

# Comunicación D-6

## INICIALIZACIÓN DE LAS VARIABLES SUPERFICIALES EN EL MODELO HIRLAM

Beatriz Navascués

Servicio Predicción Numérica (INM)

### RESUMEN

*En esta presentación se repasan las variables superficiales del modelo HIRLAM que próximamente se inicializarán operativamente con un procedimiento de análisis. Dichas variables son: la temperatura del agua del mar, el espesor de la capa de nieve, la fracción de hielo, las temperaturas y el contenido de humedad del suelo sobre su superficie y al nivel de las raíces, y la temperatura y humedad relativa a 2 m del suelo. Se pasa revista al método, campo previo, observaciones y peculiaridades del análisis de cada una de ellas, con énfasis en las que más se ha trabajado en el INM en el último año. Asimismo se explica brevemente la necesidad de la mejora de su inicialización y las consecuencias que se derivan.*

### 1. Introducción

En un modelo de predicción son utilizadas una serie de variables bidimensionales definidas al nivel del suelo y necesarias para introducir los forzamientos provenientes de la superficie de la tierra en las parametrizaciones tales como la radiación o los procesos superficiales.

Algunas de estas variables tienen ecuaciones de pronóstico dentro del modelo (como las temperaturas y contenidos de humedad a diferentes profundidades del suelo), mientras que otras son simplemente diagnosticadas en cada paso de tiempo (caso de la fracción de hielo), e incluso se mantienen constantes a lo largo del período de predicción (como es el caso de la temperatura del agua del mar).

Para estas variables existe la posibilidad de asignar como valor inicial el valor previsto por el modelo (*first guess*), pero ello tiene el inconveniente de poder producir una deriva de dichas variables motivada por errores en el modelo.

El remedio tradicional para evitar la deriva ha sido aplicar la relajación hacia los valores climatológicos pero este método falla en situaciones de anomalías estacionales y además limita los desarrollos pronosti-

cados por los esquemas de parametrización de superficie. Afortunadamente, en la actualidad existen técnicas de asimilación de datos para muchas variables superficiales.

En la presentación se repasarán las variables superficiales que en un futuro próximo se inicializarán operativamente con un procedimiento de análisis. Éstas son: la temperatura del agua del mar, el espesor de la capa de nieve, la fracción de hielo y las temperaturas y contenidos de humedad a diferentes profundidades del suelo. Por necesidades de la asimilación de datos de los contenidos de humedad del subsuelo, también se analizarán la temperatura y la humedad relativa cercanas al suelo, si bien no son variables de pronóstico sino únicamente diagnosticadas por el modelo.

## 2. Temperatura del agua del mar

La temperatura de la superficie del agua del mar es una variable del modelo en la cual, como ya se ha mencionado, su valor no evoluciona en el transcurso de la predicción. Hasta la fecha el valor inicial asignado a esta variable en el modelo HIRLAM era el valor climatológico. Recientemente se ha incorporado un análisis para esta variable.

