

LA PREDICCIÓN METEOROLÓGICA

Alfonso González Vicente
Analista-Predictor
Centro Predicción y Vigilancia de la Defensa
Estado Mayor de la Defensa

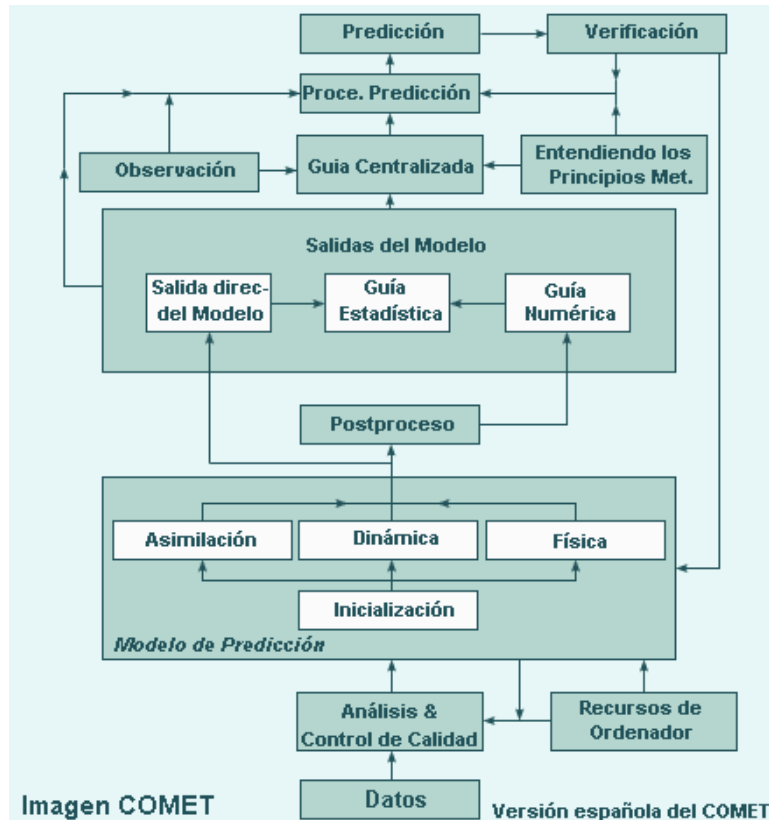
Cualquier alumno de Ciencias Físicas o Ingeniería sabe que estudiar el comportamiento de un fluido en el interior de un "tubo" es una tarea difícil, si ese fluido es un gas el grado de dificultad se eleva considerablemente, y si ese gas (en nuestro caso el aire) se encuentra totalmente "libre" y en rotación, sometido a la acción de numerosas fuerzas exteriores, en contacto con la superficie terrestre, con los correspondientes intercambios energéticos, y conteniendo en su seno una sustancia como el agua, que experimenta continuos cambios de estado con absorción o liberación de ingentes cantidades de calor, la complejidad del estudio es enorme. Por lo tanto, es fácilmente deducible que el comportamiento de la atmósfera y su posible evolución a lo largo del tiempo sigue siendo, hoy día, uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta el hombre.

1.- Proceso de asimilación de datos (Mapas de Análisis)

Antes de elaborar un pronóstico meteorológico es necesario conocer el estado atmosférico en tiempo real, para lo cual hay que sondear la atmósfera tanto en superficie como en los altos niveles con el objeto de determinar sus características y propiedades físicas.

El análisis de la atmósfera no es una tarea fácil, requiere una ingente toma de datos, redes de comunicación muy sofisticadas, potentes ordenadores, y el trabajo coordinado de miles de profesionales de la Meteorología distribuidos por toda la superficie terrestre.

Cada tres horas, y de manera simultánea, en todos los observatorios del mundo pertenecientes a la Red Sinóptica Básica Regional (de difusión mundial) se realiza una observación en la que se miden una serie de variables **como son la presión**, temperatura, humedad, dirección e intensidad del viento, visibilidad, tipo y altura de nubes, etc.



Proceso de Predicción numérica completo: Análisis, inicialización, pronosis, post proceso y tratamiento estadístico. Fuente biblioteca de módulos COMET

La observación se cifra en forma de parte codificado y se trasmite por el Sistema Mundial de Telecomunicaciones a los Centros Nacionales de Telecomunicaciones encargados de recopilar la información sinóptica de una vasta zona generalmente coincidente con un país.

