el día 14 del mismo mes. Ambos días pertenecen al Periodo de Observación Intensiva (P.O.I.) nº9, durante el cual se produjo una situación meteorológica óptima para el estudio de la tramontana. Los factores que se han analizado han sido los siguientes:

- sensibilidad al tipo de función de estructura,
- sintonización de los parámetros de la función de estructura,
- sensibilidad al tipo de campo previo,
- sensibilidad al radio máximo de influencia de las observaciones en un punto de rejilla,
- sensibilidad a los datos especiales asimilados del proyecto Pyrex,
- sensibilidad al número de datos que intervienen en el análisis de cada punto de rejilla,
- sensibilidad al ajuste entre los campos de viento y masas,
- sensibilidad a los valores de  $\sigma$  asignados.

Las tablas que aparecen en el anexo 1 resumen cada uno de los experimentos llevados a cabo en cada prueba.

#### 5.1 Sensibilidad al tipo de función de estructura:

Como se ha dicho, de acuerdo con los resultados de Balgovind(1983), la función de correlación de los errores de predicción, a distancias pequeñas, está mejor representada por la función de Bessel de primer orden y segunda clase (8), en vez de por la función Gaussiana (9). Con este objeto se llevaron a cabo los experimentos exp.1 y exp.4 que se diferencian únicamente en la función de correlación utilizada (ver gráfico 1).

Sin embargo ambos experimentos conducen a idénticos análisis tanto de viento como de geopotencial ( a pesar de

que, al menos teóricamente, en el campo de viento las funciones de correlación obtenidas al utilizar una u otra función de estructura difieren mucho entre sí ). Esto nos lleva a pensar que existe una gran inconsistencia entre los campos previos y las estadísticas, que como se ha mencionado se obtuvieron de otro modelo, utilizados en nuestro análisis objetivo. Para obtener otros resultados, parece necesario evaluar los coeficientes de ambas funciones en base a la estadística de los errores de predicción de nuestro modelo; o bien, ajustar nuestros datos de correlación empíricos a una serie de 4 o 5 términos de funciones de Bessel de orden cero y primera clase.

## 5.2 Sintonización de los parámetros de la función de estructura:

Las funciones  $\exp(-x^2)$  y  $xK_1(x)$  tienen las siguientes propiedades:

$xK_1(x)$  tiene un pto de inflexión en  $x=.595$

$\exp(-x^2)$  idem en  $x=0.707$

$xK_1(x)=0.5$  en  $x=1.257$

$\exp(-x^2)=0.5$  en  $0.832$

es decir, la función de Bessel tiene el pto de inflexión más cerca de cero pero luego disminuye más lentamente que la exponencial.

En base a estos valores es posible ajustar los coeficientes  $\alpha$  en Bessel y  $A$  en Gauss para que la función tome los valores deseados a una cierta distancia. Así si queremos que a una distancia de 200km la correlación se reduzca a 0.5 aproximadamente en la función de Gauss  $A$  debe ser del orden de  $10^{-11}$  y en la función de Bessel  $\alpha$  debe ser del orden de  $6 \cdot 10^6$ .

Según esto se intentó estrechar las funciones de correlación con el siguiente resultado:

El intento de aumentar en un orden de magnitud el valor de  $A$  (en la versión operativa es del orden de  $10^{-12}$ ) resultó fallido.

Con respecto a la función de Bessel los experimentos exp.1 y exp.3 dan cuenta de funciones de correlación igual a 0.5 a distancias de aproximadamente 400 y 100km respectivamente ( gráfica 1 ). Los análisis resultantes son idénticos, aunque el numero de observaciones que interviene en cada punto de rejilla, y como consecuencia el método de interpolación, variaba de un experimento a otro.

## 5.3 Sensibilidad al tipo de campo previo:

El campo previo es sin duda el factor que más afecta a este método de análisis por interpolación óptima tridimensional. Se ha experimentado con dos tipos de campo previo: con un análisis operativo interpolado a la resolución de 0.455 del día en cuestión (exp.2), y con una predicción H+24 de la versión experimental del modelo LAM a 0.455 (exp.1).

Utilizar como first guess un análisis resuelto a 0.91 e interpolado posteriormente no consigue resaltar los fenómenos mesoescales. Sin embargo con un campo previo previsto a su

misma resolución el análisis se acerca mucho más a las observaciones que retocan y 'afinan' el campo previo. De la comparación entre campo previo y análisis(exp.1) es posible apreciar:

-en el campo de geopotencial una suavización de las estructuras a menor escala del campo previsto, debido al ajuste entre los campos de viento y masas que se efectúa tras el análisis independiente de cada campo, como se indica en la prueba 5.7

-en el campo de viento se aprecia una reducción de la fuerza de los mismos en la cornisa cantábrica y Mallorca al tiempo que el máximo de viento de la tramontana aparece en la costa francesa.

De la comparación entre ambos análisis (exp.1 y exp.2), se deduce que a esta resolución y con la densidad de estaciones disponible es claramente mejor el uso de un previsto a 0.455. Esto se debe a que parece evidente que en este esquema de análisis si las características mesoescales no están presentes en el campo previo el análisis no es capaz de crearlas, y más teniendo en cuenta que la función de estructura sigue siendo isótropa.

#### 5.4 Sensibilidad al radio máximo de influencia en cada punto:

En la versión a 0.91 las observaciones que intervienen en el análisis de cada punto se seleccionan dentro de un radio máximo de 1500km. En el análisis a 0.455, donde se intenta realzar las estructuras mesoescales esta distancia se consideró excesiva, puesto que en las zonas con baja densidad e inhomogeneidad de estaciones podrían intervenir observaciones demasiado alejadas ( y más teniendo en cuenta que la función de correlación horizontal no está sintonizada con nuestros errores de predicción ). Los experimentos 5.2 y 7 lo ponen de manifiesto. En ambos la fase de asimilación (en lo que respecta al campo de masas) se redujo exclusivamente a la extracción de los datos de la campaña Pyrex (parámetro de entrada skip=11), y el radio máximo de influencia se mantuvo en 1500km. En el exp.5.2 se utilizó como campo previo un campo previsto y en el exp.7 un análisis interpolado. Comparando con los respectivos campos previos es posible apreciar diferencias con los respectivos análisis hasta en el atlántico habiendo utilizado sólo los datos Pyrex.

El exp.5.1 varía del 5.2 únicamente en que se emplearon todos los tipos de datos(skip=0); y en la zona de estudio, los Pirineos, no existen apenas diferencias con el exp.1, en el que el radio máximo de influencia se redujo a 300km. Esto era de esperar ya que esta zona se encuentra bien cubierta de observaciones.

#### 5.5 Sensibilidad a los datos especiales Pyrex asimilados:

Con el fin de comprobar la eficacia de un volumen extra de datos (los procedentes de la campaña Pyrex) se llevó a cabo el experimento número 6. En este experimento sólo se utilizan las observaciones que se extraen operativamente de la RDB, no se introducen ni los sondeos ni los datos de suelo de los

archivos Pyrex. Al haber menos datos el método de interpolación utilizado en el área pirenaica es la I.O. tridimensional. El resultado es un análisis en el que la tramontana no aparece modificada aunque sí se disminuye el cierzo con respecto al exp.1(análisis con asimilación de Pyrex).

Sin embargo este experimento no es representativo de la ausencia de datos adicionales ya que parece ser que durante el tiempo que duró la recogida de datos, las observaciones extraordinarias españolas se incorporaron también a la RDB con lo cual se han tenido en cuenta como datos asimilados operativamente.

5.6 Sensibilidad al número de datos que intervienen en el análisis de cada punto de rejilla:

Con objeto de dar más fuerza a las observaciones se intentó hacer intervenir un mayor número de ellas en el análisis de cada punto. Este intento falló porque el número de elementos de la matriz que interviene en el sistema de interpolación es  $n!$  (siendo  $n$  el número de observaciones) con lo cual hacer intervenir más de un cierto número provoca 'invalid access memory' en la subrutina OISYST.

5.7 Efecto del ajuste entre los campos de viento y masas:

En el esquema operativo, una vez analizados independientemente los campos de geopotencial y viento, se les somete a un ajuste mutuo mediante el balance del viento del gradiente. En la versión experimental se mantuvo este ajuste que consiste en la llamada a la subrutina 'UVZFIT', pero la desaparición sistemática de la onda orográfica presente en los campos previstos sobre la zona Pirenaica nos indujo a pensar que debía estar producida por la acción de este ajuste. El exp.8 se llevó a cabo para confirmar este efecto. En él se inhibe la llamada a 'UVZFIT', y el resultado es el esperado: el campo de masas sigue presentando la onda de montaña y es muy parecido al campo previo (lo cual no es de extrañar ya que comparado el geopotencial previsto frente a las observaciones se encuentra que dicha predicción es bastante acertada).

5.8 Sensibilidad a los errores de observación:

Como se indicó en 3.1 las desviaciones estándar de los errores de las observaciones  $\sigma^o$  atribuidas a las dos versiones del análisis eran superiores a las asignadas en otros modelos de análisis, siendo menos sensible a los valores de las observaciones que aquellos y pudiendo enmascarar esto las posibles diferencias entre utilizar diferentes parámetros en las funciones de correlación ( prueba 5.2 ). En los experimentos exp.9 y exp.10 se dividen por tres los valores operativos de  $\sigma^o$  pero variando el parámetro de la función de Bessel,  $\alpha$ , de uno a otro.

En el campo de geopotencial los resultados son idénticos a los análisis efectuados asumiendo los valores de  $\sigma^o$  operativos. No hay que olvidar que, como se ha dicho, los

campos previstos de geopotencial eran bastante acertados.

En el campo de viento no se aprecian diferencias entre ambos experimentos exp.9 y exp.10 (lo cual indica la misma falta de sensibilidad a los parámetros de la función de estructura), aunque sí con el exp.1 realizado con los valores de  $\sigma^\circ$  operativos. Como era de esperar en los análisis con menor  $\sigma^\circ$  los vientos se acercan más a las observaciones.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

1. Andersson, E., Gustavsson, N. (1986). Development of meso-scale analysis schemes for nowcasting and very short range forecasting. SMHI PROMIS-Rapporter n°1.
2. Balgovind, R., Ghil, M., Dalcher, A., Kalnay, E. (1983). A stochastic-dynamic model for the spatial structure of forecast error statistics. Mon. Wea. Rev. 111, 701-722.
3. Bergue, P. et al. (1991). Catalogue des données d'altitude recueillies par l'équipe CNRM/GMEI/4M pendant l'expérience PYREX. Note de Travail du groupe de Méétéorologie expérimentale et instrumentale n°1. CNRM, DIRECTION DE LA METEOROLOGIE NATIONALE.
4. Champeaux, J.L., Peris, P. (1991). Atlas des données sol de Méétéo-France pendant L'expérience Pyrex. Note du groupe de Méétéorologie à moyenne échelle n°3. CNRM, DIRECTION DE LA METEOROLOGIE NATIONALE.
5. Díaz-Pabón, R. (1988). Modelo operativo en el I.N.M. de análisis numérico tridimensional de campos meteorológicos. Public. INM A-135.
6. Díaz-Pabón, R. (1989). Primer Simposio Nacional de Predictores del I.N.M. pp. 147-155.
7. Durand, Y., Bougeault, P. (1987). L'analyse objective Périodot. Note de Travail E.E.R.M. n°193.
8. Gandin, L.S. (1963). Objective analysis of meteorological fields. Trad. del ruso por el Programa Israelí de Traducciones Científicas.
9. Gustafsson, N., Järvenoja, S. et al. (1986). Baseline experiments with a high resolution limited area model. HIRLAM Technical Report n.1.
10. Lönnberg, P., Hollingsworth, A. (1986). The statistical structure of short range forecast errors as determined from radiosonde data. Part I: The wind field. Tellus, 38A, 111-136.
11. Lönnberg, P., Hollingsworth, A. (1986). The statistical structure of short range forecast errors as determined from radiosonde data. Part II: The covariance of height and wind errors. Tellus, 38A, 137-161.
12. Pailleux, P. (1985). Use of meteorological observations in numerical weather prediction. World Weather Watch. Technical Report n° 1. WMO/TD-No. 105

ANEXO 1

Descripción de los distintos experimentos

Experimento	c.previo	f.estruct.	$\alpha/A$	Rmax.	ajuste masas- viento	$\sigma^{\circ}$
Exp.1	H+24 a .455	Bessel	3.E-6	300km	si	op.
Exp.2	análisis .91->.455	Bessel	3.E-6	300km	si	op.
Exp.3	H+24	Bessel	9.E-6	300km	si	op.
Exp.4	H+24	Gauss	2.4E-12	300km	si	op.
Exp.5.1	H+24	Bessel	3.E-6	1500km	si	op.
Exp.5.2	H+24	Bessel	3.E-6	1500km	si	op.
Exp.6	H+24	Bessel	3.E-6	300km	si	op.
Exp.7	análisis .91->.455	Bessel	3.E-6	300km	si	op.
Exp.8	H+24	Bessel	3.E-6	300km	no	op.
Exp.9	H+24	Bessel	3.E-6	300km	no	op/3
Exp.10	H+24	Bessel	9.E-6	300km	no	op/3

Asimilación

Experimento	Synop	Temp	Satem	Airep	Pilot	Dribu	Satob	Pyrex
Exp.1	si	si	si	si	si	si	si	si
Exp.2	si	si	si	si	si	si	si	si
Exp.3	si	si	si	si	si	si	si	si
Exp.4	si	si	si	si	si	si	si	si
Exp.5.1	si	si	si	si	si	si	si	si
Exp.5.2	no	no	no	si	si	si	si	si
Exp.6	si	si	si	si	si	si	si	no
Exp.7	no	no	no	si	si	si	si	si
Exp.8	si	si	si	si	si	si	si	si
Exp.9	si	si	si	si	si	si	si	si
Exp.10	si	si	si	si	si	si	si	si

## ANEXO 2

### MODIFICACIONES EN EL SOFTWARE PARA ASIMILAR DATOS PYREX

#### PROGRAMA DATPY (nuevo)

Extrae de los ficheros de datos Pyrex NUEVO07 y NUEVO02 los datos referentes a los sondeos efectuados en la fecha y hora registradas en PRNU.PRED.NAINIT. Los escribe en el nuevo fichero PRNU.PRED.DATPY con formato idéntico a PRNU.PRED.TEMP (sólo varía el valor de la variable tipo de parte).

#### PROGRAMA SUEPY (nuevo)

Extrae de los ficheros de datos Pyrex NUEVO06 y NUEVO02 los datos de suelo de la fecha y hora registradas en PRNU.PRED.NAINIT. Los escribe en PRNU.PRED.SUEPY con formato casi idéntico a PRNU.PRED.SYNOP (sólo varía el valor de la variable tipo de parte).

#### PROGRAMA ANALBI:

##### SUBROUTINA TOBSSR

Se introducen los switch lógicos SKIPPY y SKIPSU. Si los inicializa a .FALSE. se llama a las subrutinas OLSU y OLPY que rellenan las listas de observaciones con datos PYREX de suelo y radiosondeos respectivamente.

##### SUBROUTINA OLSU (nueva)

Rellena las listas de observaciones de masas y viento con los datos de suelo PYREX proporcionados por PRNU.PRED.SUEPY. Únicamente se diferencia de la subrutina OLSY, que trata los datos SYNOP, en que el valor de la variable tipo de observación es diferente en la llamada a OLOPEN( subrutina que abre los ficheros de partes ). Además almacena en las variables klat, klong y nsu del nuevo COMMON PYREX, las coordenadas de las observaciones leídas así como el número total de éstas.

##### SUBROUTINA OLPY (nueva)

Rellena las listas de observaciones de masas, viento, temperatura y humedad con los datos de los radiosondeos PYREX. Se diferencia de la subrutina OLTE, que trata los datos de los sondeos, en el valor de la variable tipo de observación, que es utilizada por la subrutina OLOPEN para abrir los diferentes ficheros de datos de partes. Además almacena las coordenadas de las observaciones leídas y el número de ellas en las variables ilat, ilong, y npy del COMMON PYREX, al tiempo que imprime las observaciones leídas.

##### SUBROUTINA OLOPEN

Se introduce la posibilidad de apertura de dos nuevos ficheros: PRNU.PRED.SUEPY y PRNU.PRED.DATPY dependiendo del valor de la variable tipo de observación ktype.

#### SUBROUTINA OLSY

Se introduce la comparación de las coordenadas de la observación que se va leyendo con las de los datos de suelo Pyrex leídos con anterioridad para que no se repitan en las listas de observaciones. Para ello el COMMON PYREX proporciona la información de los datos de suelo leídos anteriormente.

#### SUBROUTINA OLTE

Se introduce la comparación de las coordenadas de cada observación con las de los datos de radiosondeos Pyrex leídos con anterioridad y suministradas por el COMMON PYREX con el fin de que no se repita una observación que pudiera estar en ambas fuentes de datos.

### ANEXO 3

#### MODIFICACIONES EN EL SOFTWARE DE LA VERSION OPERATIVA PARA ANALISIS A .455

##### PROGRAMA DATO1:

Es el programa que escribe en formato sueco en los ficheros PRNU.PRED.XXXX, donde XXXX es el tipo de parte, las observaciones extraídas de la base de datos.

En la versión experimental se sustituyen los ficheros PRNU.PRED.XXXX por PRNUBNA.PRED.XXXX.

##### PROGRAMA ANALBI:

Es el programa operativo ANALIS con las modificaciones en las subrutinas que se indican a continuación para realizar el análisis a la resolución .455.

##### SUBROUTINA TPREF

Se modifican los valores de las variables areacl y areanp que se utilizan en la apertura de los ficheros que contienen los campos previos. En la versión operativa toman los valores 40 y 43 respectivamente; en la nueva versión son 41 y 44.

##### SUBROUTINA LROPE2

Es la subrutina que abre los ficheros que contienen los campos previos y las desviaciones standard de los errores de predicción del geopotencial dependiendo del valor de la variable NAREA. En la versión operativa si NAREA=40 se abre PRNU.PRED.CLIMATO y si NAREA=43 se abre PRNU.PRED.PREVIST.