El código original fue desarrollado en el Servicio Meteorológico Sueco (SMHI) y ha sido adaptado al modelo HIRLAM por personal del Servicio Meteorológico Finandés. El método de análisis es el de correcciones sucesivas con cinco iteraciones de radios 1 500, 1 000, 400, 150 y 60 km. Las funciones peso de las observaciones incluyen la anisotropía debida a la proximidad a la costa. En el proceso de análisis todos los puntos de *grid* y las observaciones son clasificados en diferentes tipos de acuerdo a su vecindad a la costa. En el peso definitivo asignado a cada observación, un factor disminuye el valor asignado por la función de la distancia cuando el punto de *grid* y la observación no son de la misma clase. El campo previo es una mezcla del análisis del ciclo de asimilación precedente y de los valores climatológicos. Las observaciones utilizadas son las provenientes de informes de barcos SHIP, observaciones manuales aportadas por los analistas de los servicios meteorológicos y pseudo observaciones obtenidas a partir de los análisis de temperatura del agua del mar realizados en el NMC y archivados en el CEPPM. Las diferencias entre los campos analizados y los climatológicos se refieren no sólo a los valores que alcanza la temperatura de la superficie del mar sino también a los gradientes que aparecen en los campos analizados y que parecen tener una mayor influencia en las predicciones generadas por el modelo. El impacto de dichos análisis en la predicción depende no obstante de la situación sinóptica. En los experimentos realizados con situaciones convectivas en el Mediterráneo la sustitución de los campos climatológicos por analizados ha afectado de forma muy beneficiosa a las predicciones obtenidas. En la Fig. 1 se muestra como ejemplo la imagen IR realizada correspondiente a las 12 Z del día 2 de octubre de 1990, en la que se aprecian dos núcleos convectivos muy próximos que se desarrollaron en las proximidades de la costa levantina. Para evaluar la influencia de la actualización de la TAM se han llevado a cabo 2 experimentos denominados CLI y SST, sin y con asimilación de datos de la TAM. La asimilación de datos de ambos comenzó el día 30 de septiembre a las 00 Z, y los resultados que se estudian son las predicciones hasta 30 h que se generaron a partir de los análisis del día 1 de octubre a las 12 Z, es decir 24 h antes de la hora de la imagen. En la Fig. 2 se muestra el campo de TAM correspondiente a los dos experimentos en la que se observa claramente la existencia de una anomalía de la TAM analizada con respecto a la climatológica, especialmente en la zona donde se desarrollaron los núcleos convectivos, además de la diferente configuración espacial del campo de TAM. Las precipitaciones acumuladas entre las 6 Z y las 12 Z correspondientes a ambas simulaciones (Fig. 3), muestran cómo el experimento SST produce un máximo de precipitación muy cercano a donde aparecieron los núcleos convectivos, mientras que el experimento CLI, que parte de la TAM climatológica, no consigue siquiera simular su existencia.

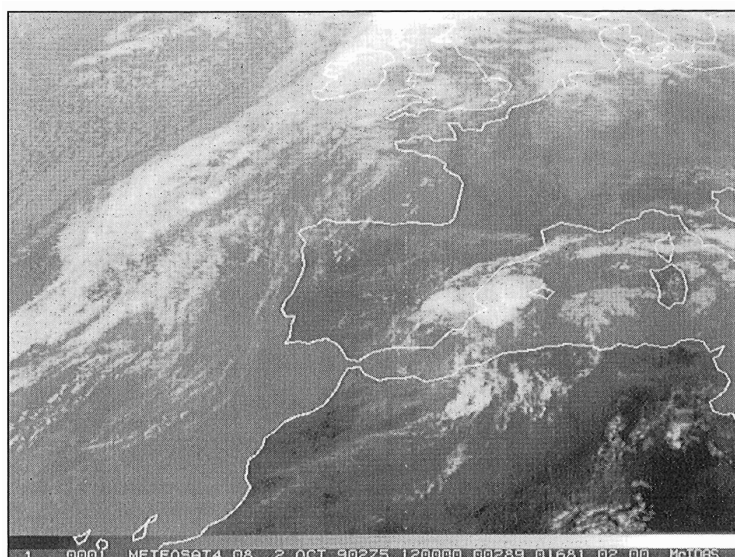
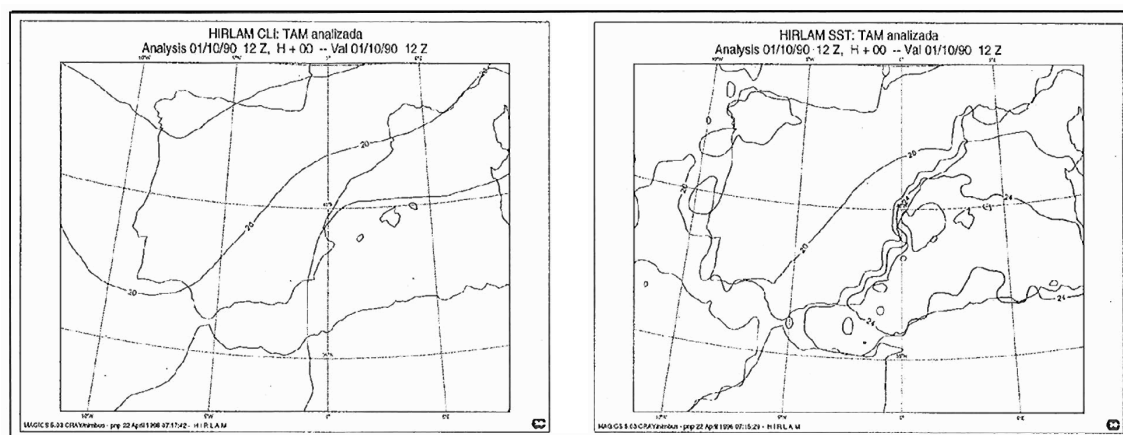
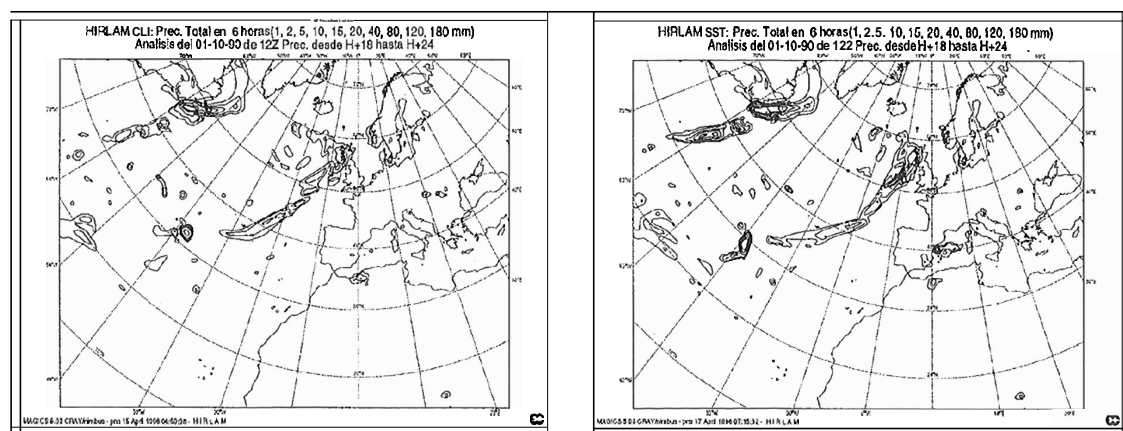