Desde estos Centros Nacionales la información recopilada se trasmite a los Centros Regionales (Paris, Offenbach, Praga, Bracknell, etc) que recogen los partes meteorológicos elaborados en los países de su área de influencia. Los Centros Regionales envían los datos a sus respectivos Centros Mundiales de Telecomunicaciones (Melbourne, Moscú y Washington).

Una vez concentrada la información meteorológica sinóptica de todos los países se difunde, según sus propias necesidades, a los Centros Nacionales e Internacionales de Análisis y Predicción del Tiempo Atmosférico.

Los datos, después de someterse a un proceso previo de depuración, se plotean (transcriben) a un mapa con la ayuda de "plotters" automáticos. Seguidamente el Meteorólogo-Predicor traza las isolíneas correspondientes (isobaras, isalobaras, isotacas, isotermas, etc) confeccionándose el Análisis de superficie.

En definitiva, un Análisis de superficie no es más que una especie de fotografía (o radiografía) de las condiciones atmosféricas en "tiempo real".

La atmósfera tiene una estructura tridimensional por lo que no solo se hace preciso conocer su estado en niveles bajos, sino que también es necesario sondearla en niveles medios y altos, ya que la actividad de las perturbaciones meteorológicas va a depender de la situación en superficie y de lo que ocurra en la troposfera media. Cada doce horas en todos los observatorios meteorológicos mundiales pertenecientes a la Red Sinóptica de Altura se realizan sondeos atmosféricos que van a medir diversos parámetros en niveles medios y altos.

Con los datos recopilados se elaboran los mapas de altura, que junto con los de superficie, darán al predicor una visión tridimensional del estado atmosférico en tiempo real.

En este proceso inicial de toma de datos (técnicamente conocido como proceso de asimilación de datos) se realizan unas 4.000.000.000 millones de operaciones matemáticas, y, es un proceso fundamental, puesto que para elaborar una buena predicción meteorológica a medio plazo, (hasta 10 días), las condiciones de "partida" deben reflejar con la mayor exactitud posible el estado atmosférico en tiempo real. Datos erróneos o de escasa "calidad" y/o lagunas en el proceso de asimilación de datos, darán lugar a importantes desviaciones en la elaboración del pronóstico, debido a los errores matemáticos inherentes al complejo desarrollo de los modelos numéricos de predicción.

2.- Los modelos numéricos de predicción

2.1 Modelos macroescalares

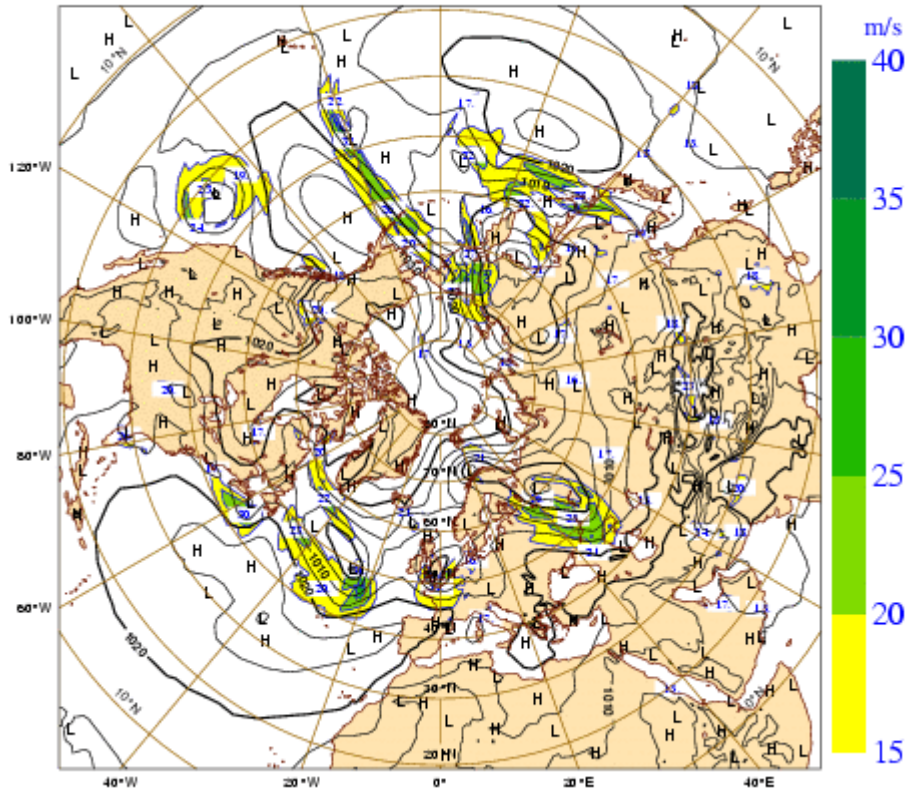
El siguiente paso es determinar la posible evolución atmosférica en los próximos días. Para ello se divide la atmósfera en celdillas cúbicas de un tamaño reducido a las que se aplican las ecuaciones de la Física del Aire y de la Dinámica de fluidos, hasta llegar, en el modelo de predicción más avanzado, que es el del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (C.E.P.P.M.) hasta diez días.