En la versión experimental si NAREA=41 se abre PRNU.PREB.CLIMATO, y si NAREA=44 se abre PRNUBNA.PRED.PREVIST

##### SUBROUTINA NAZ

Se ha incluido un grupo de sentencias que imprimen el método de interpolación utilizado si las coordenadas del punto que se está analizando se encuentran en la zona de estudio (entorno de los Pirineos).

##### SUBROUTINA TNAMAB

Aparte del cálculo de las funciones de correlación de los errores de predicción utilizando funciones de Bessel en vez de gaussianas se ha incluido un grupo de sentencias que imprimen los valores que va tomando la función de correlación para distancias menores que 20 veces la distancia DSCORR, incremento de distancia utilizado para calcular las correlaciones.

ANEXO 4

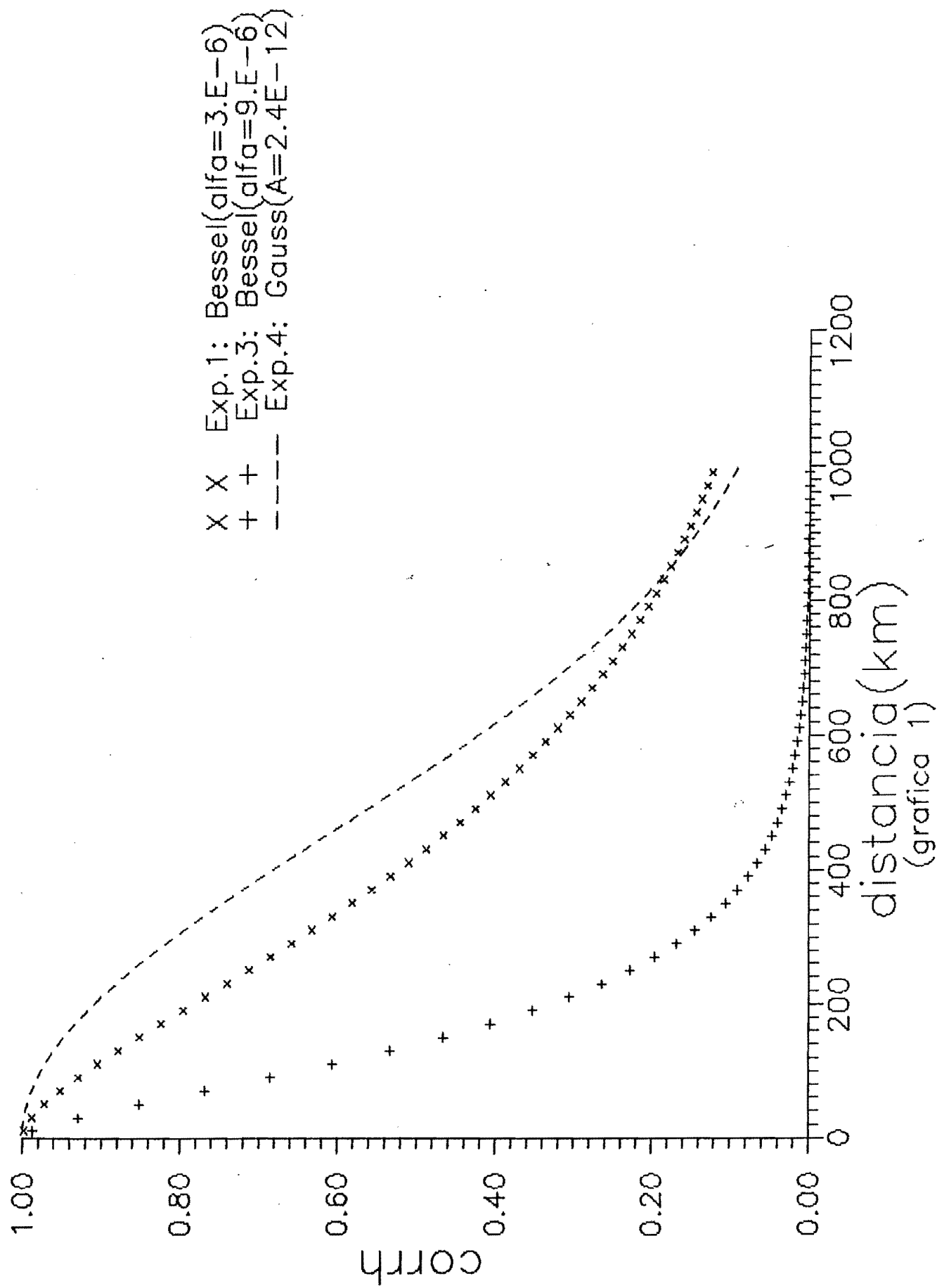
VERSIONES DEL PROGRAMA FUENTES ANALBI

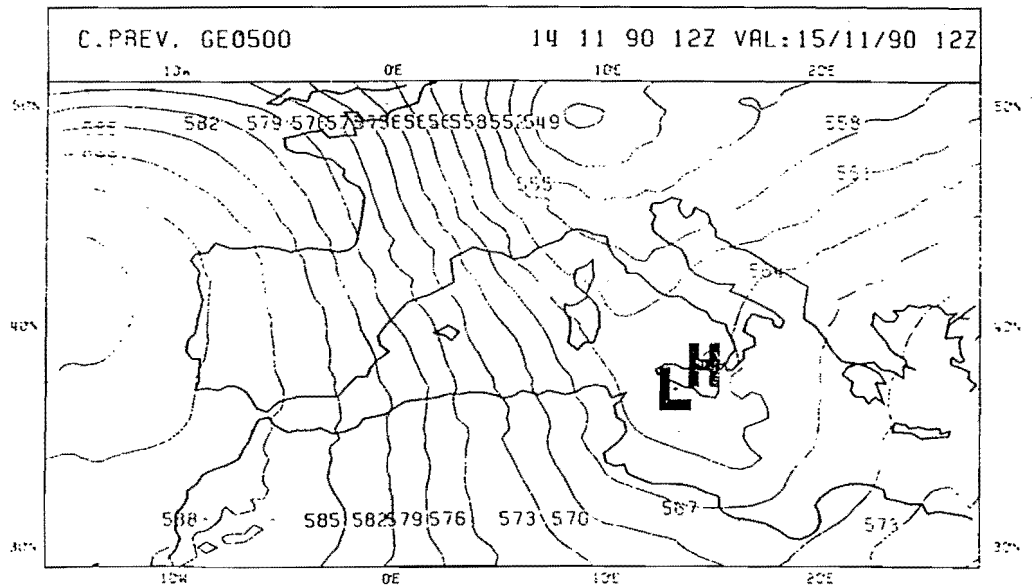
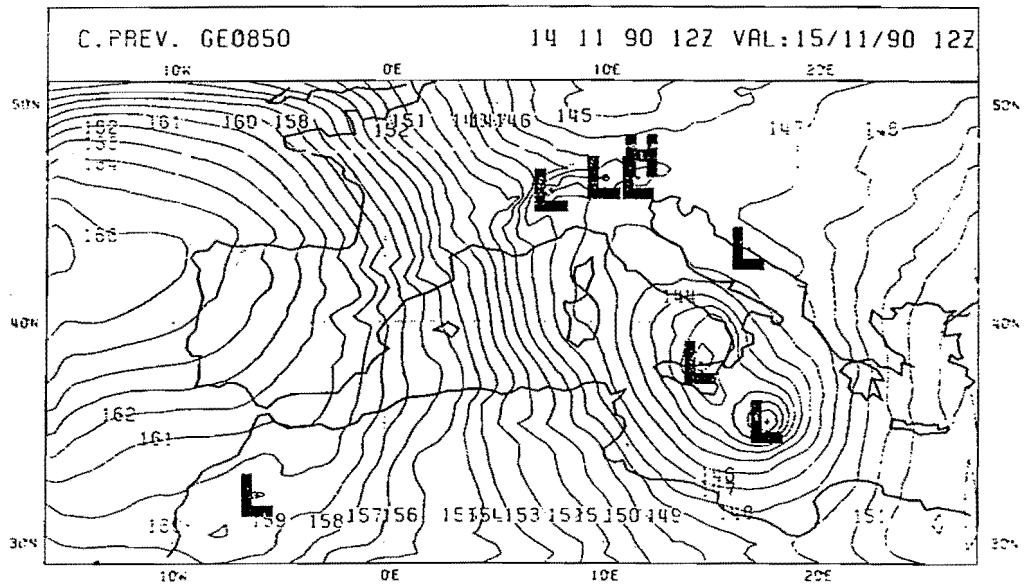
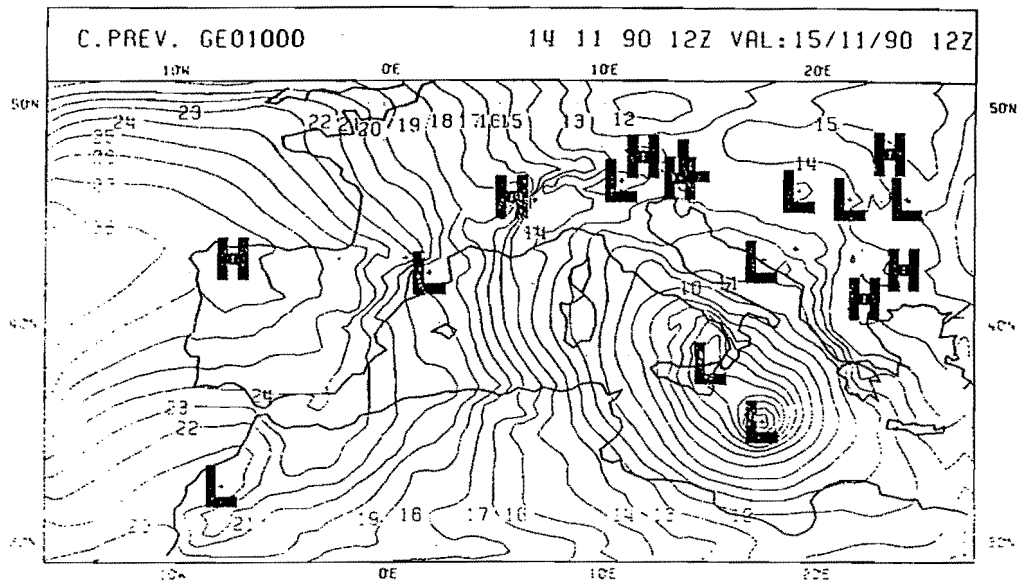
OBJETO	$\alpha$	DSCORR	RMAX	MAXSYN	UVZFIT	$\sigma_0$	SUEPY	DATPY
Analb1	9E-6	10km	300km	3	si	oper.	si	si
Analb2	9E-6	10km	300km	10	si	oper.	si	si
Analb3	3E-6	10km	300km	4	si	oper.	si	si
Analb4	3E-6	10km	1500km	4	si	oper.	si	si
Analb5	3E-6	10km	300km	4	si	oper.	no	no
Analb6	3E-6	10km	300km	4	no	oper.	si	si
Analb7	3E-6	5km	300km	4	si	oper/3	si	si

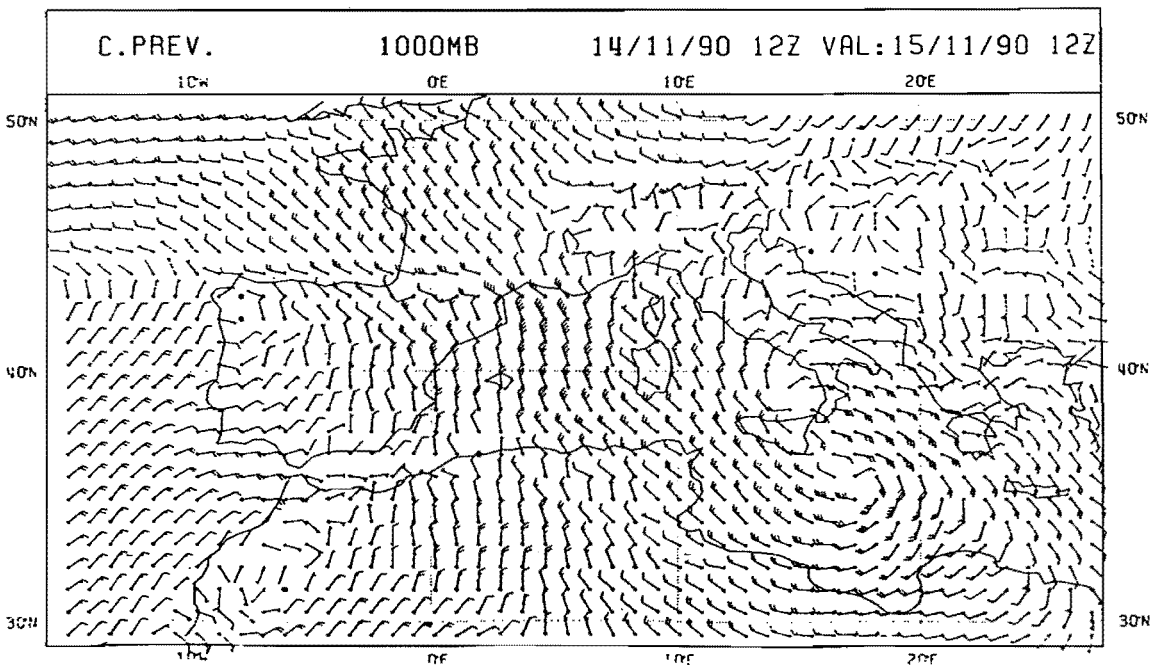
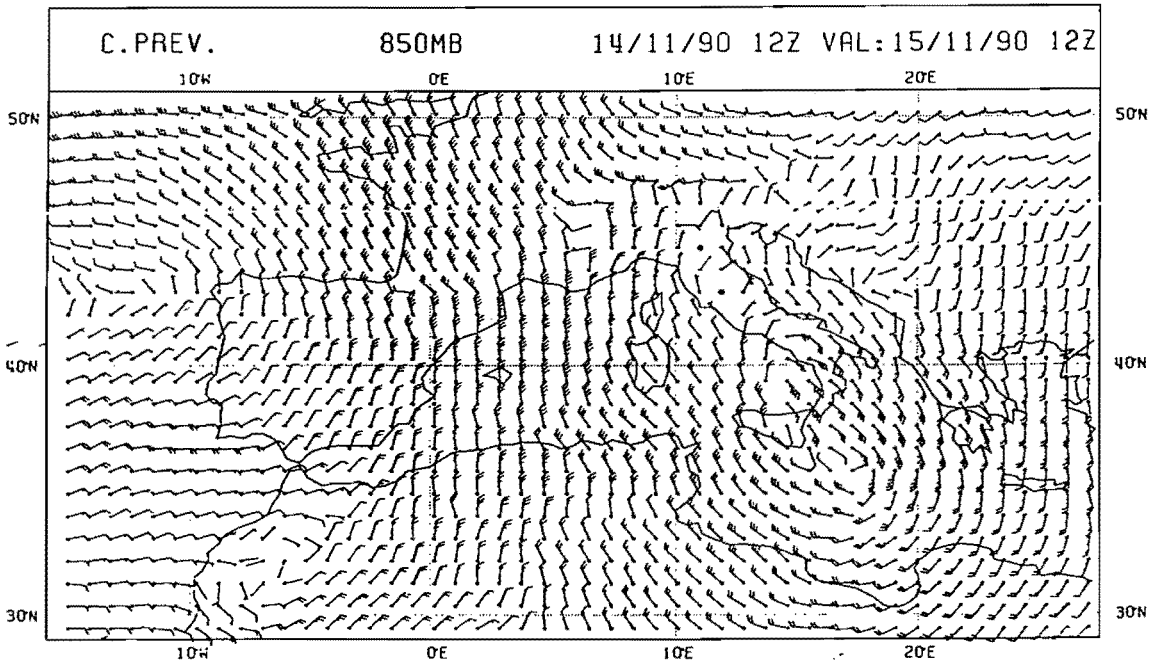
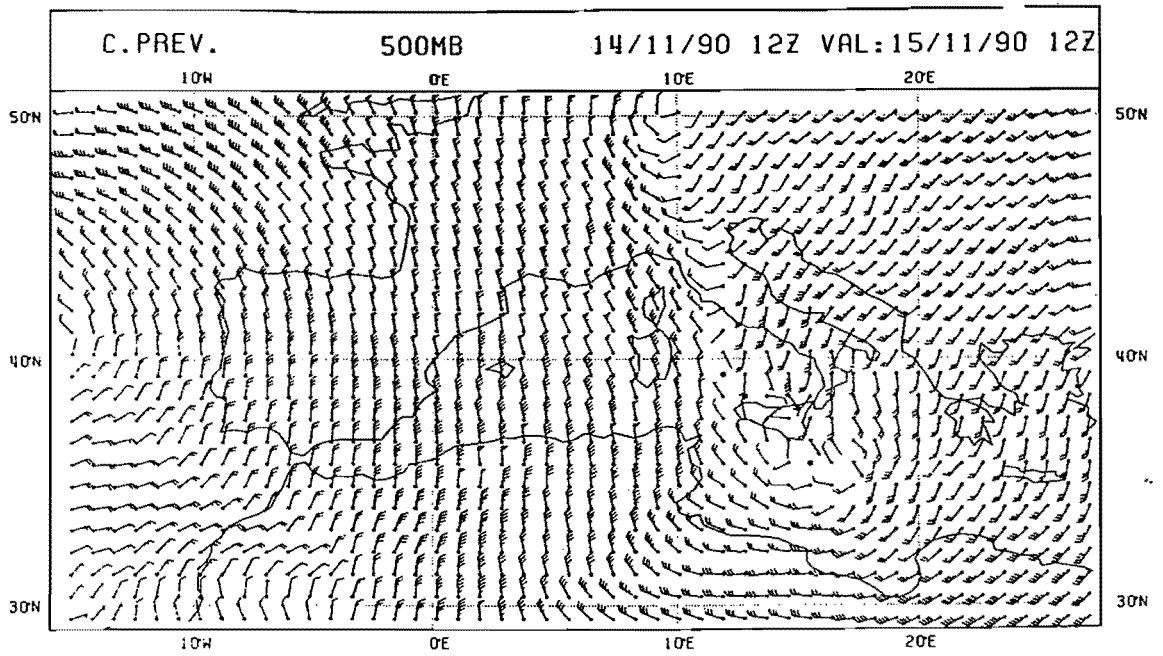
## OBSERVACIONES DE RADIOSONDEOS PYREX 15/11/90 A 12Z