Fig. 1

Fig. 2. Mapas de temperatura del agua del mar en los experimentos **CLI** y **SST**Fig. 3. Mapas de precipitación acumulada prevista entre las 6 Z y las 12 Z en los experimentos **CLI** y **SST**

### 3. Espesor de la capa de nieve

El método de inicializar el espesor de la capa de nieve en el modelo HIRLAM utilizado hasta fecha reciente consistía en relajar el valor previsto por el modelo a seis horas hacia el valor climatológico. Al igual que la temperatura del agua del mar se ha instalado un análisis de esta variable en el nuevo sistema de referencia del modelo HIRLAM. El método de análisis es igualmente el de correcciones sucesivas. La interpolación del campo previo a las posiciones de las observaciones tiene en cuenta no sólo la distancia sino también la cercanía a la costa de la observación y de los puntos de *grid* vecinos utilizados en la interpolación. Como observaciones se utiliza el espesor de la capa de nieve transmitido en los informes SYNOP no sólo de la hora del análisis sino también de las horas sinópticas de hasta 24 horas antes.

### 4. Fracción de hielo

En el nuevo esquema de análisis de las variables de superficie la fracción de hielo se diagnostica a partir de la temperatura del agua del mar analizada.

### 5. Temperatura y contenido de la humedad del suelo

Con la introducción en el modelo HIRLAM de una nueva parametrización de los procesos superficiales más realista, en la que los contenidos de humedad y la temperatura del subsuelo evolucionan sin ningún forzamiento impuesto por valores climatológicos de las capas más profundas, se hace necesaria la implantación simultánea de un adecuado método de inicialización de dichas variables. El objetivo de dicha inicialización es corregir las deficiencias de la nueva parametrización. El método utilizado es el propuesto por Mahfouf (1990) e implementado posteriormente en un modelo de mesoescala por Bouttier y Mahfouf (1993). Debido a la falta de disponibilidad de observaciones de estas variables en el sistema global de telecomunicaciones (GTS) la originalidad del método estriba en la utilización de las observaciones de temperatura y humedad relativa a 2 m transmitidas en los informes SYNOP. En latitudes bajas y en la estación seca de las latitudes medias, los valores de la temperatura y de la humedad cerca del suelo reflejan el reparto de la energía radiante en flujos de calor sensible y de calor latente. En zonas con vegetación, este reparto es controlado por el contenido de agua existente en la zona de las raíces. En el método desarrollado por Mahfouf, las correcciones a los valores previstos de los contenidos de humedad y las temperaturas del suelo se relaciona con los errores de una predicción a corto plazo de temperatura y humedad relativa a 2 m mediante un esquema de interpolación óptima. Esto se lleva a cabo de forma práctica en dos etapas. El primer paso es el análisis de variables cercanas al suelo. El INM ha trabajado activamente en la instalación y refinamiento del análisis de dichos parámetros (Navascués, 1995). Posteriormente, los incrementos del análisis de temperatura y humedad relativa a 2 m se utilizan para corregir las temperaturas y contenidos de humedad previstos por el modelo. La adaptación al entorno HIRLAM de esta segunda etapa ha sido realizada en el INM (Ayuso, 1995).

