

## ACTIVIDADES DEL INM RELACIONADAS CON MODELOS CLIMATICOS

Luis Balairón Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jefe del Servicio de Análisis e Investigación del Clima

### 1.- INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los objetivos fundamentales de la investigación del clima es la comprensión de los mecanismos que gobiernan el sistema climático y la evaluación de la capacidad de predecir el clima en escalas de tiempo que lleguen hasta los 100 años.

Los objetivos que el INM se ha planteado a medio plazo relacionados con la modelización del Clima se han establecido de acuerdo con las directrices comunes dominantes en los programas internacionales de investigación y cooperación. En este sentido, la mejora de las parametrizaciones y del acoplamiento océano-atmósfera de los modelos globales (o de circulación general), el desarrollo de la modelización regional, buscando en ambos casos la obtención de escenarios de mayor resolución que la actual, y la reducción de incertidumbres asociadas, son los objetivos dominantes en los que se enmarcan o se deberían enmarcar nuestras actividades.

Las líneas de trabajo prioritarias para desarrollar estos objetivos, a corto o medio plazo, se han intentado determinar atendiendo a las limitaciones de los recursos técnicos y humanos disponibles. En este sentido, hemos intentado plantear nuestra actividad de forma que tenga una complejidad creciente y que nos proporcione herramientas o conocimientos necesarios para afrontar fases posteriores. Hemos optado, además, por hacerla expresamente dependiente de la que tienen los tres centros del Clima más importantes de Europa, cuya actividad integrada es creciente y que, en la actualidad, se realiza con el nexo común del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio: Estos centros son el Max Planck Institut für Meteorologie de Alemania, el Hadley-Center del Reino Unido y el CNRM (Centre National de Recherches Meteorologiques) de Francia. Las líneas de trabajo en desarrollo son, esquemáticamente, las siguientes:

a) Validación y comparación de resultados de modelos a escala global y regional.

b) Implantación de modelos globales y regionales (de área limitada) atmosféricos de circulación general, en sus versiones para clima.

c) Desarrollo de experimentos de control y de duplicación de CO<sub>2</sub> con modelos climáticos de circulación general.

d) Desarrollo de experimentos preliminares de control con modelos regionales de clima.

e) Obtención de escenarios regionales a partir de resultados de modelos climáticos, mediante reducción de la resolución con métodos estadísticos.

### 2.- PROYECTOS REALIZADOS Y EN MARCHA

En lo que sigue, se resumen los proyectos realizados o en fase de realización relacionados con las anteriores líneas de trabajo:

#### A) VALIDACIÓN:

En octubre del año 1992 el INM inició un proyecto de colaboración con METEO-FRANCE sobre "Validación del Modelo Climático Comunitario Francés sobre un área europea" que finalizó durante el mes de diciembre de 1993.

El proyecto fue planteado con dos objetivos principales: 1) Validar el Modelo Climático Comunitario Francés, derivado del modelo Arpège de predicción, en un área europea y 2) estudiar el impacto sobre los resultados de un incremento de la resolución horizontal del modelo.

Durante la primera fase del proyecto se abordaron los trabajos de bibliografía, preparación de datos y trabajos de validación sobre el área francesa (en Toulouse) y los de elaboración y presentación de resultados (en

Madrid).

Las salidas utilizadas del modelo han sido las correspondientes a las truncaciones T21, T42, T79 y T106 (que corresponden a resoluciones diferentes) y a 30 niveles en altura.

Los meses seleccionados han sido los meses de enero y julio correspondientes a un período de 10 años y los datos para la validación se obtuvieron a partir de los análisis del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio y de las observaciones climatológicas del área considerada.

Finalizada esta primera fase se repitió el trabajo para el área española con las variables de precipitación y temperatura.

Los campos disponibles para la comparación de las distribuciones espaciales, en los meses seleccionados, han sido los siguientes:

- \* Geopotenciales en 200, 500 y 850 hPa. y presión a nivel del mar.
- \* Temperatura, humedad y componentes de viento en 200, 500 y 850 hPa.
- \* Temperatura y precipitaciones en superficie.
- \* Cobertura nubosa.
- \* Radiación solar e infrarroja en superficie y en la cima de la atmósfera.
- \* Flujo de calor sensible y flujo turbulento

Respecto al primer objetivo, a modo de ejemplo, podemos sintetizar el resultado en cuanto a la temperatura de superficie: El modelo simula bastante bien el invierno sobre océano y continente y el verano sobre áreas del océano Atlántico. Sin embargo, en verano, las características principales sobre áreas continentales sólo son simuladas aceptablemente con la truncación T79 del modelo.

En cuanto al segundo objetivo, es posible concluir que, en general, se producen mejoras en casi todos los campos, niveles, meses y versiones del modelo, con muy pocas excepciones.

En la segunda fase, se ha abordado la validación del modelo en el área de la península ibérica, con las variables de temperatura y precipitación. Esta fase finalizó durante el mes de diciembre de 1993.

## VALIDACIONES INMEDIATAS:

Finalizadas las validaciones anteriores, se comenzarán de inmediato las validaciones siguientes, con los datos que vayan produciéndose en los proyectos que se citan:

1.- Validación sobre Europa y España de los datos obtenidos en el proyecto de la ECSN (European Climate Support Network) C.2.1 denominado "Simulaciones de 10 años (1979-88) en alta resolución", realizadas con los modelos de los tres centros de investigación citados de Francia, Alemania y Reino Unido, que aún no ha terminado y que se integran en el ordenador del Centro Europeo (CEPPM) con la contribución de tiempo de cálculo de los diversos países miembros. Actualmente ha finalizado la integración del modelo francés. La validación se hará contra los datos de los análisis del propio CEPPM para Europa en su conjunto y, por otra parte, contra los datos de observación de España.