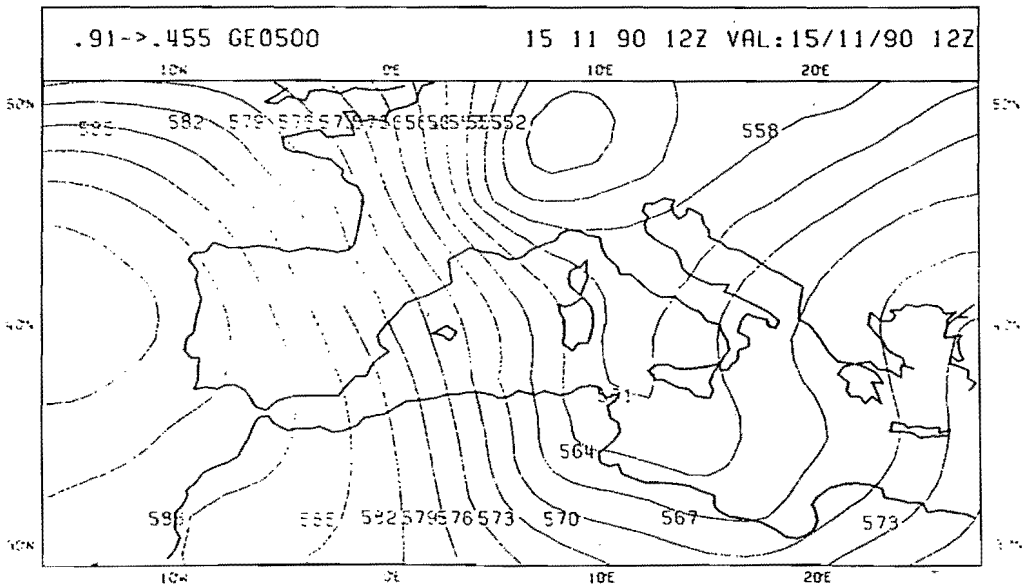
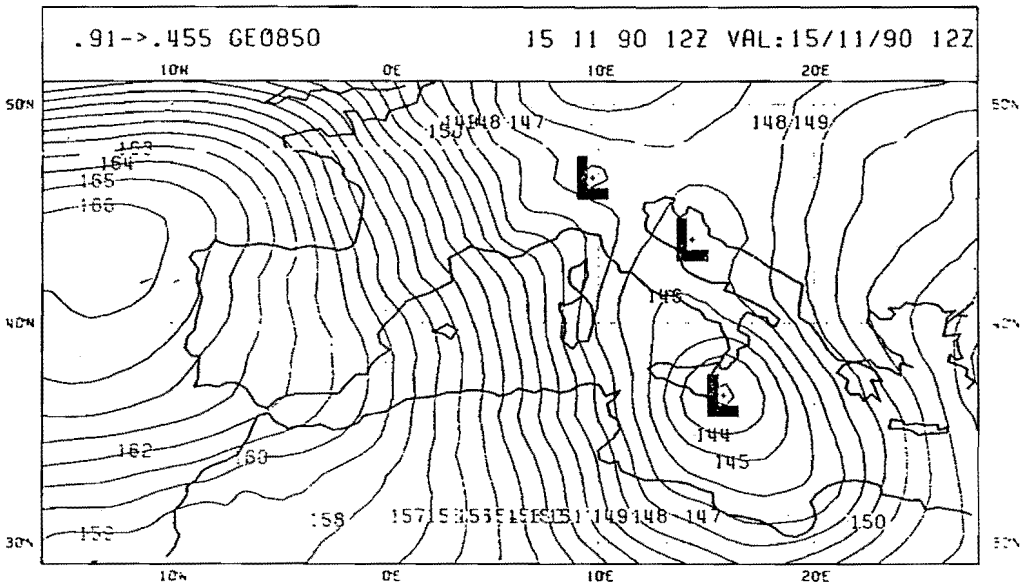
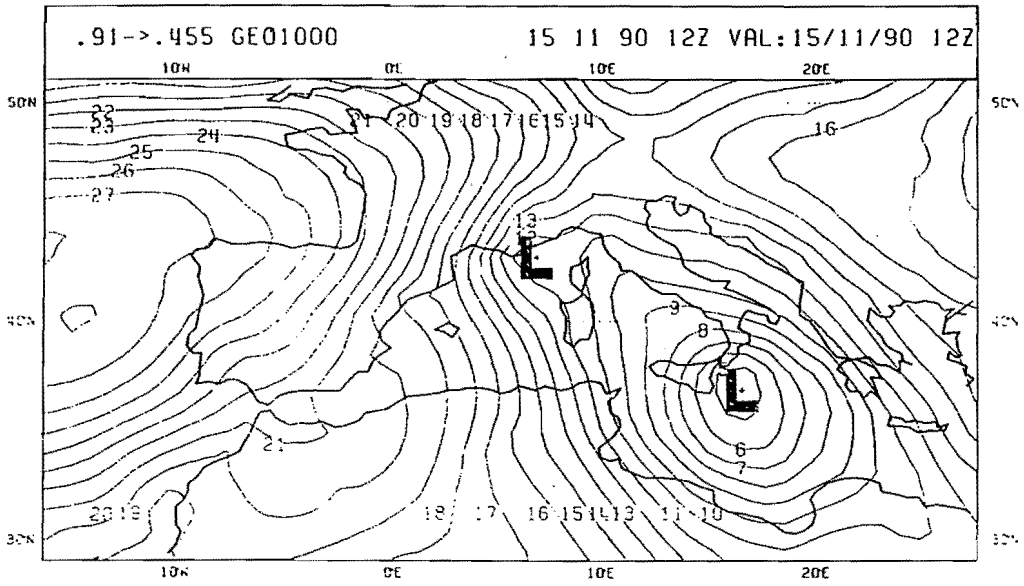
RS	Lugar	Lat	Long	nivel	mgp	m/s	dd
1	Burdeos	44.8	- .69	1000	242	7	310
				850	1591	15	320
				500	5770	33	345
				300	9410	44	355
2	Toulouse	43.6	1.3	1000	237	9	275
				850	1579	14	315
				500	5730	34	340
				300	9360	53	350
3	Nimes	43.9	4.4	1000	184	5	345
				850	1526	13	335
				500	5650	35	340
				300	9240	-	-
4	Santander	43.5	-3.8	1000	278	8	275
				850	1627	14	320
				500	5850	32	345
				300	9520	35	350
5	Pamplona	42.7	-1.6	1000	263	-	-
				850	1610	15	350
				500	5819	29	355
				300	9474	35	350
6	Zaragoza	41.7	-1.	1000	256	10	290
				850	1612	21	330
				500	5820	-	-
				300	9474	-	-
7	Barcna	41.3	2.1	1000	179	7	350
				850	1545	11	355
				500	5740	27	360
				300	9370	43	350
8	Madrid	40.4	-3.5	1000	252	-	-
				850	1625	9	345
				500	5870	26	360
				300	9530	34	360
9	Palma	39.5	2.6	1000	213	1	295
				850	1580	8	335
				500	5770	23	350
				300	9390	39	360
10	Pau	43.4	- .41	1000	258	5	268
				850	1599	17	327
				500	5766	34	348
				300	9403	49	352
11	Port La Nouvelle	43.	3.	1000	205	17	300
				850	1543	25	324
				500	5701	35	337
				300	9311	48	351

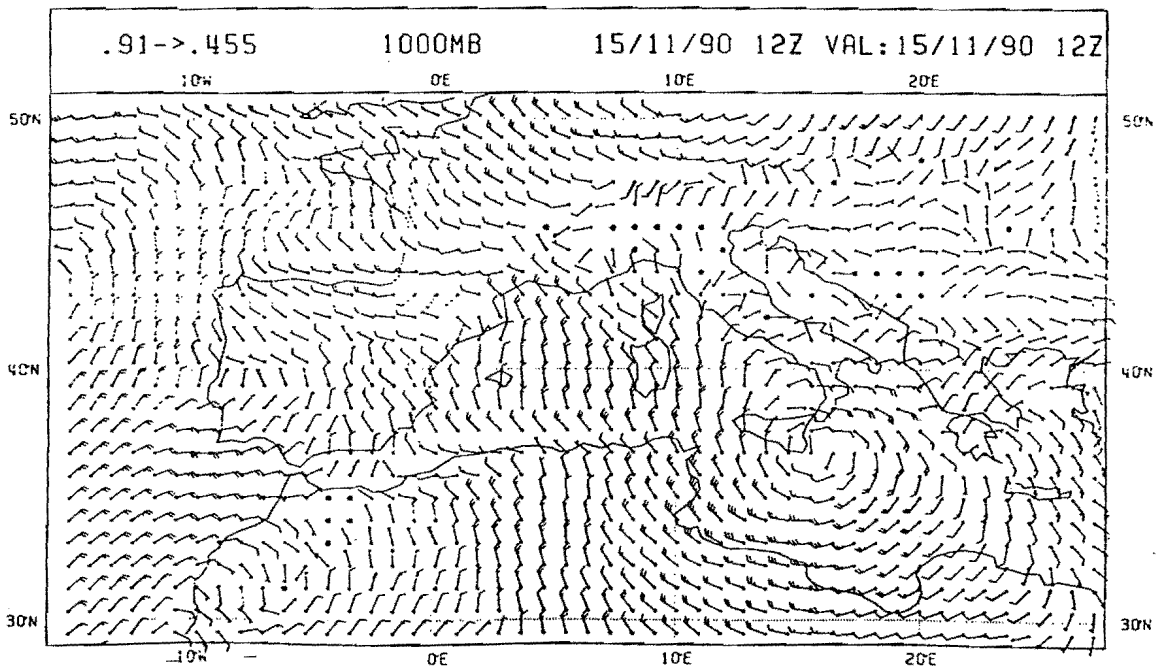
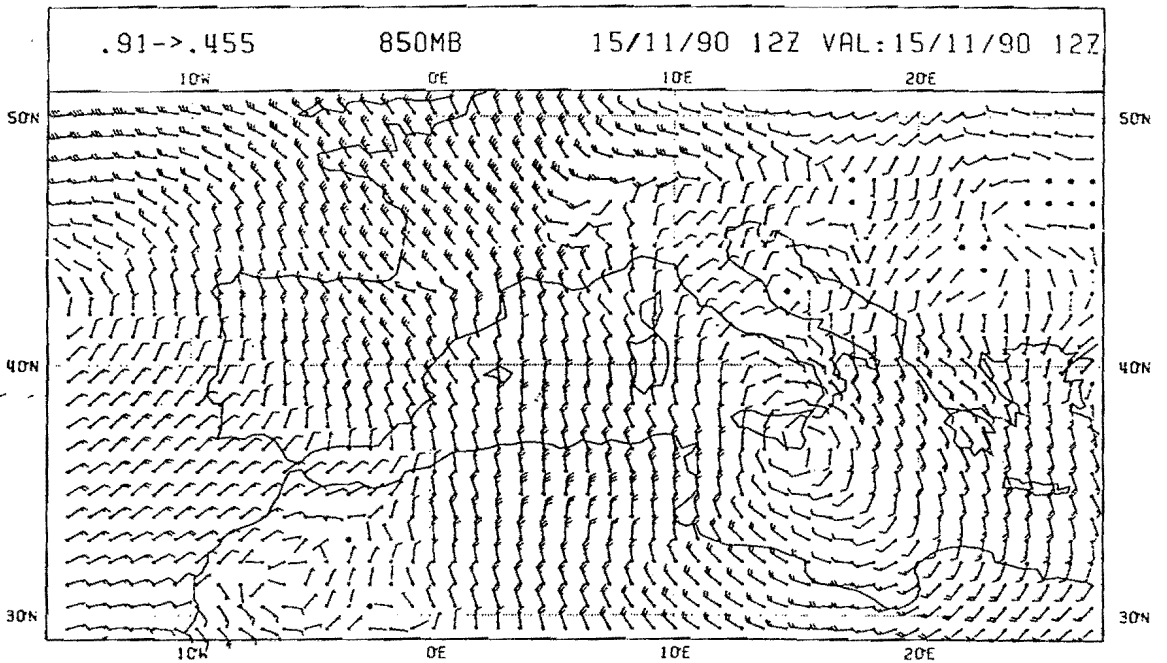
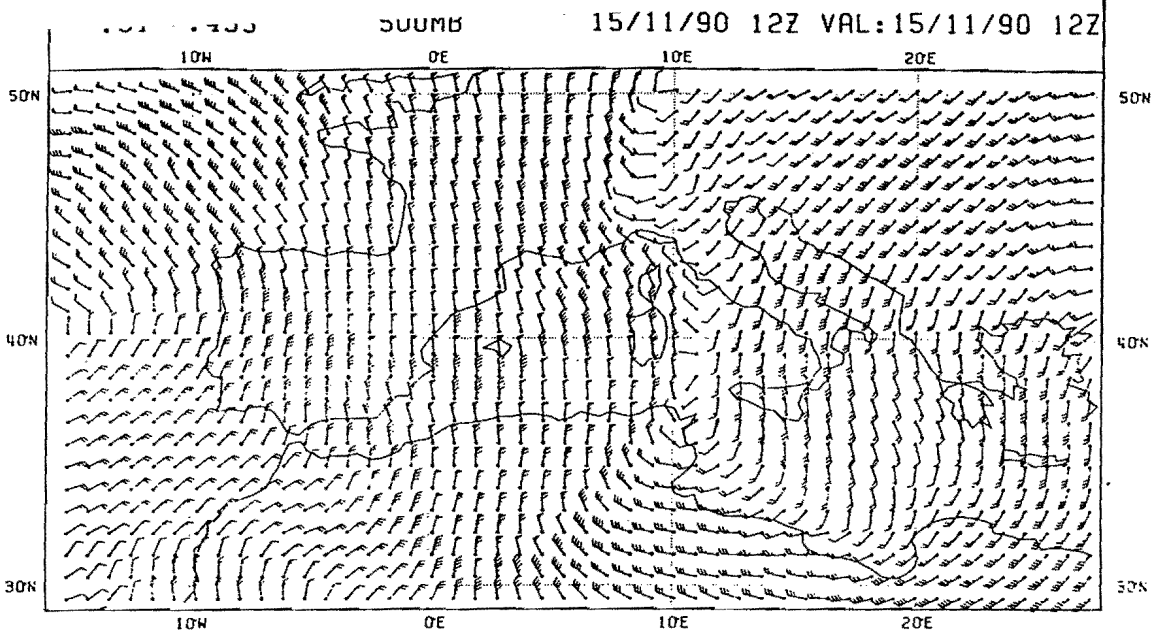
Funciones de correlacion utilizadas en Exp.1, Exp.3 y Exp.4