### 6. Análisis de temperatura y humedad relativa a 2 m

El código de partida para este análisis es el desarrollado en el SMHI del que se habló previamente, y ha sido adaptado al sistema de referencia HIRLAM y modificado en el INM.

El método de análisis para estas variables es el de interpolación óptima. El *first-guess* es la predicción a H+6 de dichas variables. El modelo de función de correlación de los errores de predicción del código original contempla asimismo la anisotropía debida al contraste tierra-mar (Gustafsson, 1985).

En la adaptación del análisis primitivo a las necesidades de la posterior inicialización de las variables de humedad y temperatura del suelo, así como a su utilización en nuestras latitudes surgió la conveniencia de introducir las siguientes modificaciones:

- El análisis sólo se realiza sobre tierra, por tanto sólo se utilizan informes SYNOP procedentes de estaciones terrestres.

• Otra importante modificación introducida se refiere a la forma en que se interpolan los valores previstos por el modelo a las posiciones de las observaciones. Ello es especialmente importante sobre nuestra Península donde la orografía real difiere en gran medida de su representación en el modelo. Por ello los valores previstos por el modelo de estas variables en los puntos de rejilla más próximos a cada estación son reevaluados en dos etapas:

- Primero, el perfil vertical previsto por el modelo ( $ps, T, U, V, q$ ) a la elevación de la orografía del modelo es transferido a la altura de la estación, en cada uno de los cuatro puntos de rejilla que rodean a la estación en forma similar a como se interpolan verticalmente en el modelo HIRLAM las condiciones de contorno. Los nuevos valores previstos por el modelo de  $T2m$  y  $RH2m$  son diagnosticados a continuación utilizando las fórmulas propuestas por Geleyn (1987) y basadas en la teoría de la similitud de la capa superficial.
- En una segunda etapa los nuevos valores de  $T2m$  y  $RH2m$  previstos a la altura de la observación son interpolados horizontalmente a la posición de la estación. Los pesos asignados dependen no sólo de la distancia horizontal sino también del tipo de observación y de la distancia vertical entre el punto de *grid* y la observación.

La introducción de este nuevo método de interpolación produce importantes diferencias en los incrementos de observación, siendo la reducción vertical la responsable en mayor medida de ellas y la interpolación selectiva la causante del rechazo de aquellas observaciones situadas en zonas no representadas por la orografía del modelo.

• Por último, la función de correlación de los errores de predicción ha sido modificada para tener en cuenta la anisotropía debida a la orografía, y las dependencias en la distancia horizontal y de la proximidad a la costa han sido reevaluadas. Para ello se han generado unas series temporales de errores de *first-guess* sobre las estaciones sinópticas manuales y automáticas situadas en la Península Ibérica en invierno y en verano, tanto durante el día como durante la noche. A partir de dichas series se han calculado las covariancias de los errores de temperatura y humedad relativa entre todas las estaciones, y se han obtenido las correspondientes correlaciones.