Las ecuaciones son muy complejas y requieren para su solución del apoyo de potentes ordenadores. Concretamente el C.E.P.P.M. ubicado en Reading (Inglaterra) y sostenido económicamente por 17 países europeos, entre ellos España, utiliza uno de los ordenadores más potentes del mundo.

Al final, después del complejo proceso informático de modelización a que es sometida la atmósfera, se obtiene un modelo numérico de predicción denominado "modelo rejilla" (en inglés "grid") que consiste en una red equiespaciada de puntos ("malla") a cada uno de los cuales le corresponde un determinado valor de la variable meteorológica que estemos considerando (presión, temperatura, viento, cobertura nubosa, etc). Con la ayuda de programas informáticos de ploteo y contorno se trazan los mapas previstos para los próximos días.

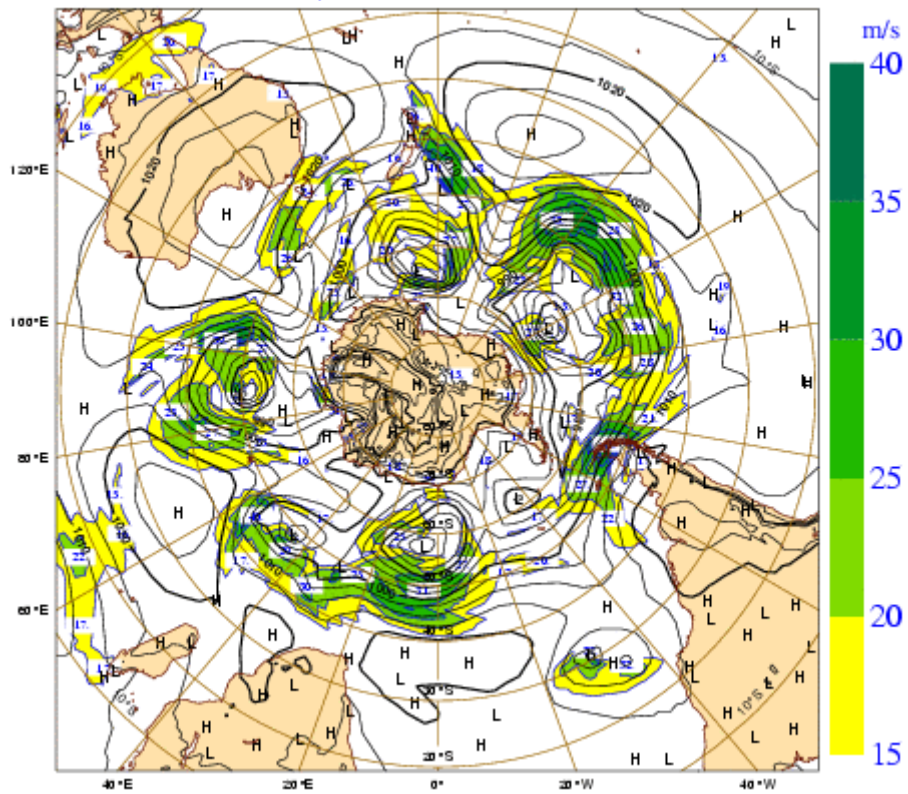
El modelo del Centro Europeo de Predicción de Plazo Medio, CEPPM, es de área global (su ámbito de aplicación es toda la superficie terrestre) y de características "macroescalares". Con este modelo vamos a conocer a gran escala las condiciones meteorológicas previstas a medio plazo (hasta 10 días) de una determinada área geográfica. En la elaboración de una predicción de estas características, (a 10 días vista), se realizan unas 20.000.000.000 de operaciones matemáticas.