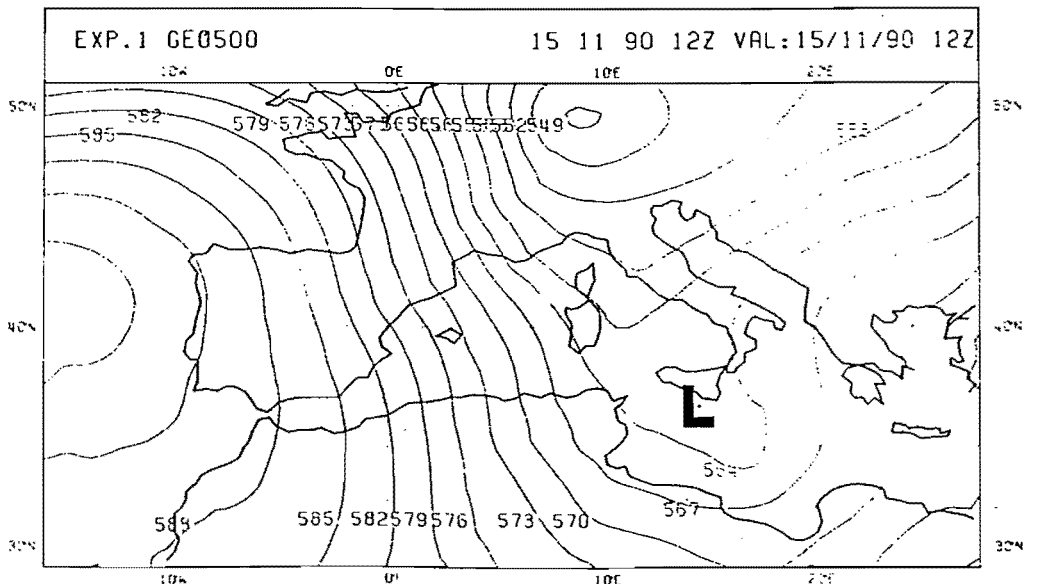
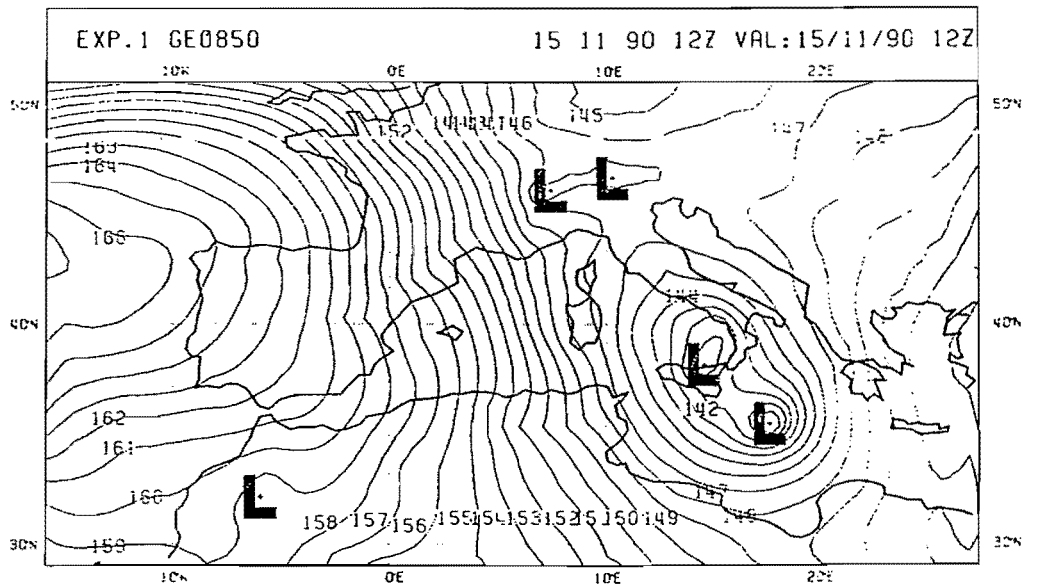
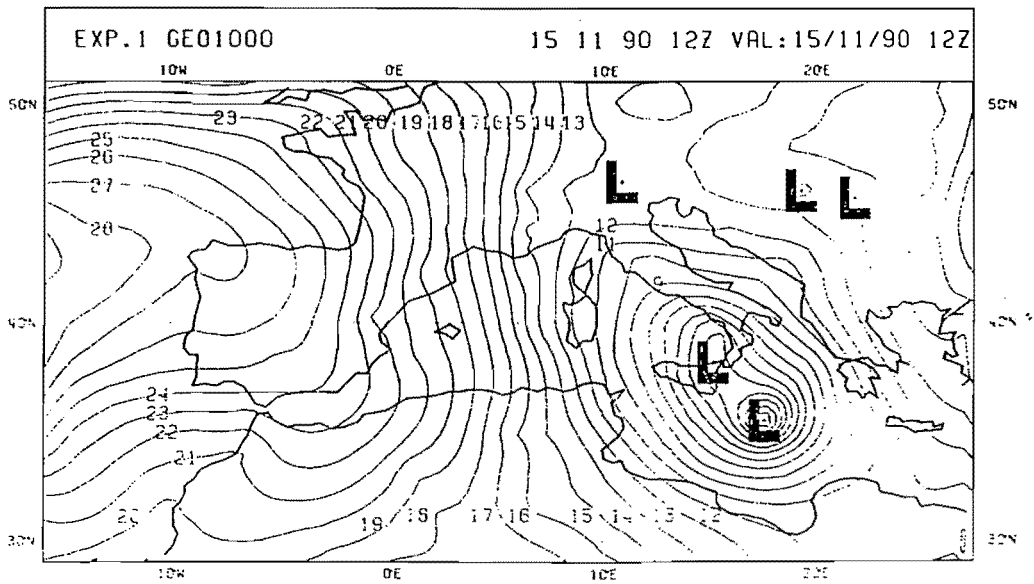


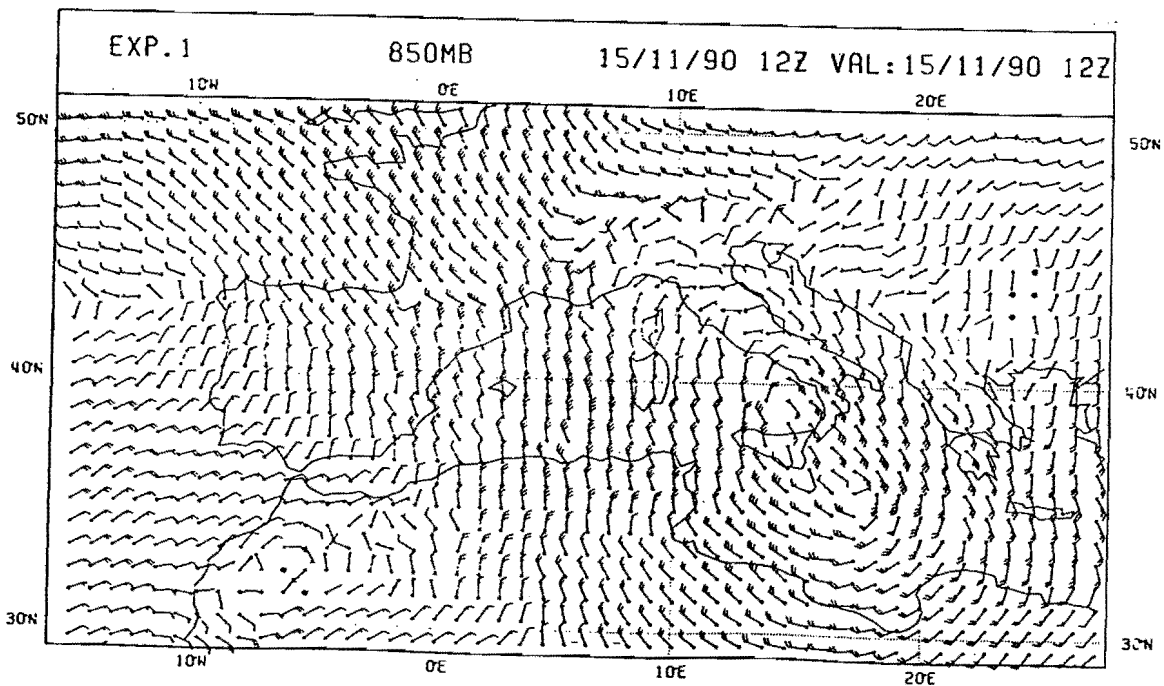
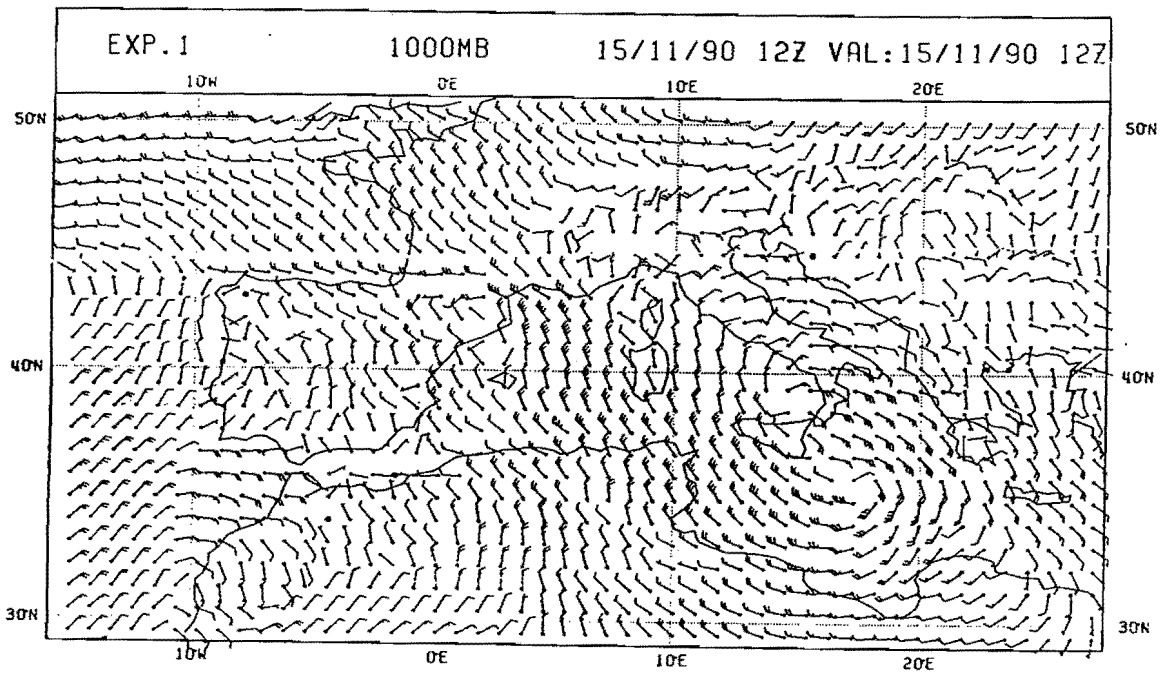
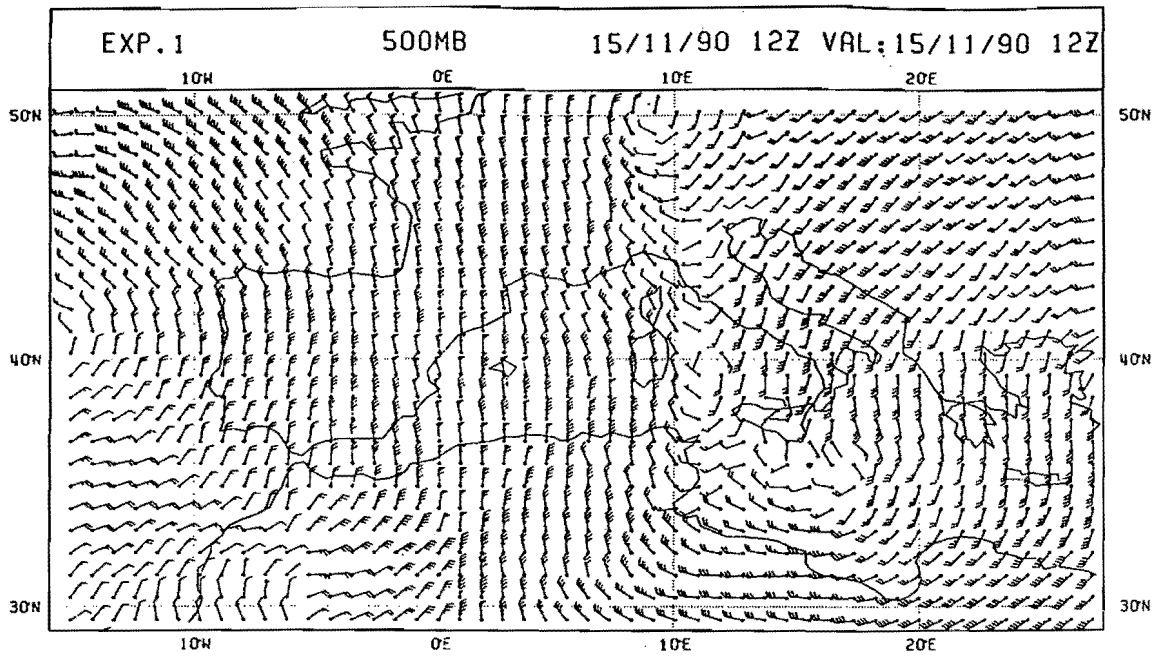


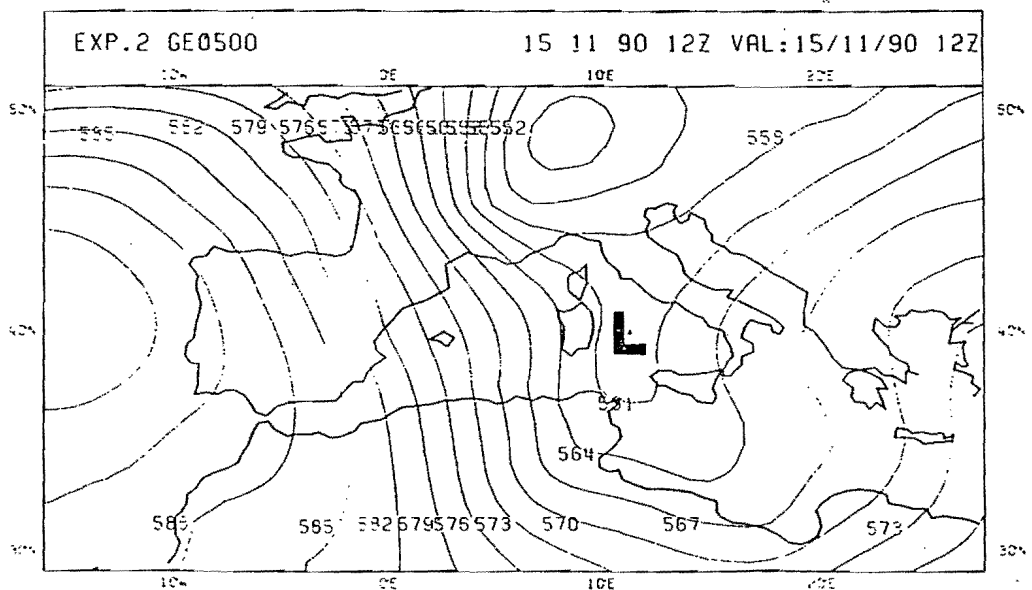
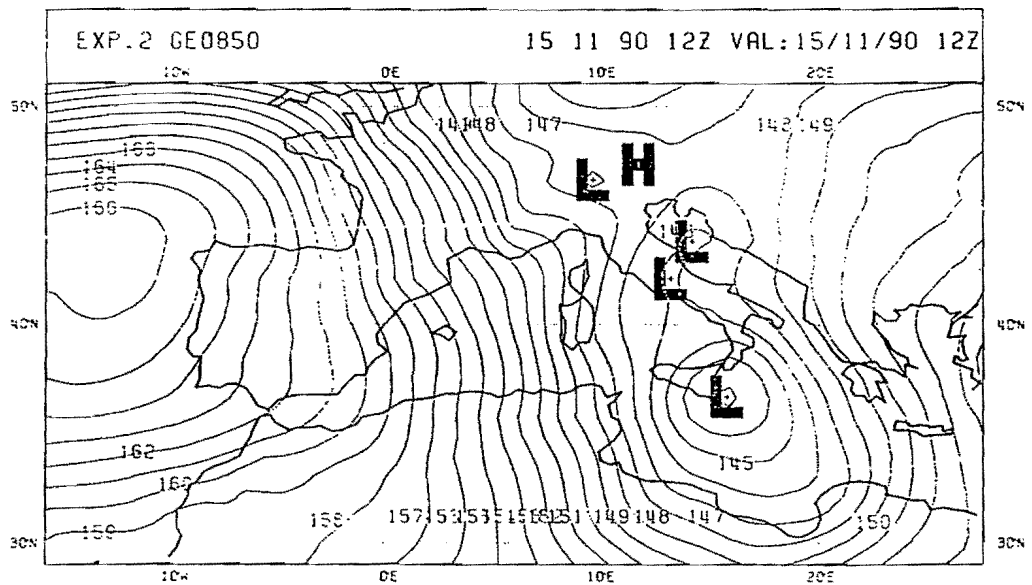
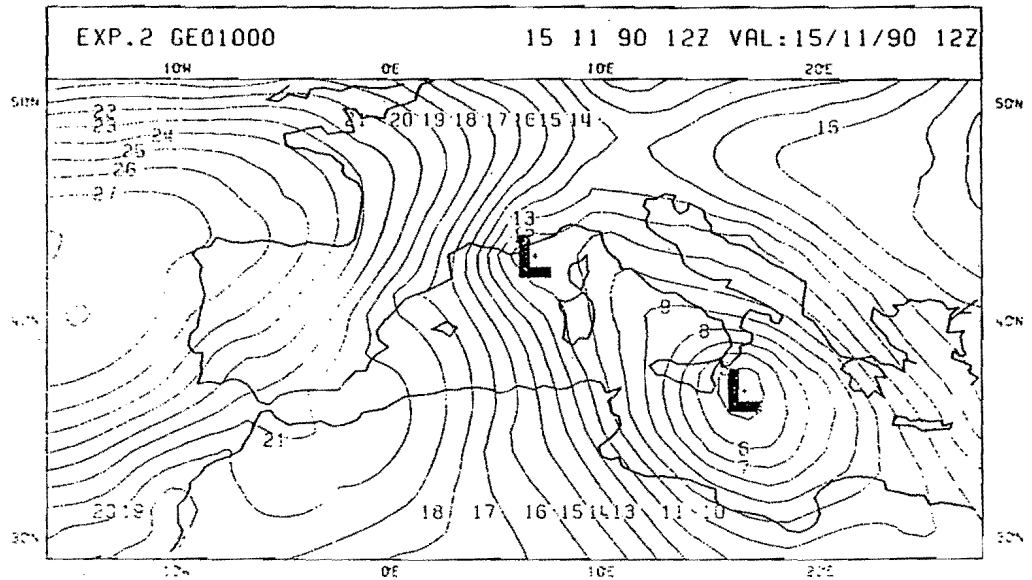