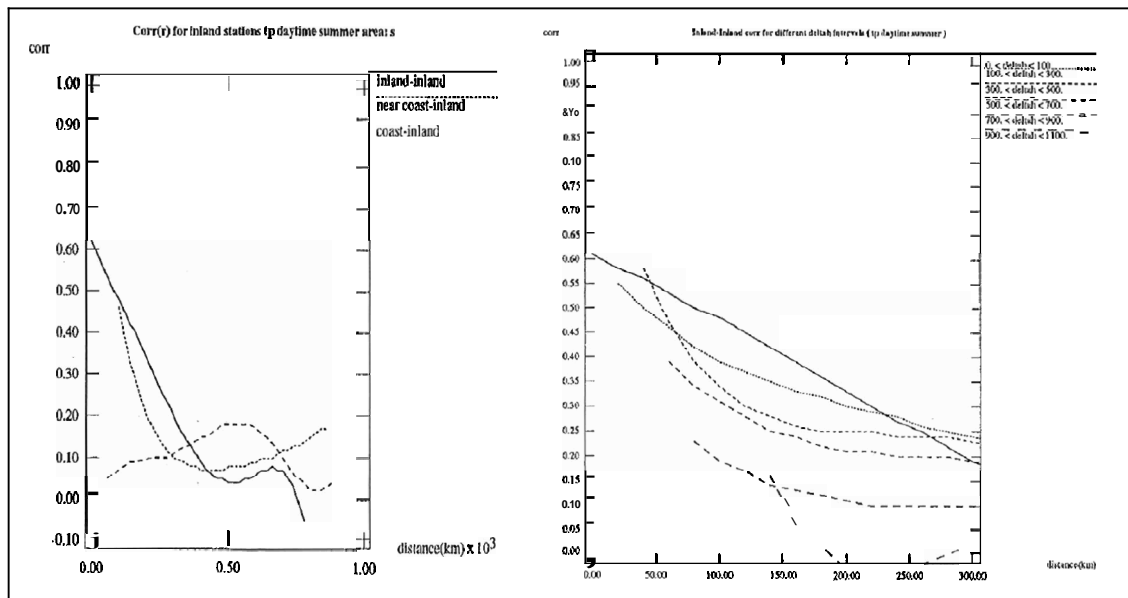
La longitud de escala en invierno es mayor que la de verano, debido a que en invierno el régimen sinóptico es el que determina los valores de  $T2m$  y  $RH2m$ , mientras que en verano las condiciones locales (determinadas en mayor medida por el contenido de humedad del suelo en el caso de estaciones interiores, y las brisas en el caso de las estaciones costeras) son las que rigen el comportamiento de estas variables cercanas al suelo. El desacoplamiento entre las estaciones interiores y costeras se pone especialmente de manifiesto en las horas diurnas de la estación estival, debido a los diferentes mecanismos que, como se ha mencionado, regulan los valores de la temperatura y humedad relativa a 2 m (Fig. 4 izq.). Cifrándonos al caso de las estaciones interiores, y para el estudio de la anisotropía en la correlación debida a la orografía, se clasificaron las covariancias entre estaciones en diferentes grupos atendiendo a la diferencia de elevación entre cada par de estaciones,  $dz$ , y se obtuvo un ajuste de la función de correlación con la distancia horizontal por cada grupo, como muestra la figura (Fig. 4 der.). Dada la evidencia de una disminución de la correlación conforme aumenta  $dz$ , se ha introducido una función exponencial decreciente dependiente en  $dz$  en la función de correlación utilizada por el análisis, quedando definida de la siguiente forma:

$$\text{corr}(r_{ij}, dz_{ij}, \text{clase}_i, \text{clase}_j) = \alpha(r_{ij}) \beta(\text{clase}_i, \text{clase}_j) \gamma(dz_{ij})$$

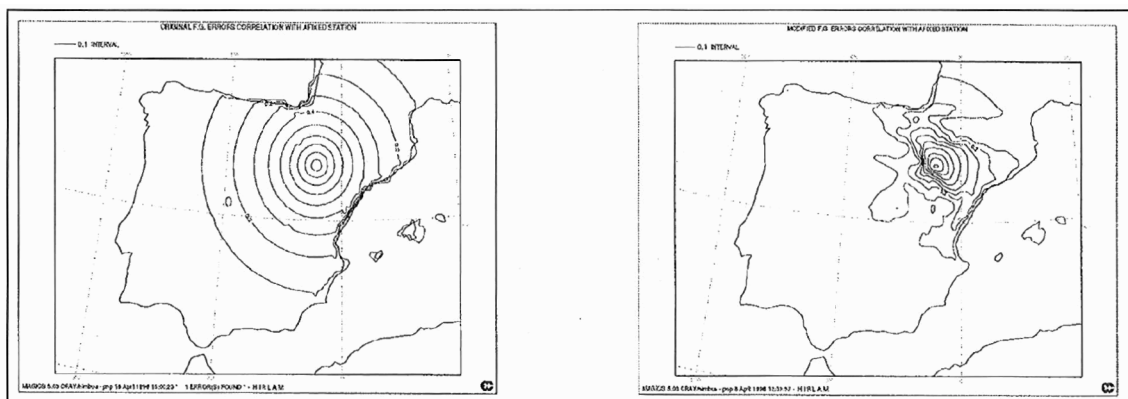
siendo el primer factor el que mide la correlación con la distancia horizontal, el segundo factor una función tabulada que tiene en cuenta la proximidad a la costa de ambos puntos, y el tercer factor la existencia de direcciones preferentes debidas a la orografía. La introducción de este tipo de funciones para medir la anisotropía inducida por la topografía del terreno ha sido ya introducida por Cacciamani *et al.* (1989) para el análisis de temperaturas extremas en el valle del Po (Italia).