Monday 28 April 2003 12UTC ECMWF Forecast to 06 VT: Friday 2 May 2003 12UTC 850hPa u-velocity/ mean sea level pressure
 SURFACE: MSL Pressure / 850-hPa wind speed



a)

Monday 28 April 2003 12UTC ECMWF Forecast to 06 VT: Friday 2 May 2003 12UTC 850hPa u-velocity/ mean sea level pressure
 SURFACE: MSL Pressure / 850-hPa wind speed



b)

Salidas semi hemisféricas del CEPPM para el hemisferio norte a) y sur b) de presión a nivel del mar (líneas negras) y velocidad del viento a 850 hPa (coloreadas) para un día determinado.

Los mapas obtenidos mediante un modelo matemático macroescalar equivalen a una "foto panorámica de la situación atmosférica prevista" y no a una fotografía tomada en "primer plano" en la que serían apreciables más "detalles".

En un modelo a gran escala, por limitaciones informáticas, algunos factores no van a estar convenientemente modelizados, y el predictor operativo debe adaptar, en función de su experiencia y del conocimiento de la zona, el modelo matemático al área objeto de estudio.

En la Península Ibérica las dificultades son aún mayores ya que, a su difícil orografía, hay que añadir su especial situación geográfica, en el borde meridional de la zona templada, con un marcado contraste entre masas de aire durante todo el año, una cierta influencia subtropical, y la presencia de un mar caliente, que da lugar a frecuentes precipitaciones torrenciales a finales de verano y durante el otoño en la costa mediterránea y zonas limítrofes. Desde un punto de vista meteorológico la Península Ibérica se encuentra en una "región frontera" a caballo entre la zona templada y la subtropical.

El Centro Europeo a Plazo Medio, elabora predicciones hasta diez días. Los pronósticos hasta el día D+3 tienen un grado de fiabilidad elevado, (en general superior al 80%) y a partir del cuarto día la fiabilidad se reduce, pudiendo ser mayor o menor en función del tipo de situación y de los errores inherentes al complejo proceso de cálculo numérico que lleva implícito el modelo. Todos aquellos pronósticos que van más allá de los diez días están basados en criterios estadísticos y climatológicos y son menos fiables.

2.2 Modelos de escala media

Desde hace unos años, en muchos países, entre ellos España, se está trabajando en el desarrollo de modelos numéricos mesoescalares, de mayor resolución, que mediante una modelización y parametrización más "fina" puedan detectar mejor algunas situaciones atmosféricas no convenientemente localizadas por los modelos de gran escala.

Para el desarrollo e implementación de estos modelos son necesarias redes de observación más densas y sistemas teleinformáticos más avanzados. Ello implica un mayor avance tecnológico y un superior esfuerzo económico.