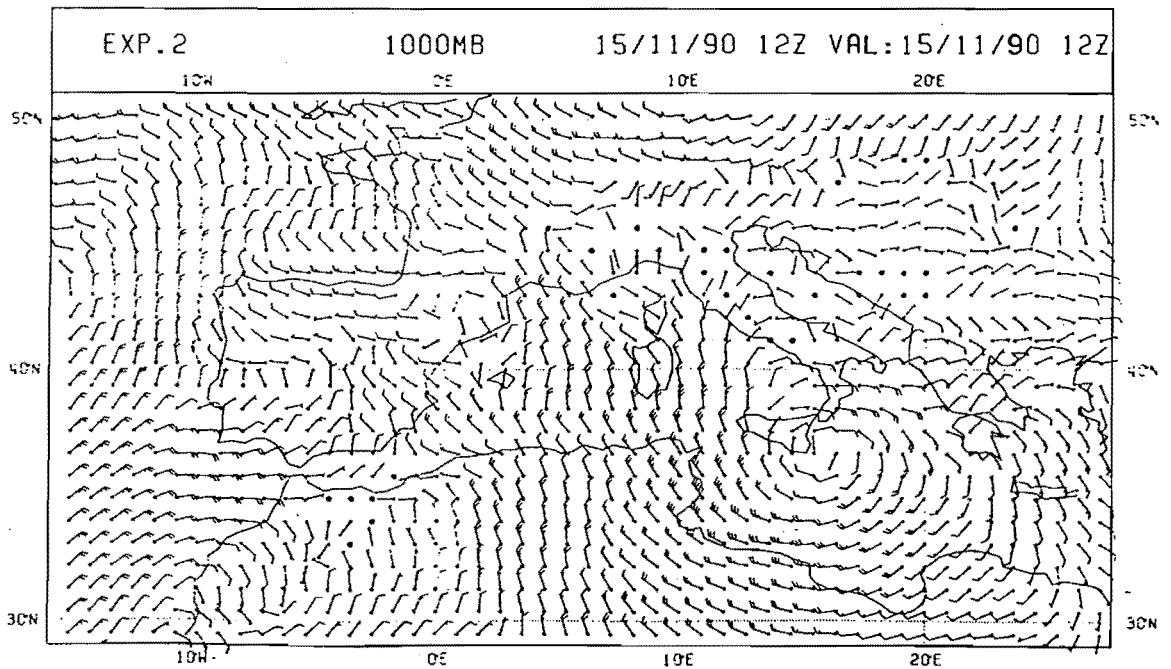
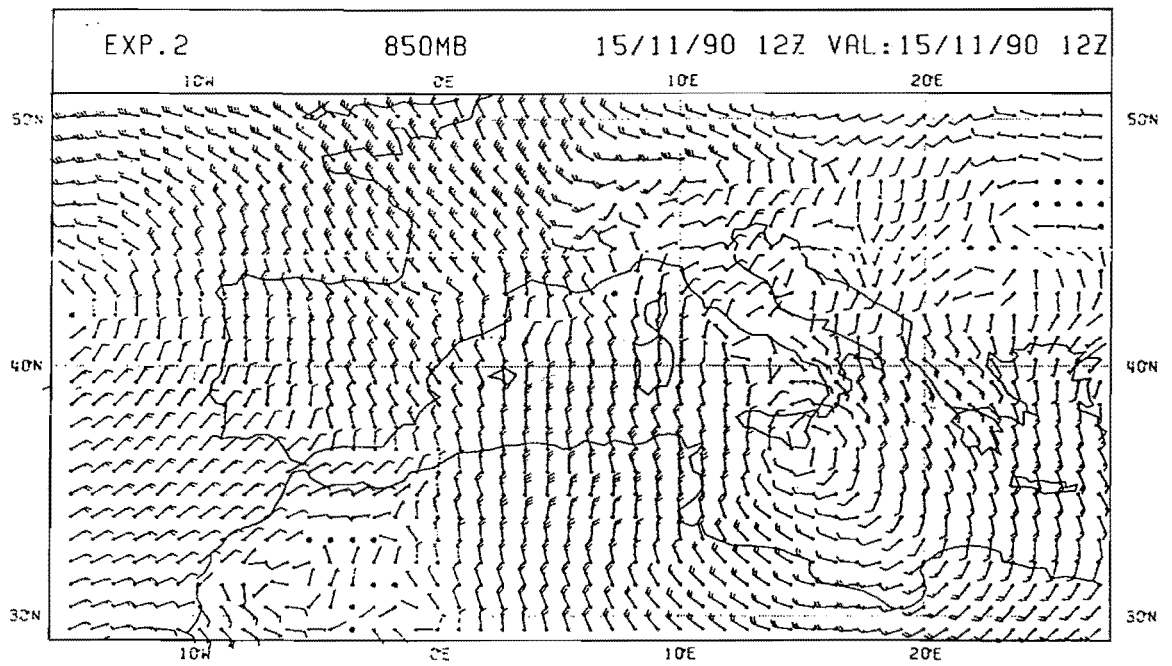
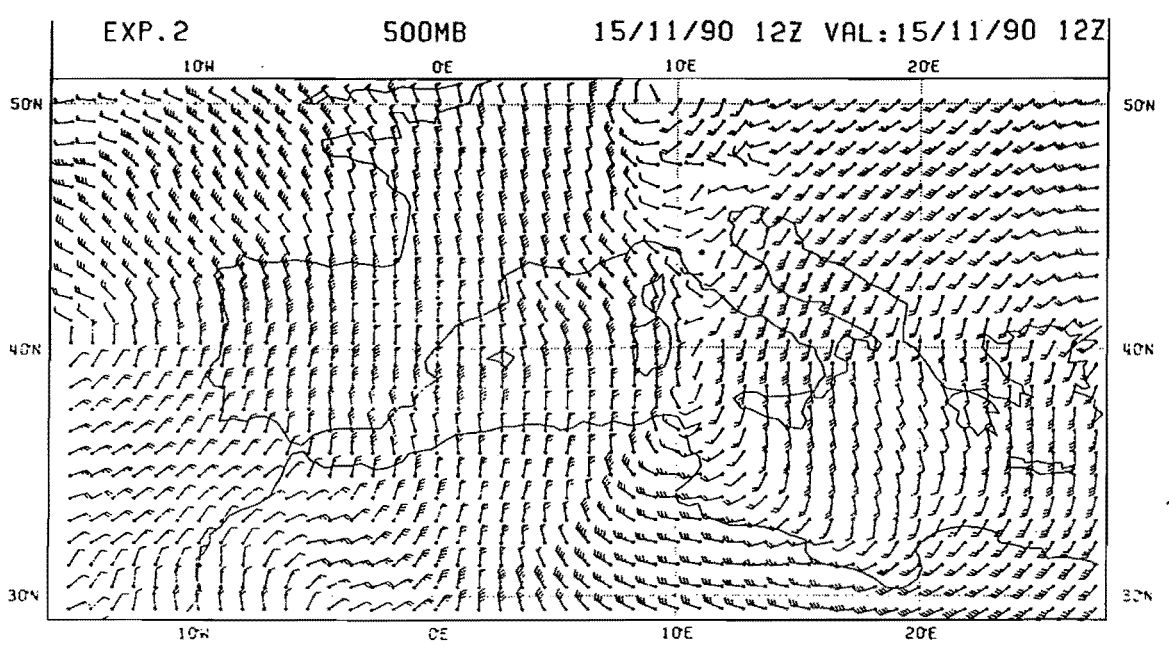




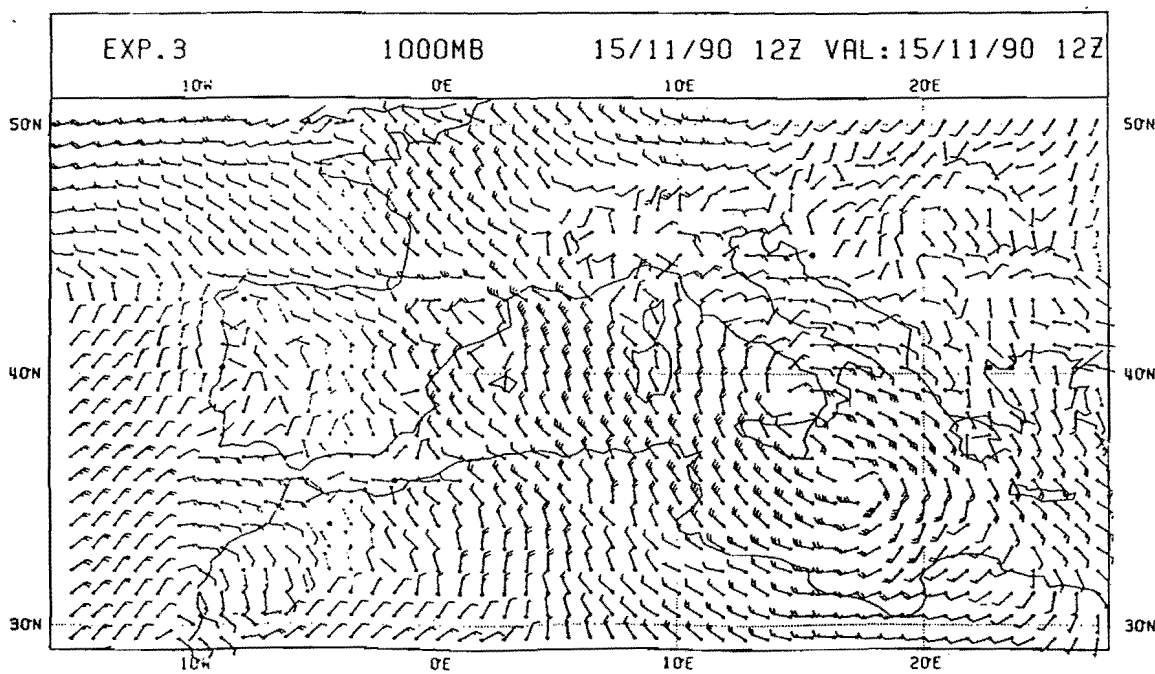
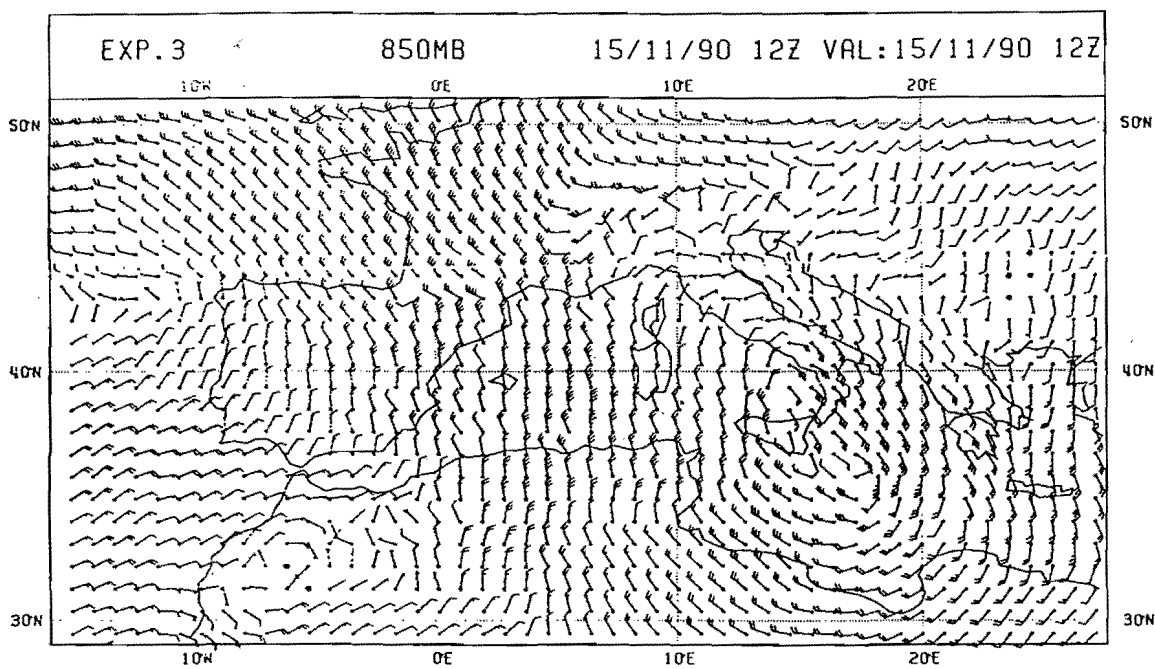
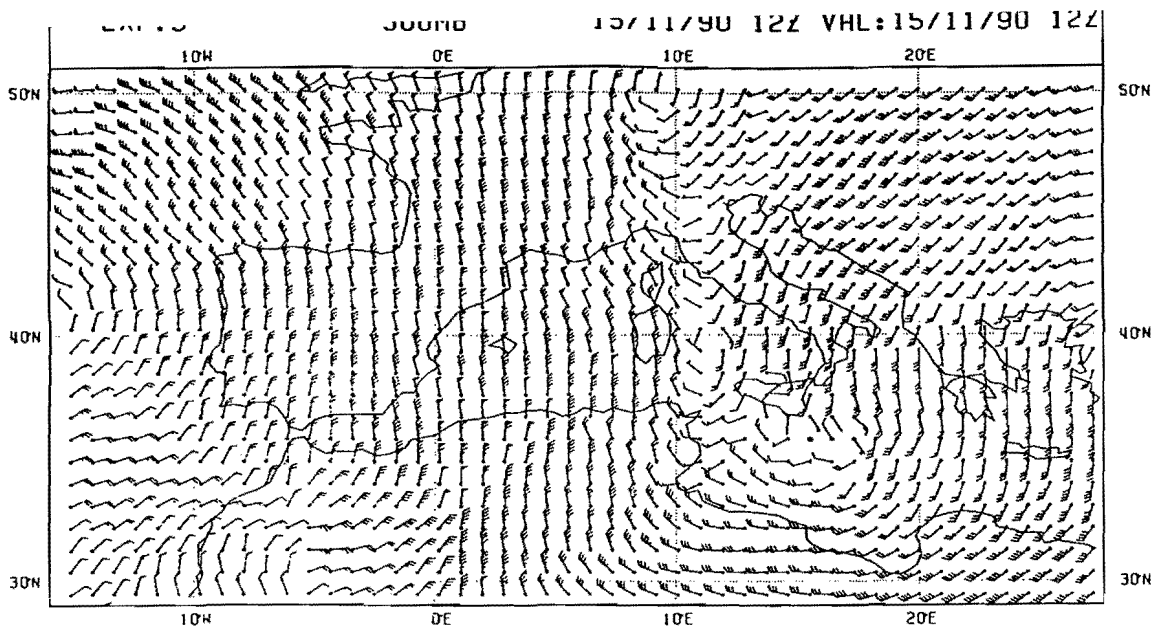


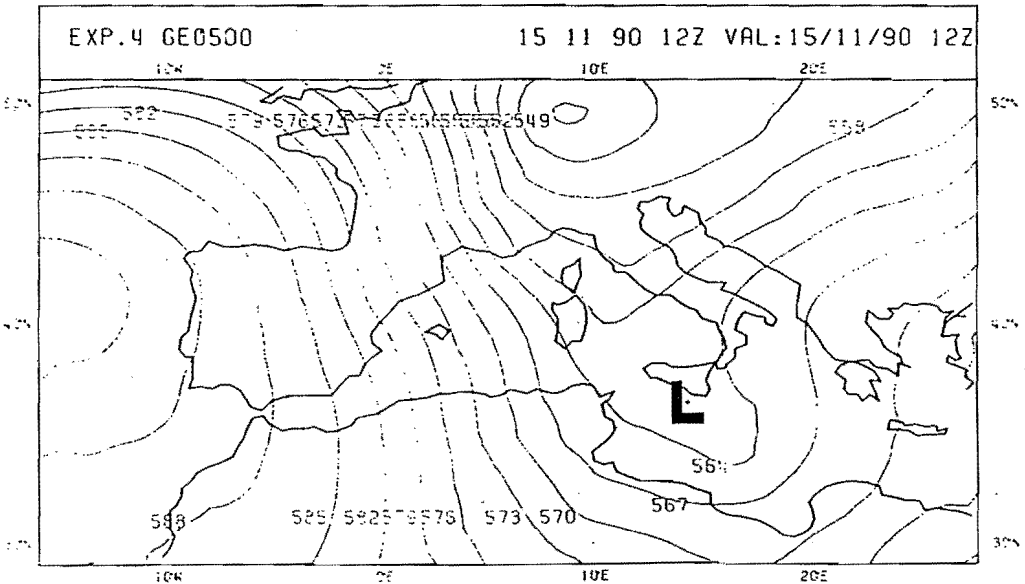
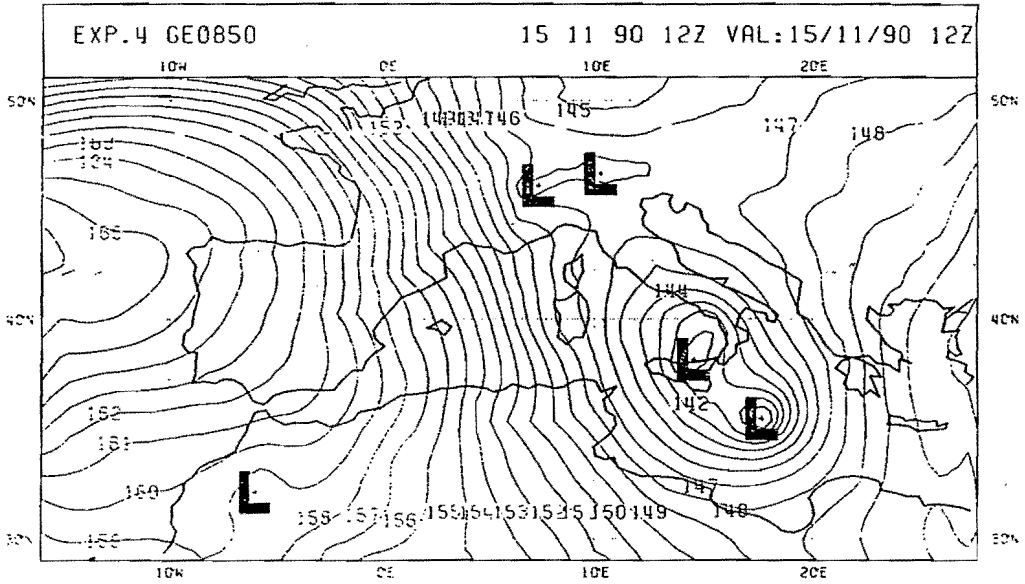
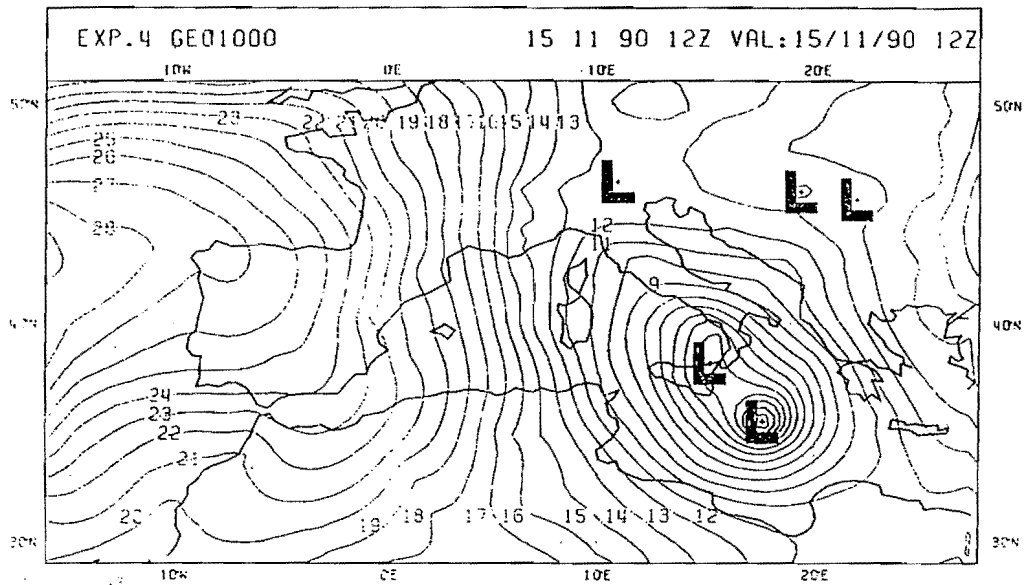