La Fig. 5 muestra la correlación con Zaragoza con la anisotropía debida al efecto de la costa únicamente (figura izquierda), y la que también incluye el factor debido a la orografía (figura derecha).

Con la introducción de estas mejoras en el análisis, se intenta conseguir una más correcta utilización de las observaciones de las que se dispone, lo cual redundará en una mejor asimilación del contenido de la hume-



**Fig. 4.** Anisotropía debida a la proximidad a la costa (izquierda) y a los efectos orográficos (derecha)



**Fig. 5.** Correlación de los errores del «first guess» según los modelos original (izquierda) y modificado (derecha)

dad del suelo, dado que como se ha mencionado los incrementos que produce el análisis de T2 y RH2 sobre el *first-guess* son los que corrigen los valores de las variables del suelo.

## 7. Conclusiones

La asimilación de datos de las variables superficiales presentadas supone una mejora en la calidad de las predicciones obtenidas, ya que **mejora** la representación por el modelo de los flujos superficiales de calor latente y sensible, así como las propiedades radiativas de la superficie de la tierra.

En lo que se refiere a las predicciones sobre nuestra Península, esta **mejoría** se pone de manifiesto especialmente cuando existen anomalías climáticas, caso por otro lado, muy frecuente en nuestra área en la que la variabilidad interanual es muy grande. Los resultados obtenidos hasta el momento con la utilización de TAM analizadas son esperanzadores, **especialmente** en situaciones PREVIMET, si bien no se debe olvidar que también existen otros factores en el modelo susceptibles de mejora y muy importantes a la hora de conseguir un buen pronóstico de los fenómenos convectivos que nos afectan.

En lo que se refiere a las variables del subsuelo, la introducción de la nueva parametrización acompañada de la consiguiente asimilación de datos redundará sin duda, de forma directa, en un más certero pronóstico de la temperatura y humedad relativa cercanas al suelo.

#### Referencias

*Ayuso, 1995: Implementation of ASSISBA in the HIRLAM system HIRLAM3. Workshop sobre procesos de suelo y asimilación de datos de suelo/superficie, Madrid, 45-50.*

*Bouttier, Mahfouf and Noilhan, 1993: Sequential assimilation of soil moisture from atmospheric low level parameters. Part I and Part II.*

*Cacciamani, Paccagnella and Nanni, 1989: Objective mesoscale analysis of daily extreme temperatures in the Po Valley of northern Italy.*

*Geleyn, 1987: Interpolation of wind, temperature and humidity values from model levels to the height of measurement. Tellus. 40A, 347-351.*

*Gustafsson, 1990: Development of mesoscale analysis scheme for nowcasting and very short range forecasting. Proceedings from Workshop on High Resolution Analysis, ECMWF, UK, 24-26.*

*Mahfouf, 1990: Analysis of soil moisture from near-surface parameters: A feasibility study, J. Appl. Meteo., 30, 1534-1547.*

*Navascués, 1995: Analysis of 2m temperature and relative humidity. Workshop sobre procesos de suelo y asimilación de datos de suelo/superficie, Madrid 38-44.*

*Noilhan and Planton, 1989: A simple parameterization of land surface processes for meteorological models. Mon. Wea. Rev., 117, 536-549.*

#### Agradecimientos

*José Luis Hernández, ha prestado amablemente su ayuda en la transcripción de este texto a formato Word Perfect. Olinda Carretero, perteneciente al STAP puso a disposición de la autora el archivo de descripción de SCM, y proporcionó la figura correspondiente a la imagen de IR mostrada en esta presentación.*

*Kalle Eerola, perteneciente al Servicio Meteorológico Finandés, aconsejó a la autora en la utilización del análisis de TAM.*

*Nils Gustafsson, perteneciente al Servicio Meteorológico e Hidrológico Sueco proporcionó el código original de análisis de parámetros de superficie y ha prestado de forma continua su ayuda a la autora en el trabajo llevado a cabo con el análisis de T2m y RH2m.*