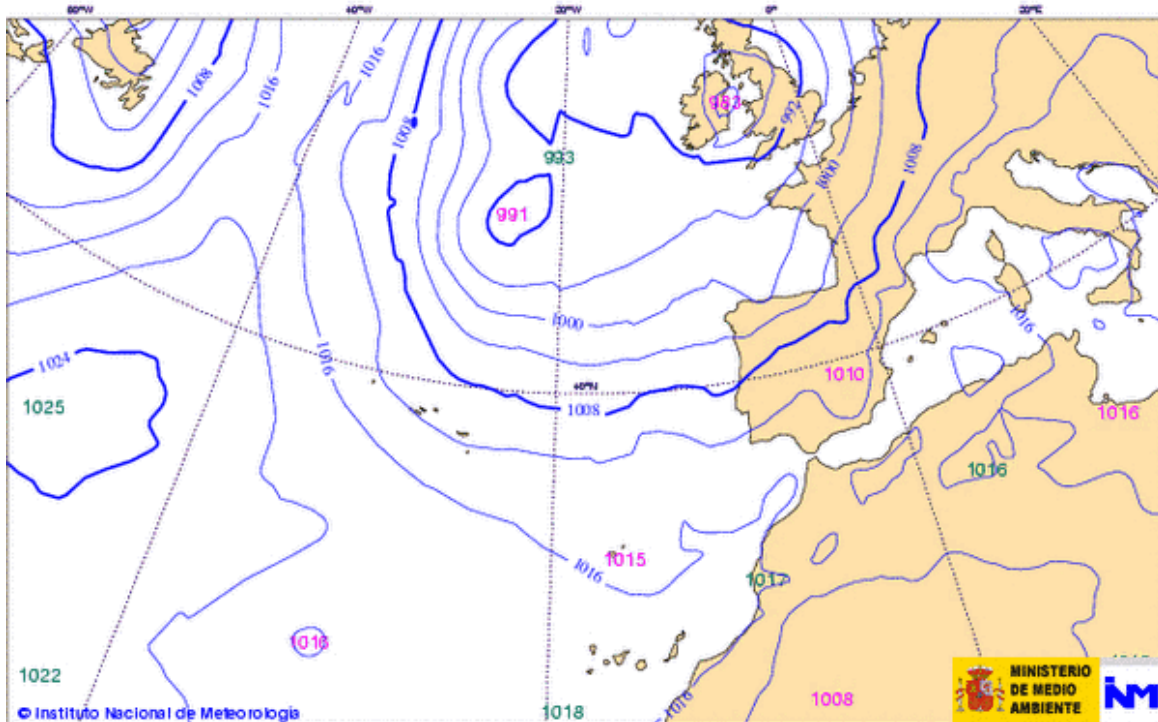
Los modelos de escala media son de área limitada, lo que quiere decir que su ámbito de aplicación no es todo el Globo, sino una zona de bastante más reducida. Además estos modelos tienen que procesar una ingente cantidad de datos y el proceso de asimilación de datos es más "exigente" que en un modelo macroescalar, por eso, no pueden elaborar predicciones más allá de 48 horas.

Estos modelos tienen que procesar datos de tipo termodinámico (balance energético, intercambios de calor tierra-aire), datos geográficos (orografía, corrientes marinas), de tipo geológico (tipo suelo, cubierta vegetal), etc.

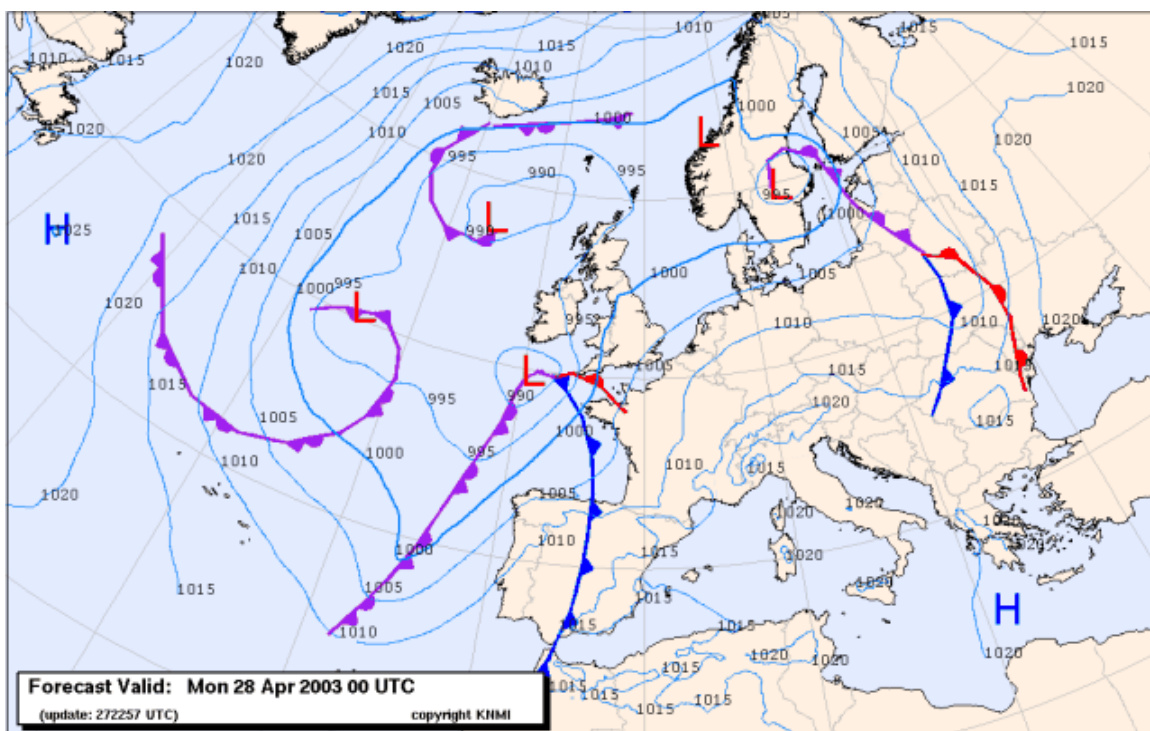
España, ha participado, junto con otros países europeos, en el desarrollo del HIRLAM, ("High Resolution Limit Area Model") que es un modelo de área limitada, con el que ya se está trabajando operativamente desde hace varios años con buenos resultados.