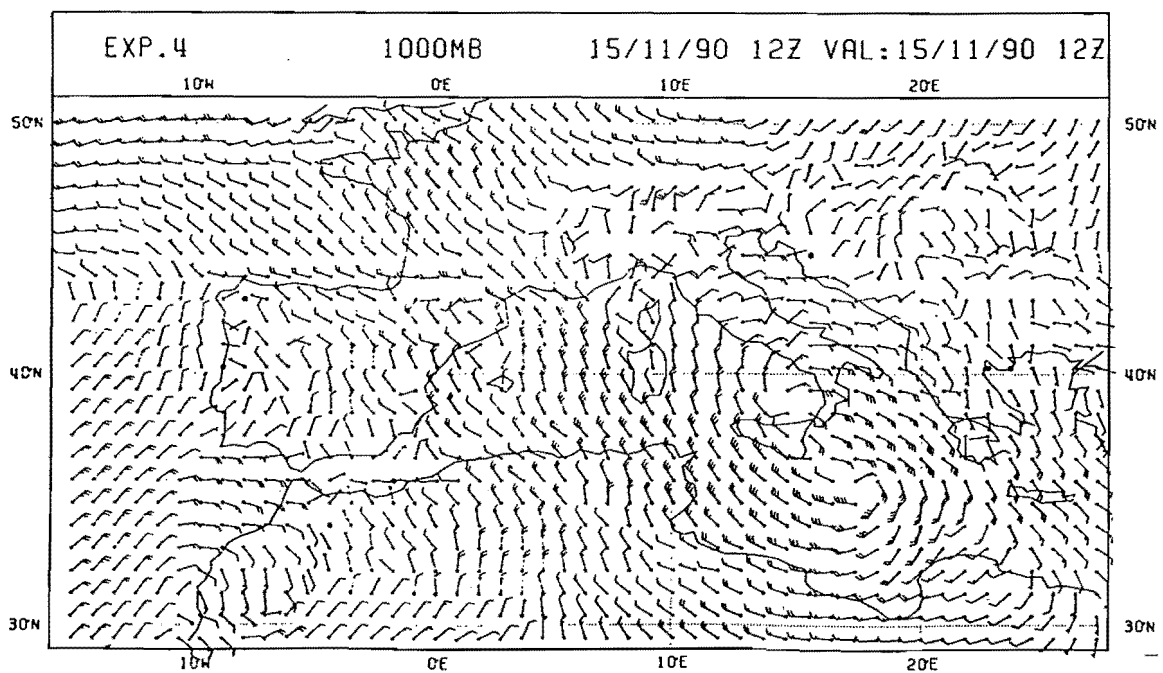
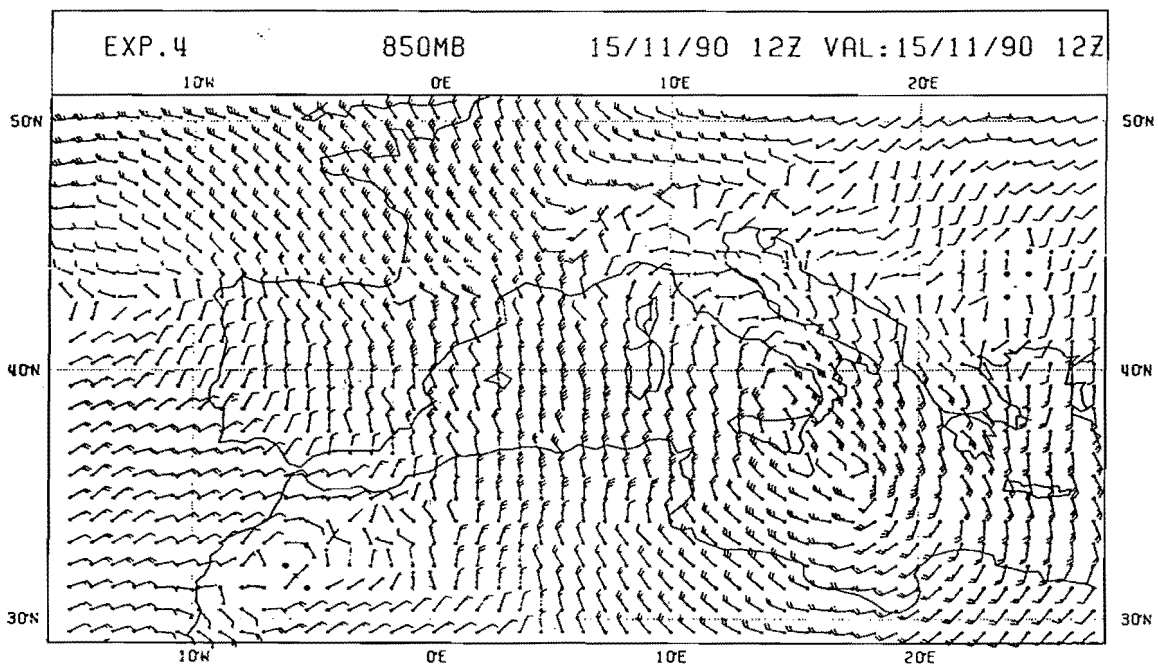
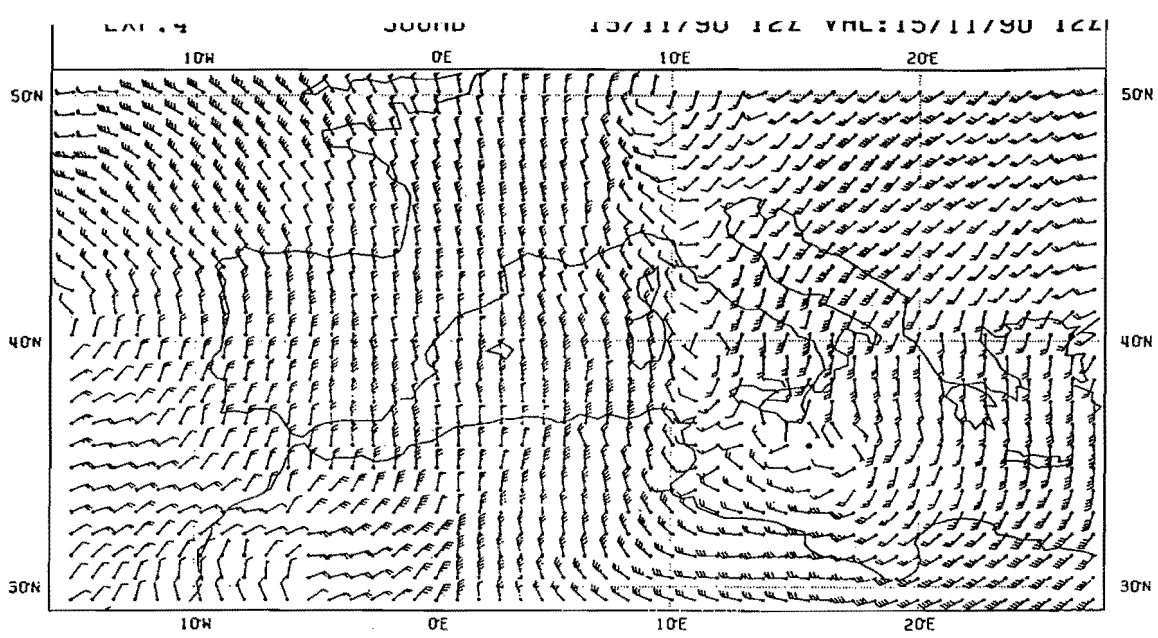


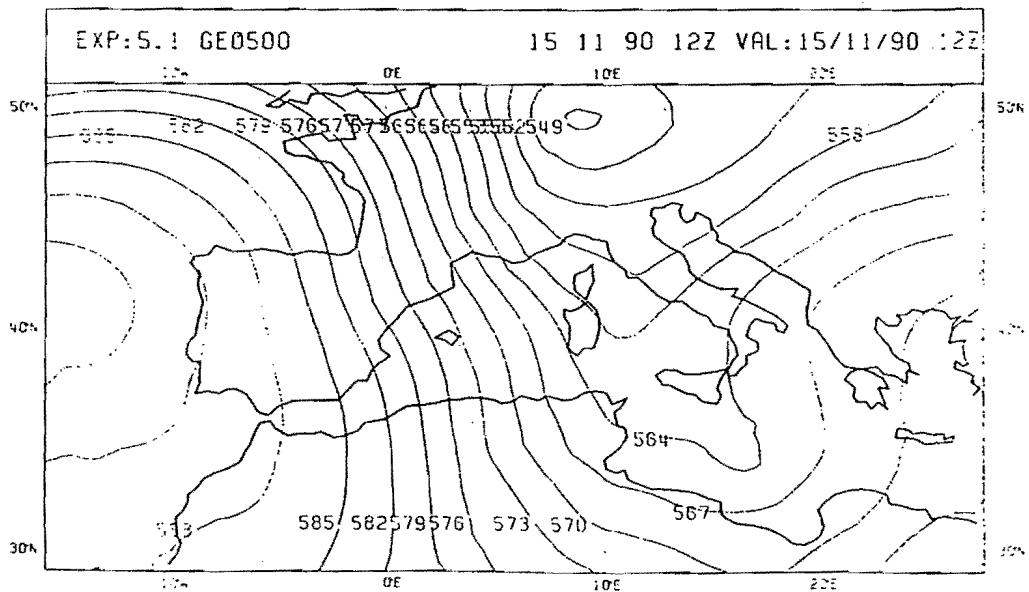
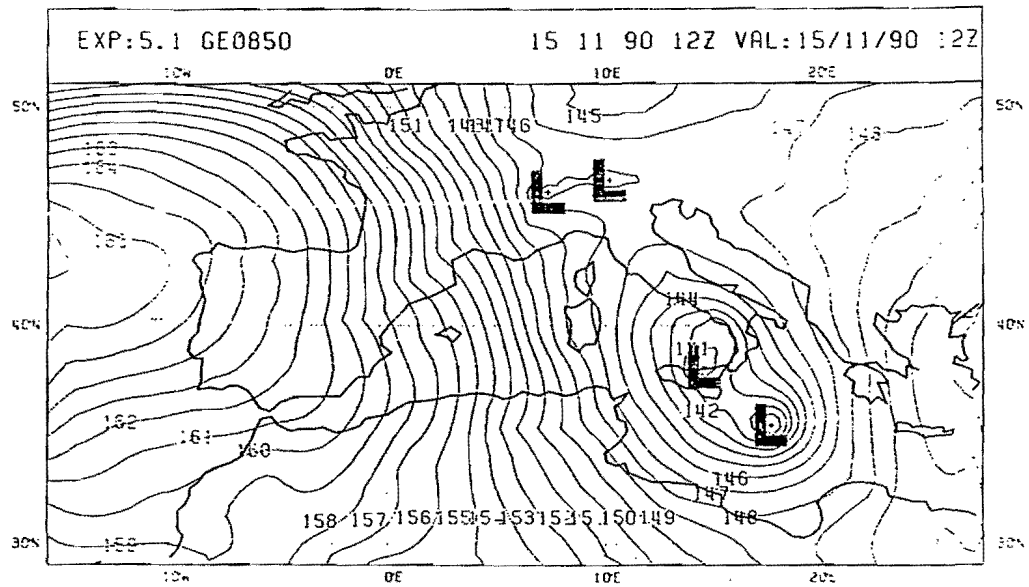
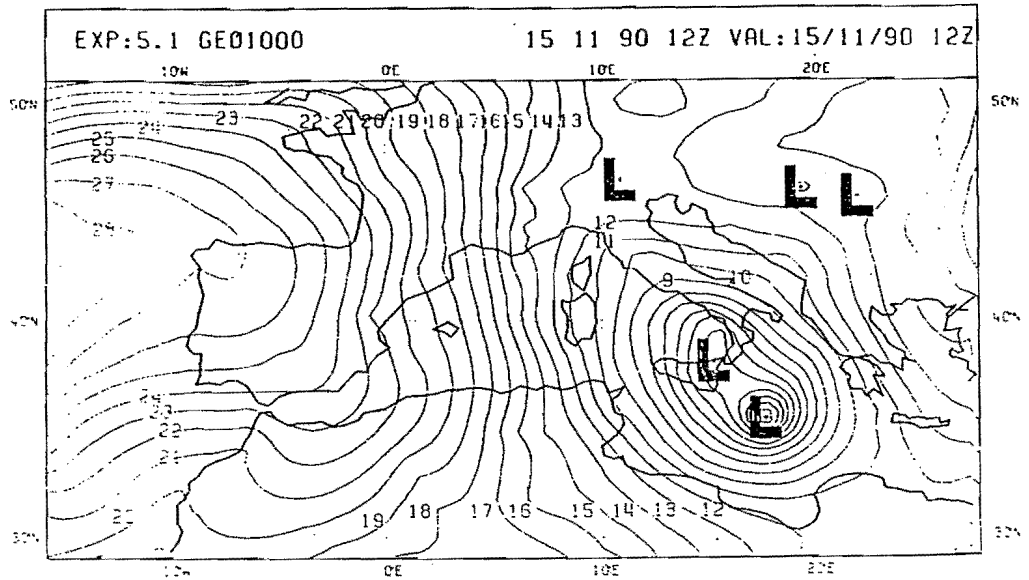


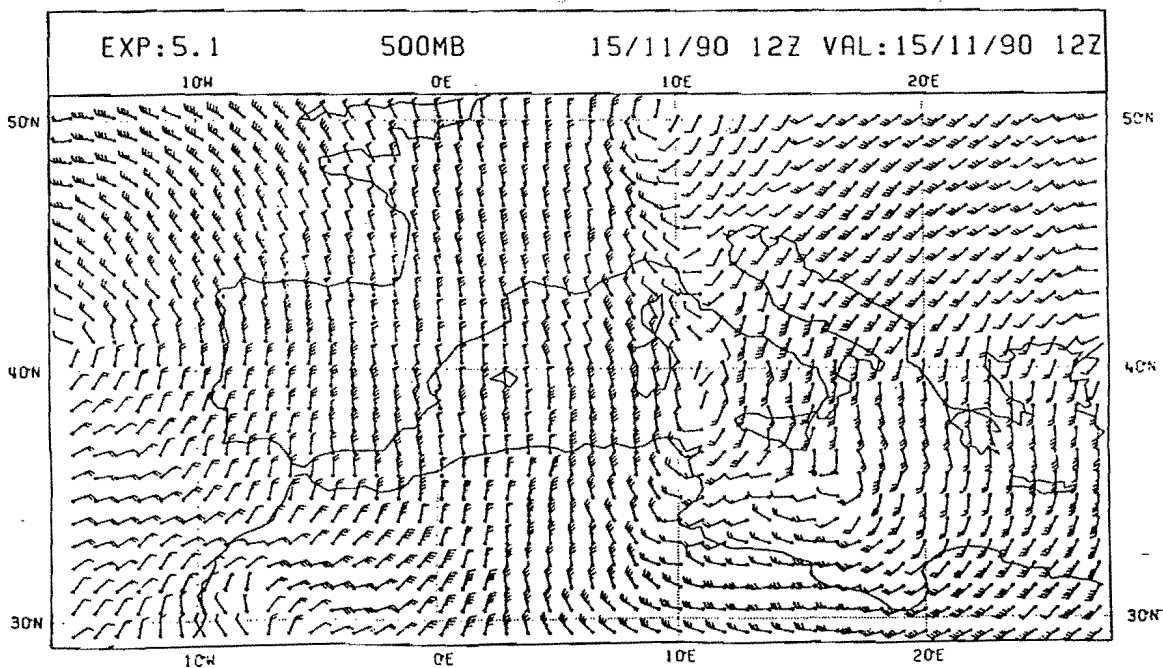
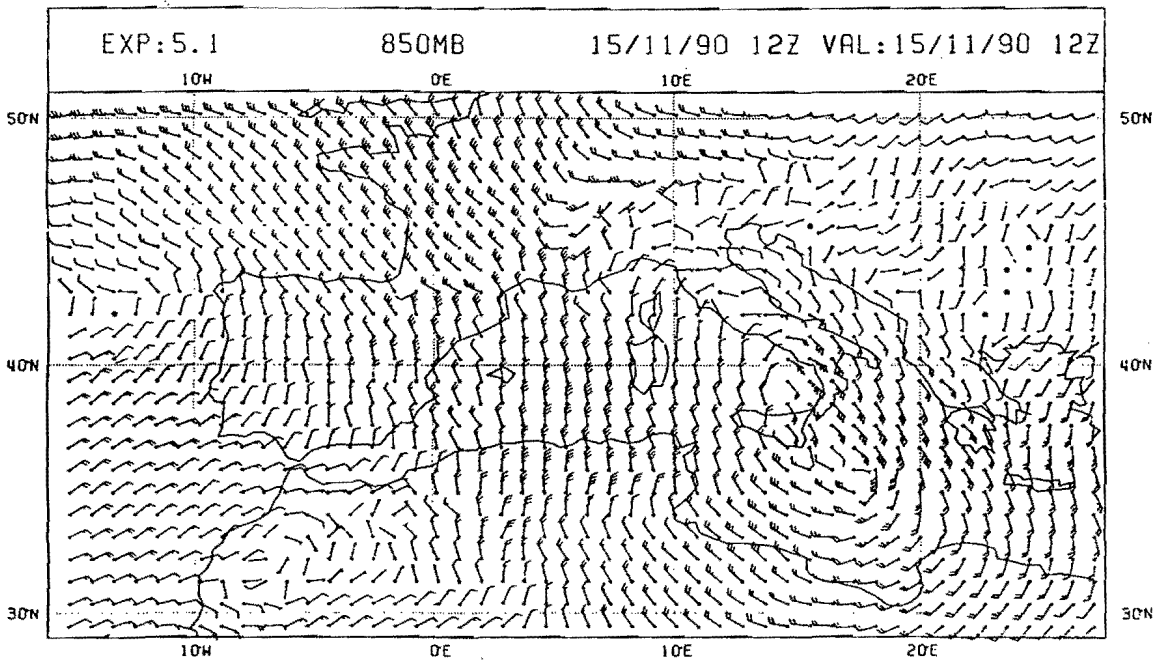
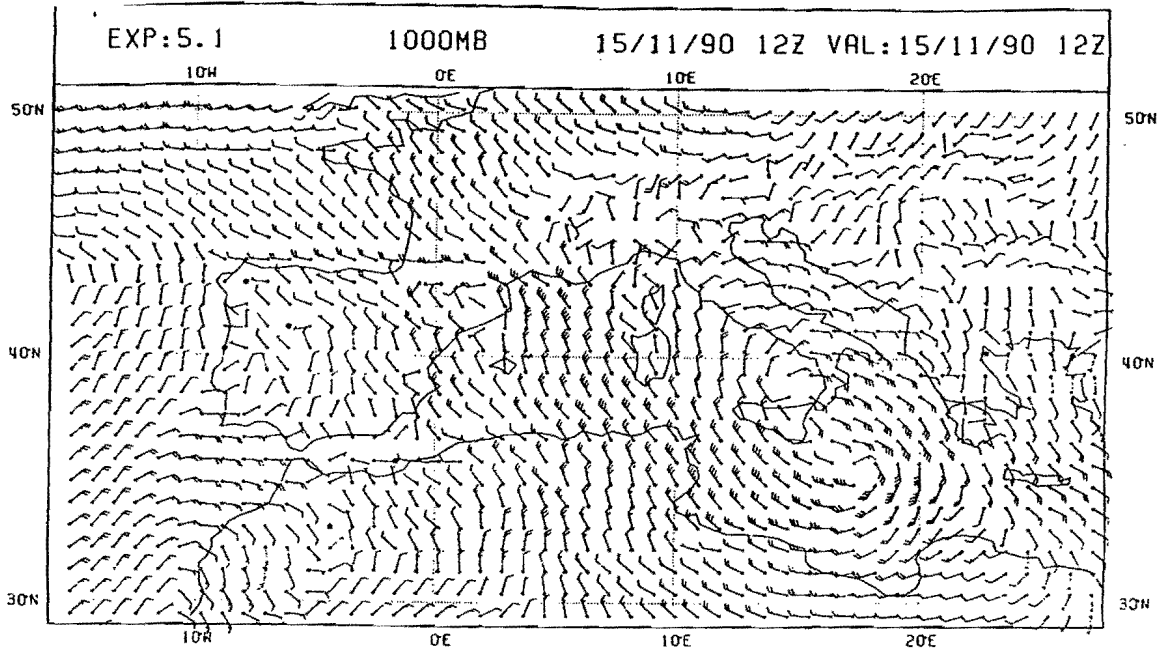