Análisis VAL: Lunes 28 Abril 2003 12UTC

0 hPa Presión



a)



b)

Salidas del modelo HIRLAM del mapa de superficie adaptados en: a) el INM (España) y b) KNMI (Holanda). Las fechas de predicción son diferentes.

El INM para la ejecución y desarrollo de este modelo utiliza un ordenador vectorial CRAY-C94. En la actualidad, se consigue una resolución horizontal (distancia entre puntos de rejilla) de 45 Km, con 30 niveles en la vertical y con un alcance de 48 horas. Para una correcta predicción de determinados fenómenos, especialmente los más extremos, es necesario alcanzar resoluciones de 1 a 10 Km y doblar la resolución vertical. Resoluciones imposibles de **alcanzar con los recursos** informáticos actuales. En el plazo de 4 a 5 años se prevé llegar a una resolución horizontal de 8 Km, con 60 niveles en la vertical, lo que supone, pasar de 600.000 puntos de rejilla hasta casi seis millones.

2.3 La predicción por conjuntos (Ensemble)

Conviene precisar que uno de los principales problemas con los que tropieza la Meteorología actual es la falta de datos. En grandes extensiones geográficas (océanos, países subdesarrollados, etc.) la red de observatorios es muy deficiente y está mal explotada. Esta situación, en parte paliada por las medidas de teledetección vía satélite, da lugar a que los modelos matemáticos en esas zonas se vean obligados a hacer extrapolaciones más o menos groseras con la correspondiente pérdida de calidad.

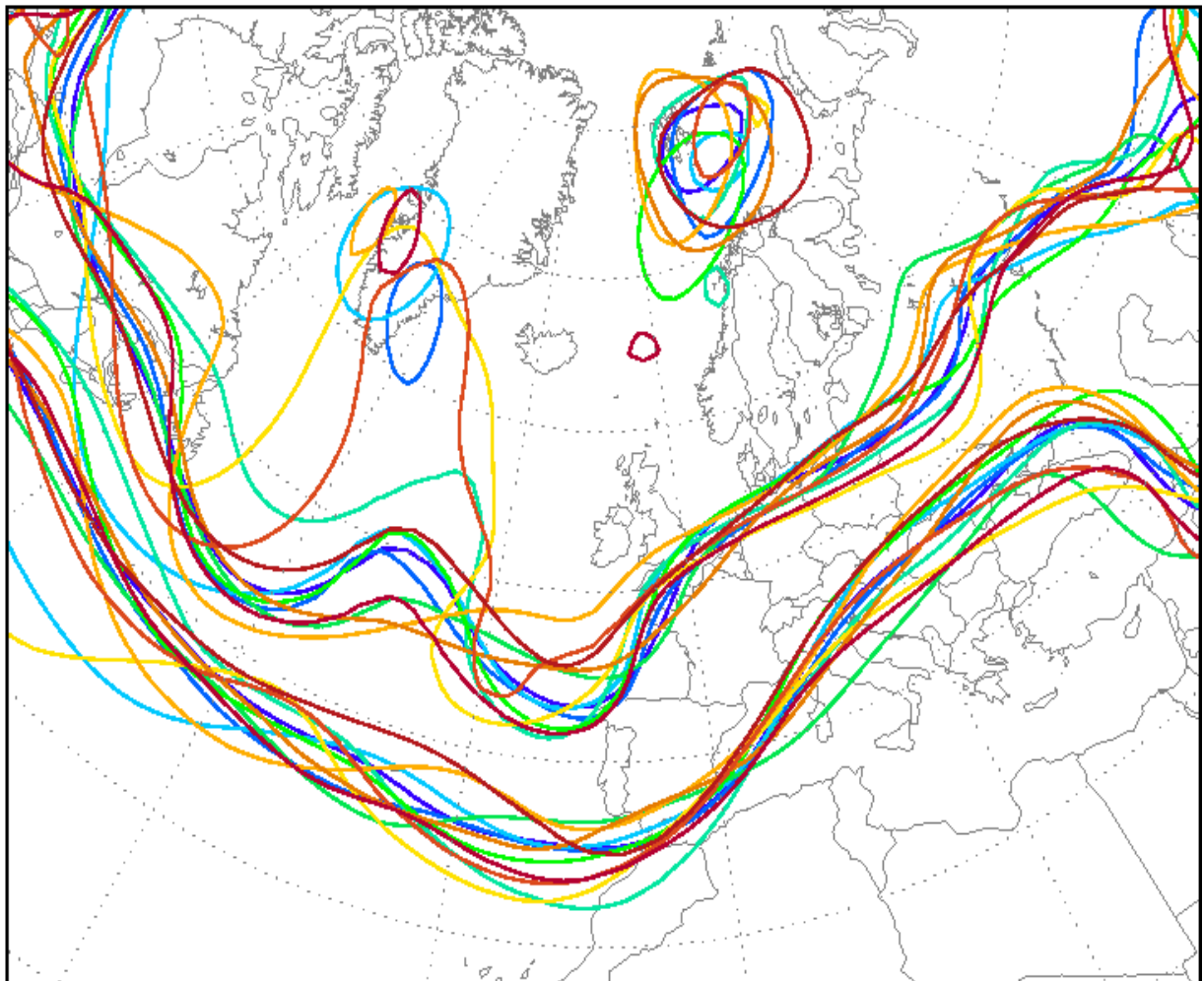
Estas extrapolaciones van a "perturbar" el modelo de tal manera que su fiabilidad se puede resentir no sólo en aquellas zonas sino también en otras muy alejadas que puedan disponer de más y mejores datos. (En este sentido sería aplicable aquí el conocido ejemplo de la teoría del caos denominado "efecto mariposa": el batir de las alas de una mariposa en Pekín puede hacer que llueva en Nueva York).