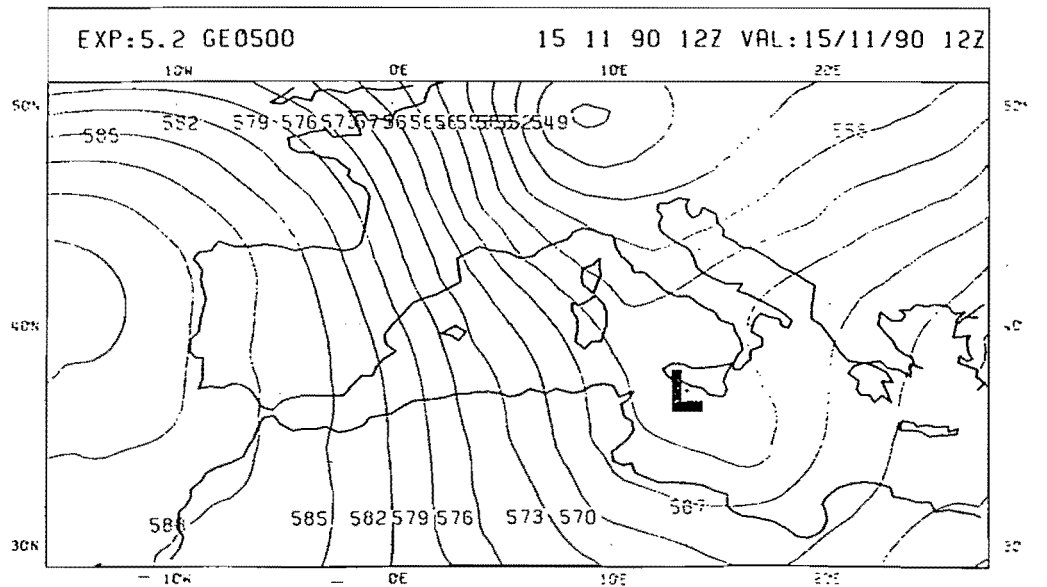
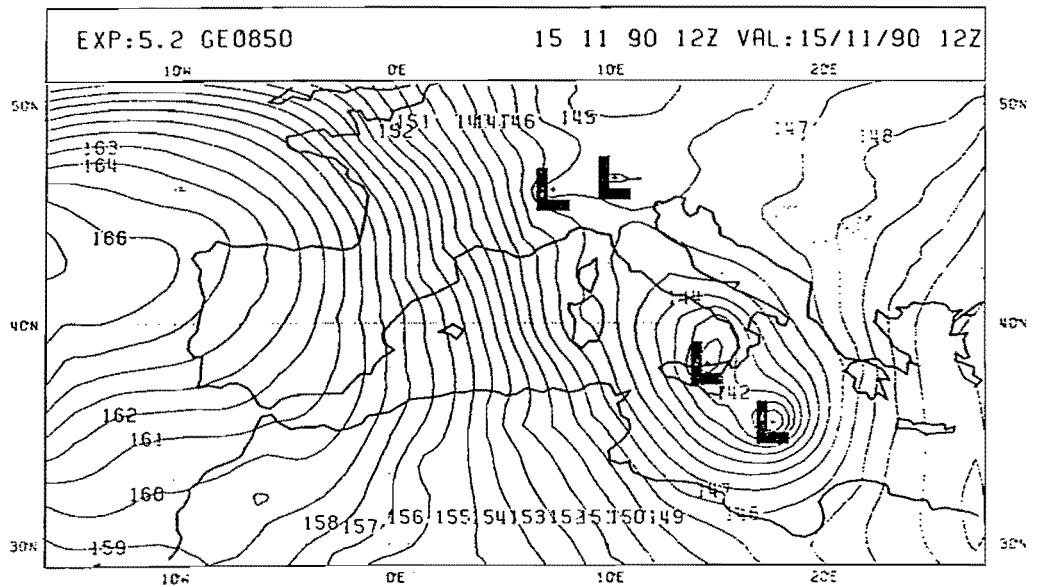
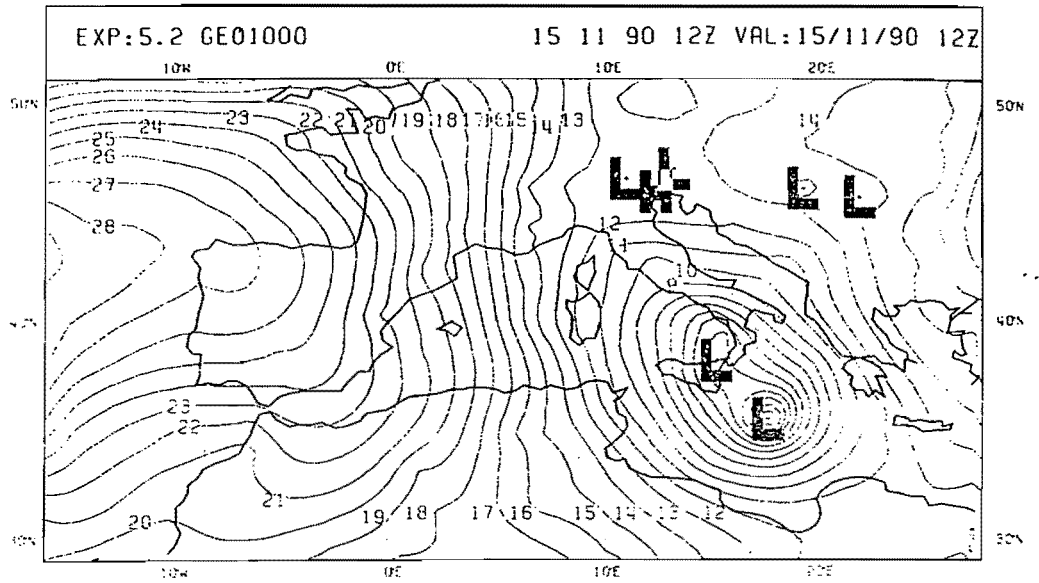