Desde hace 2 años se está trabajando operativamente en el INM, en una técnica conocida con el nombre de "predicción por conjuntos" (Ensemble), que consiste básicamente en lo siguiente:

En el proceso inicial de toma de datos (proceso de asimilación de datos) hay determinadas zonas en las que los datos, por las razones antes aludidas, no van a ser muy fiables, y otras, con importantes lagunas, que nos van a inducir a error al desarrollar el modelo numérico. Para evitar esta importante limitación, se "alteran artificialmente" las condiciones de partida en esas zonas, conforme a unos criterios definidos por los Servicios de Predicción Numérica, y se ejecutan 50 salidas del modelo diferentes al mismo tiempo. Una de esas salidas sería la del modelo operativo (con el que se trabaja habitualmente), otro la del modelo de control (de más baja resolución que el operativo) y otros 48 salidas más.

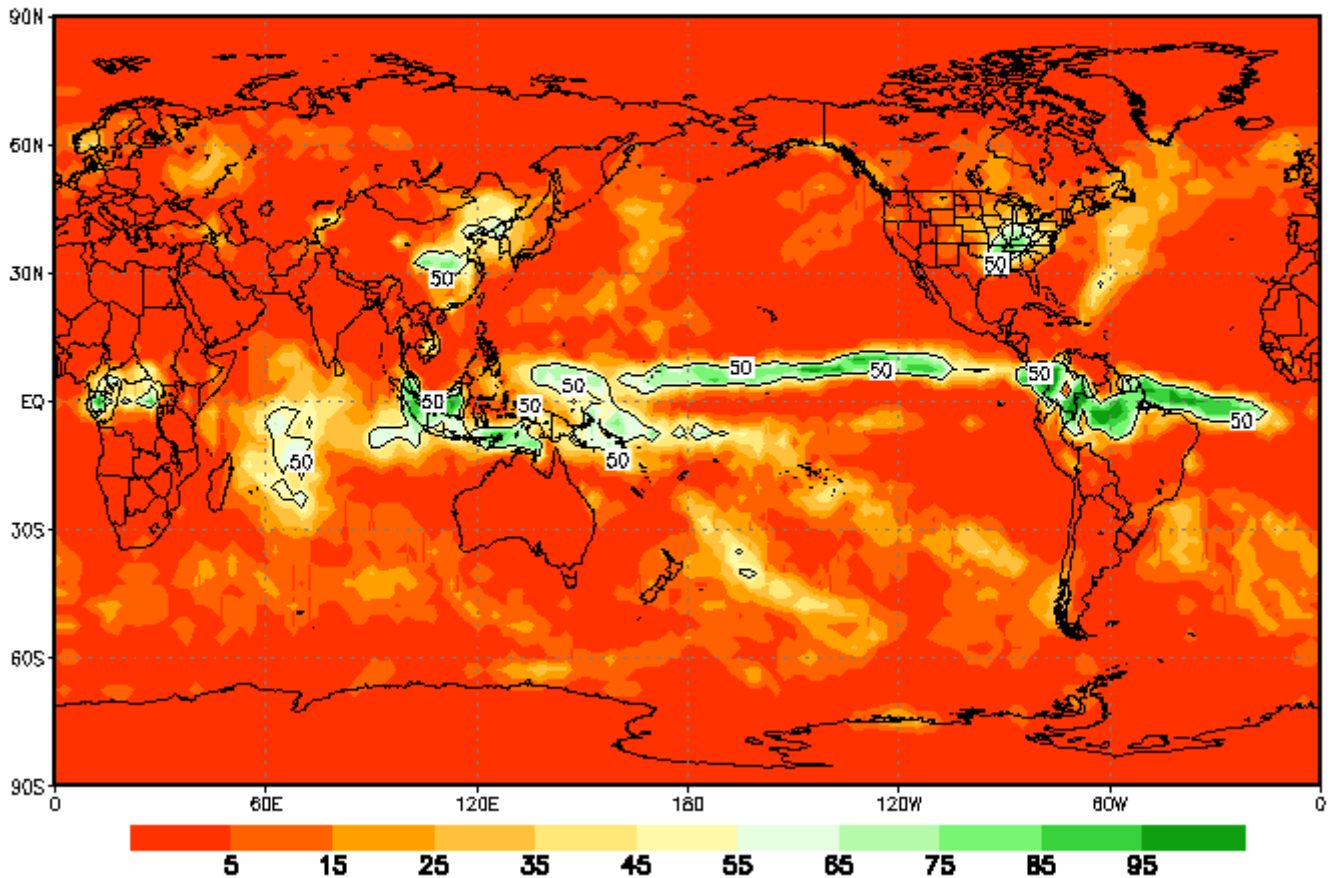
Ini: Mon,28APR2003 00Z Val: Fri,02MAY2003 00Z

500 hPa Geopotential (Isohypsens: 516 552 576 gpdam)



Daten: 00z-Ensembles des MRF von NCEP
Wetterzentrale Karlsruhe
Top Karten : <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>

Ini time:2003042800 Valid Period:2003050512 – 2003050612
Ensemble based probability of precip. amount exceeding
10.0 mm



b)