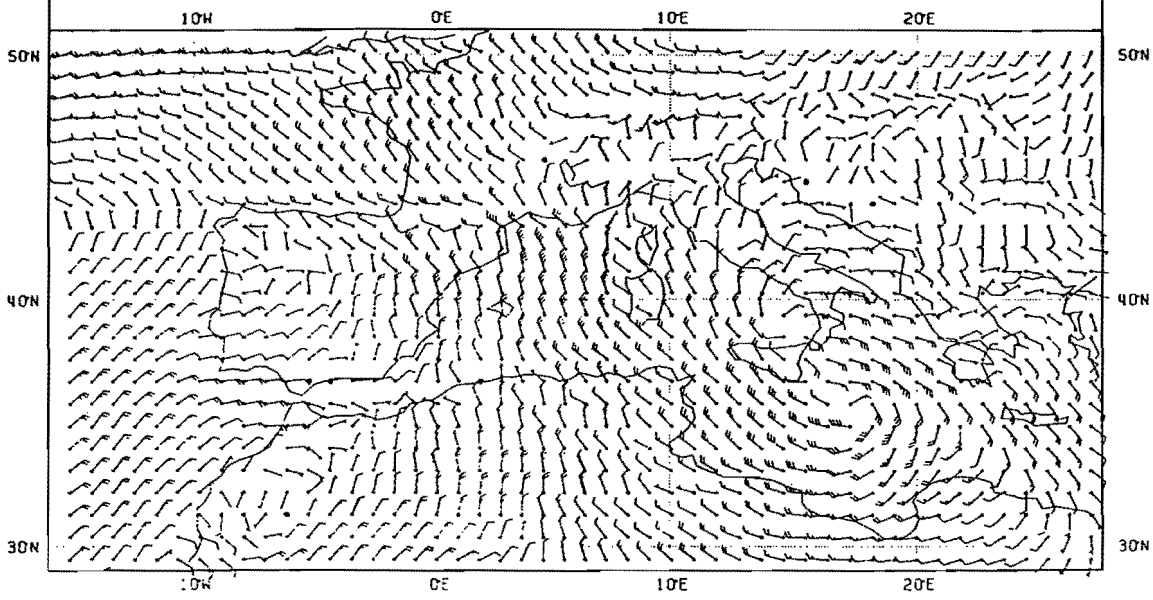




EXP:5.2

1000MB

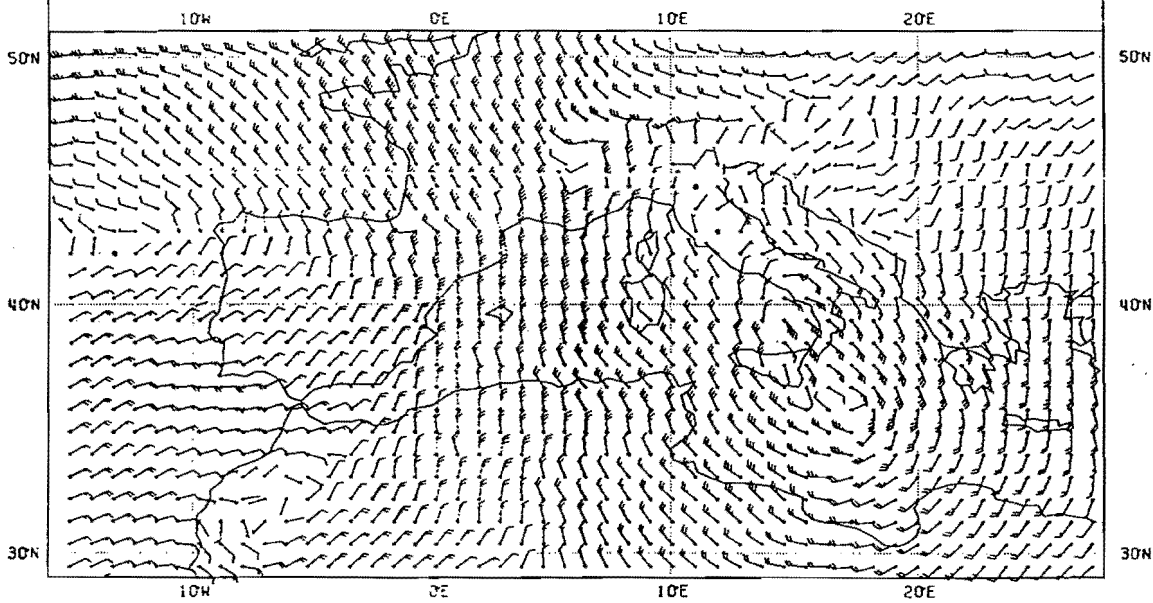
15/11/90 12Z VAL:15/11/90 12Z



EXP:5.2

850MB

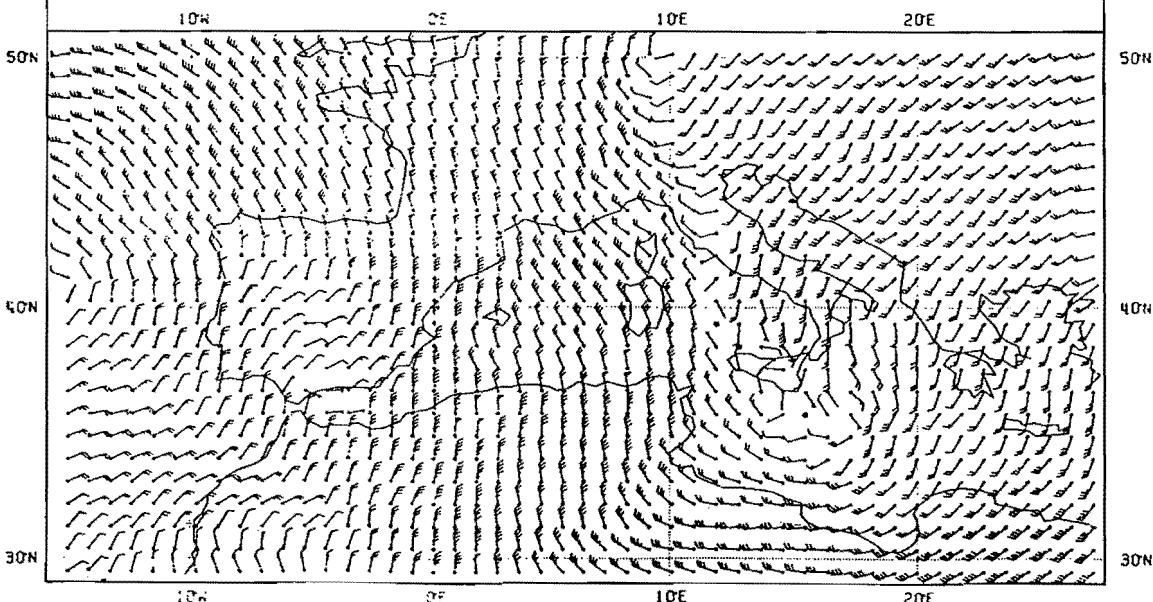
15/11/90 12Z VAL:15/11/90 12Z

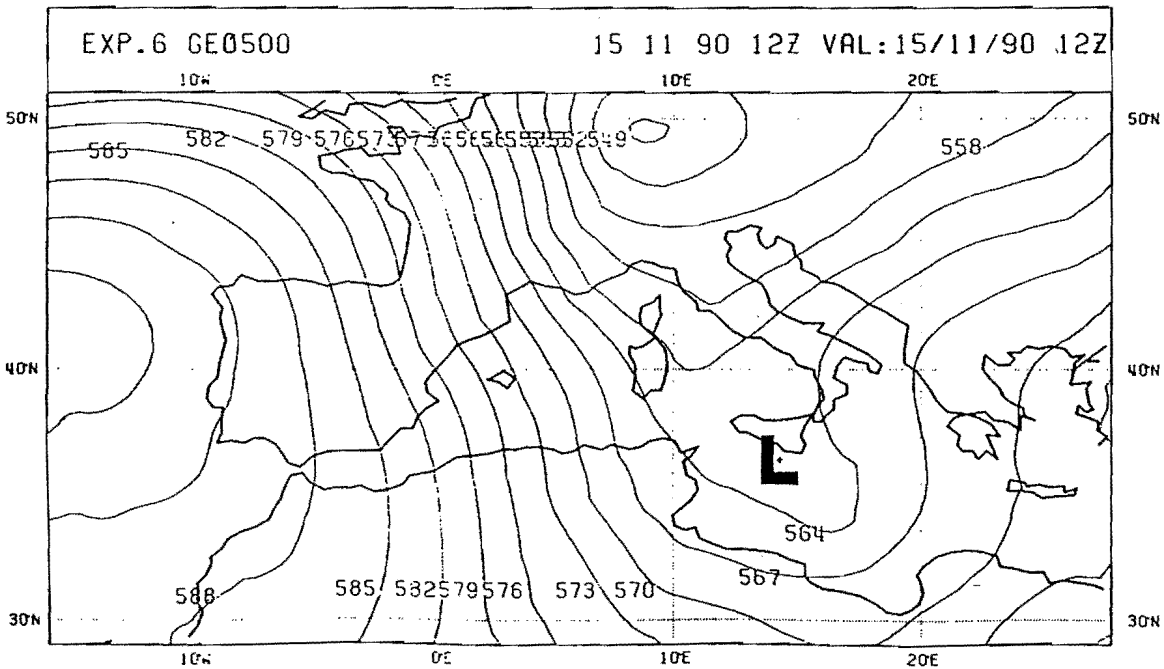
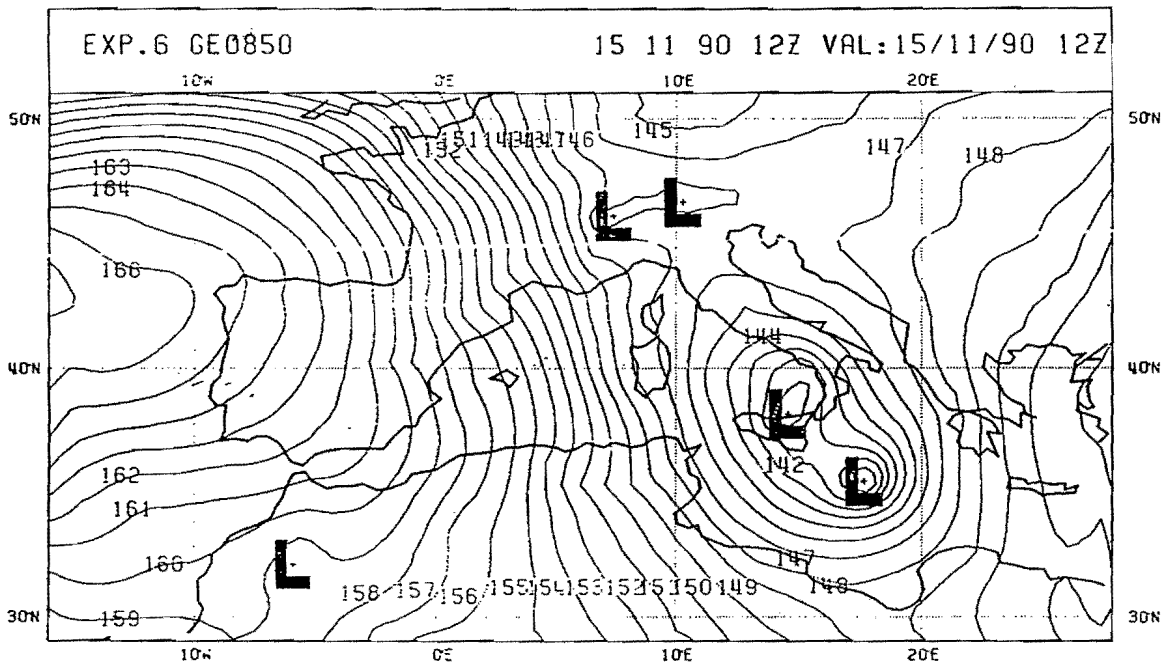
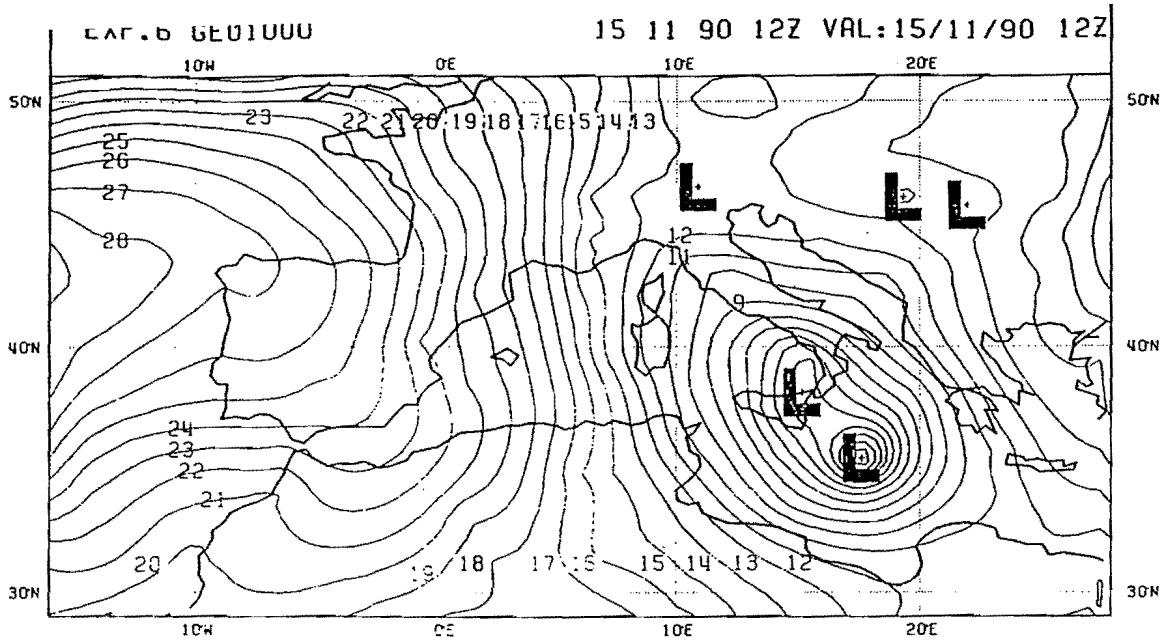


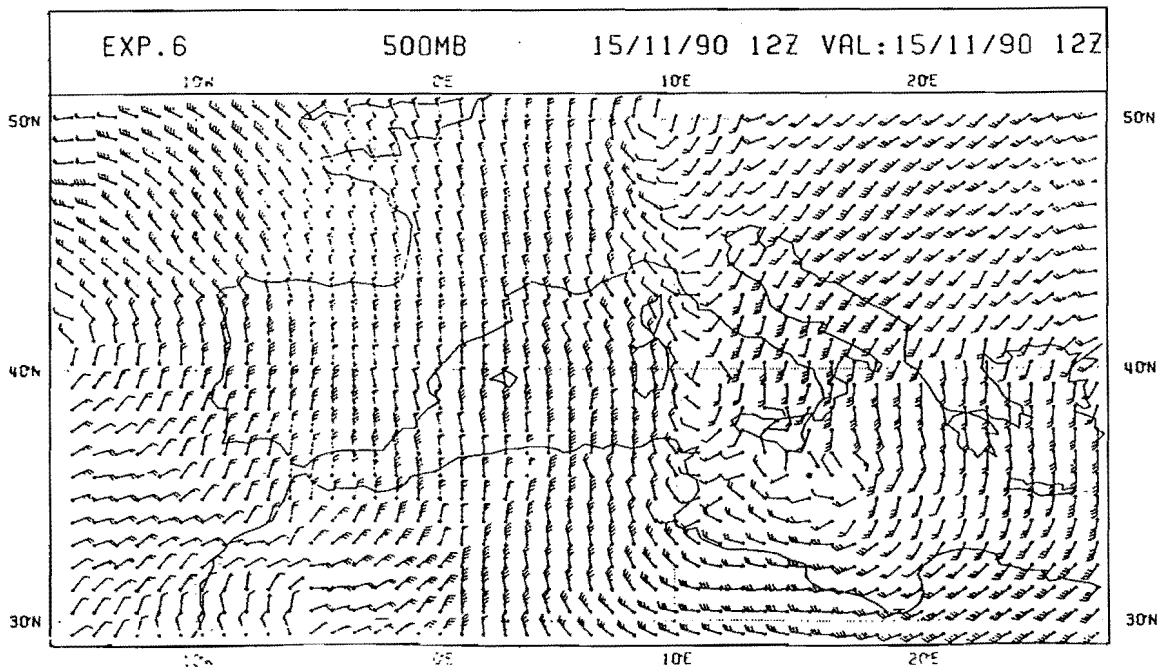
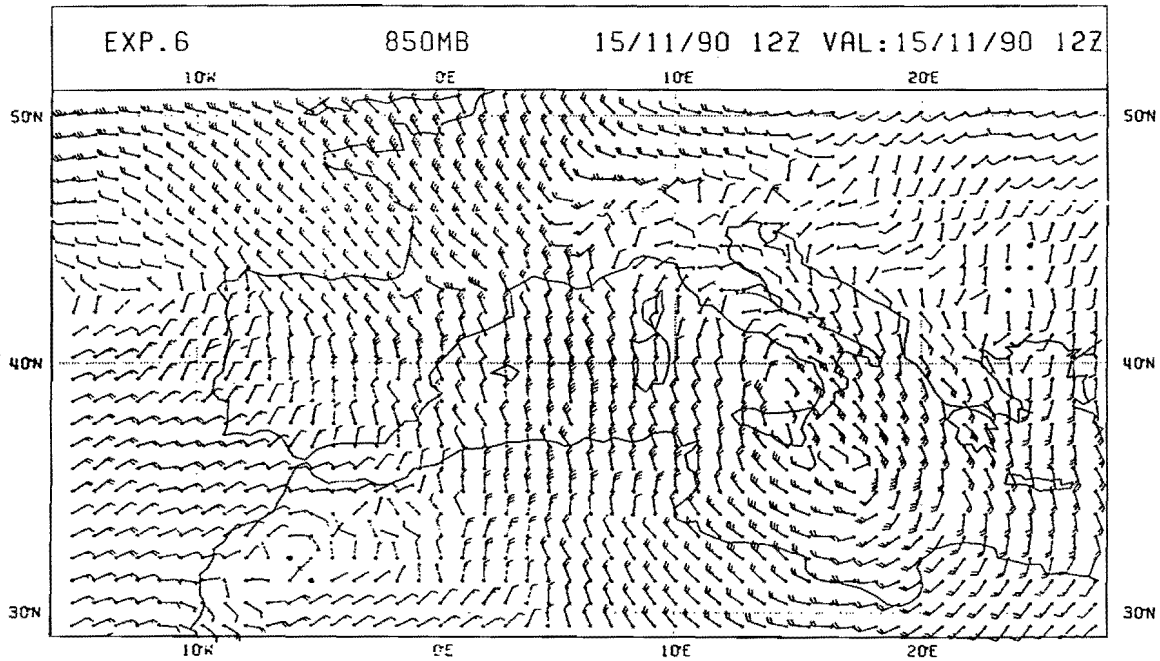
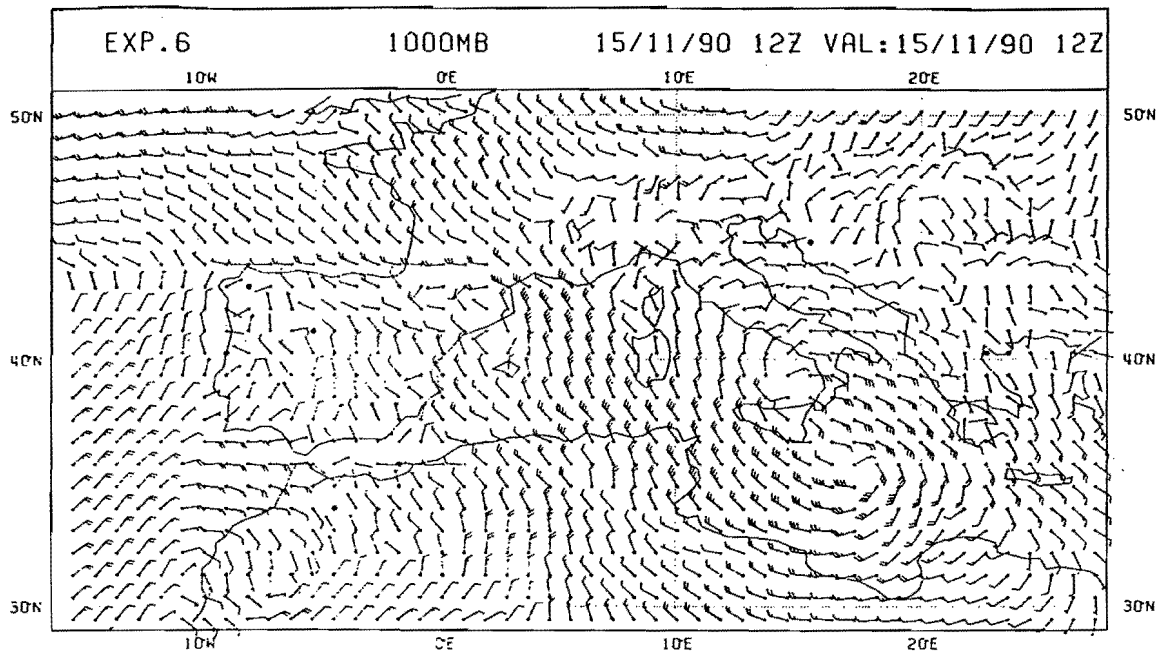
EXP:5.2

500MB

15/11/90 12Z VAL:15/11/90 12Z

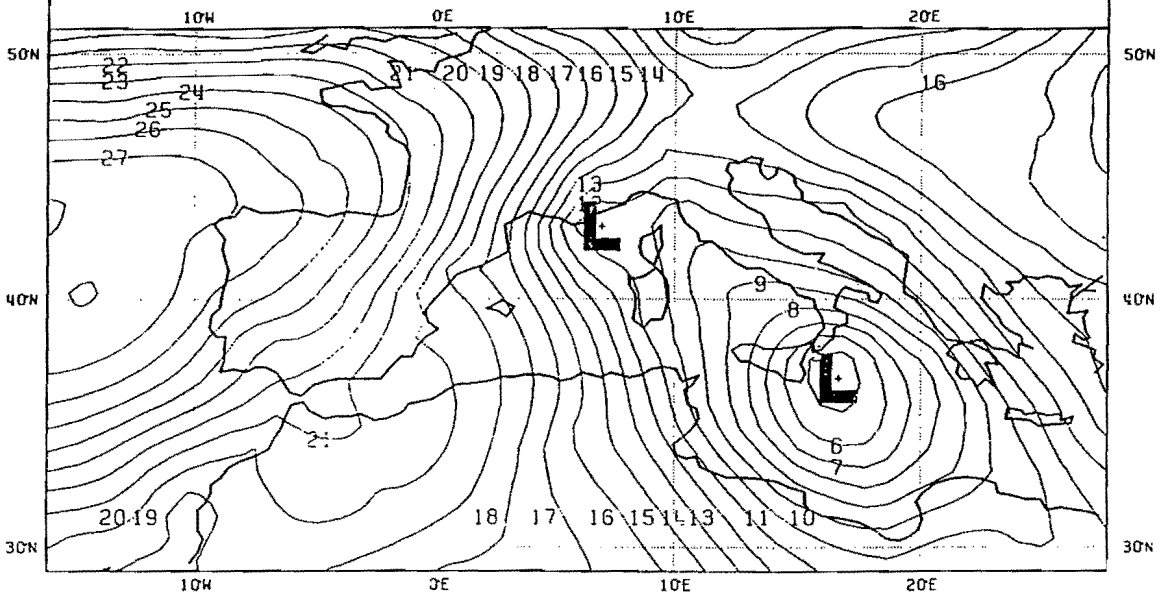






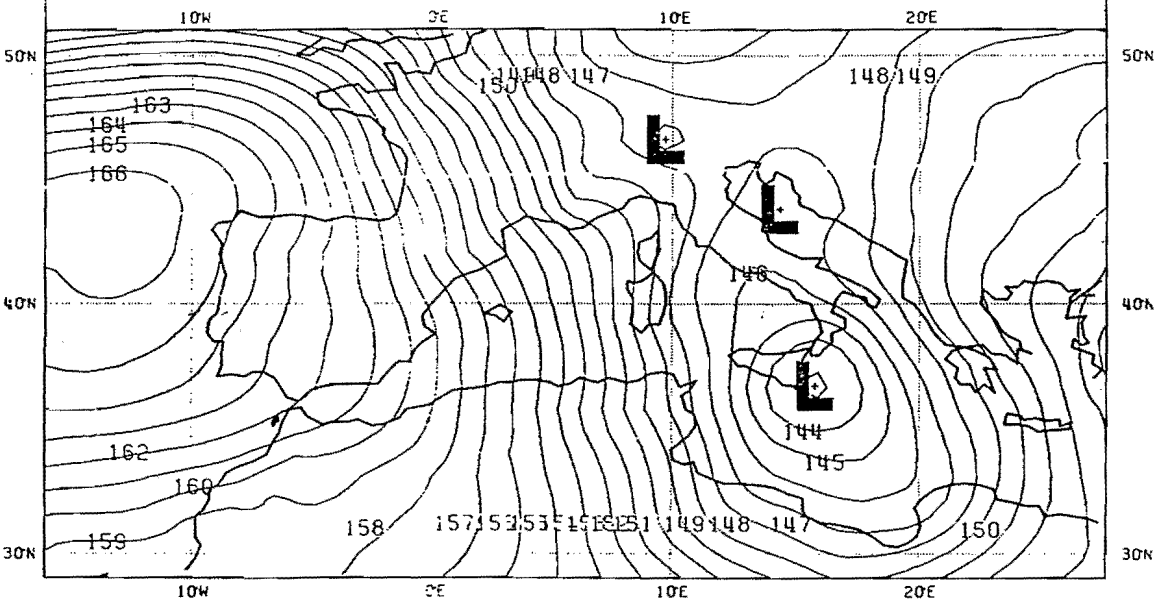
EXP.7 GE01000

15 11 90 12Z VAL:15/11/90 12Z



EXP.7 GE0850

15 11 90 12Z VAL:15/11/90 12Z



EXP.7 GE0500

15 11 90 12Z VAL:15/11/90 12Z