Salidas del modelo de predicción por conjuntos, EPS, del NCEP americano con 10 +1 salidas o escenarios posibles. a) Predicción para 500 hPa del dos de mayo del 2003, para tres isóneas determinadas (ver figura). Cada color representa a un miembro o escenario del conjunto de predicciones. b) Mapa de probabilidad de precipitación superior a 10 mm dada por todos los miembros de la predicción por conjuntos. La probabilidad está coloreada según escala inferior.

Se estudia la evolución de las diferentes "salidas" con el paso del tiempo, y se aprecia que, en las primeras horas (o días) de pronóstico, la evolución es bastante parecida, pero a partir del segundo o tercer día, empiezan aparecer discrepancias en su evolución. Con diversas técnicas de agrupamiento (de ahí el nombre "Ensemble") se agrupan las evoluciones similares en varios grupos y, por último, hay una agrupación subjetiva (realizada en el INM por los predictores de plazo medio) en supergrupos.

El resultado final es que la atmósfera a plazo medio (hasta ahora se está haciendo desde H+48 hasta H+120) presenta diferentes posibilidades de evolución, a cada una de las cuales se le asigna un valor de probabilidad. Es decir, estamos pasando de una predicción determinista o categórica, que consistiría en creerse el modelo operativo tal cual, a una predicción de tipo probabilística. El modelo operativo suele ir muy bien hasta H+48 o H+72 horas, y a partir, de ese intervalo temporal, habría que ver que situación atmosférica prevista tiene más peso, sin descartar otras posibles evoluciones.

ram@meteored.com