2.- Validación de los datos producidos en el proyecto del Centro Europeo CEPPM denominado "Proyecto de reanálisis de 15 años de datos (1979-1993)";

Nuestra participación ha llevado a la incorporación de Ángeles Hernández Carrascal al grupo de producción de datos de este proyecto. Está por determinar si participaremos en la etapa de validación del mismo, en función de la priorización que la dirección del INM establezca entre la validación 1 anterior y ésta. La utilidad de disponer de este reanálisis de datos es múltiple y es de utilidad para experimentos posteriores de predicción y de clima. Este proyecto está sólo indirectamente relacionado con la modelización, pero afecta a nuestro trabajo y por ello se incluye aquí.

## B) IMPLANTACIÓN-INSTALACIÓN DE MODELOS DE CLIMA:

B.1.- IMPLANTACIÓN DEL HIRHAM3: MODELO REGIONAL DEL CLIMA

En el marco del "Acuerdo de cooperación entre el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y el Instituto Max Planck de Meteorología (MPIM) de Hamburgo, en el área de la modelización climática y los estudios sobre el cambio climático", se ha implantado

en el INM el modelo regional HIRHAM3, modelo de área limitada adaptado para clima en el MPIM a partir del modelo HIRLAM de predicción.

Los trabajos de instalación quedaron finalizados en el mes de septiembre y actualmente se está procediendo a la comprobación de las distintas partes del modelo para comprobar que funciona correctamente. Esta fase es, al tiempo, una fase ineludible de formación y conocimiento del modelo previa a su utilización posterior.

## 2.2 IMPLANTACIÓN DEL MODELO ARPEGE DE METEO-FRANCE:

Posteriormente, en el marco de los acuerdos con Meteo-France, se ha procedido a la instalación en el CRAY-90 del modelo ARPEGE en su versión climática, denominada MEDIAS. La experiencia adquirida en la instalación del HIRHAM y la reciente instalación de la nueva línea de 64 kilobits de conexión con el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM) nos ha permitido realizar con éxito la implantación, mediante la utilización del CEPPM como "depósito" intermedio de los programas y los datos que lo constituyen.

### C) DESARROLLO DE EXPERIMENTOS DE CONTROL Y DE DUPLICACIÓN DE CO<sub>2</sub> CON MODELOS CLIMÁTICOS DE CIRCULACIÓN GENERAL.

Durante el mes de noviembre, una vez finalizada la instalación aludida del ARPEGE\_MEDIAS, se han iniciado los trabajos de definición del próximo proyecto en colaboración con Meteo-France. El trabajo acordado consistirá en el desarrollo de experiencias de sensibilidad a la duplicación del CO<sub>2</sub> del modelo ARPEGE, con el objeto de ser comparadas posteriormente con los resultados de otros experimentos similares de Meteo-France. La comparación de las respuestas de los modelos a diferentes forzamientos es fundamental para determinar cuáles son sus puntos débiles, en cuanto a la generación de incertidumbres, con el fin de introducir en el modelo las mejoras más adecuadas.

### D) DESARROLLO DE EXPERIMENTOS PRELIMINARES DE CONTROL CON MODELOS

## REGIONALES DE CLIMA.

El acuerdo con el MPIM antes citado se concreta en la realización conjunta de dos experimentos, que se comenzarán a primeros del año 1995: Los experimentos consistirán en una simulación del clima presente, en una región centrada en Europa, mediante una integración de 10 años con dos grupos diferentes de condiciones de contorno procedentes de modelos globales del MPIM.

El modelo utilizado, probablemente, será el modelo climático HIRHAM instalado ahora o una versión posterior, en el caso de que el MPIM la tuviera ya disponible, como tiene planificado. El nuevo modelo se está desarrollando a partir del modelo de predicción de área limitada HIRLAM2 anidado en el modelo global ECHAM4 (modelo de circulación general del ECMWF -Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio- adaptado en Hamburgo, versión 4).

En principio cada uno de los proyectos requerirá del orden de 300 horas de CPU del CRAY\_90.

### E) OBTENCIÓN DE ESCENARIOS REGIONALES A PARTIR DE RESULTADOS DE MODELOS CLIMÁTICOS, MEDIANTE REDUCCIÓN DE LA RESOLUCIÓN CON MÉTODOS ESTADÍSTICOS.

Los experimentos anteriores tienen un alcance especial para el INM, porque aceleran notablemente su incorporación a los proyectos europeos de modelización global y regional del clima. Sin embargo, la demanda final de nuestro trabajo será la de proporcionar escenarios con la resolución más baja posible para realizar estudios de variabilidad e impactos climáticos.

En consecuencia, hemos comenzado a desarrollar algunos proyectos dirigidos a poner a punto técnicas de construcción de escenarios futuros a partir de los resultados de los modelos. De esta forma podremos utilizar los resultados que algunos proyectos supranacionales de modelización pondrán a nuestra disposición a lo largo de los dos próximos años y los que nosotros mismos pudiéramos obtener.

La estructura de trabajo del "grupo de

modelos", eufemismo para designar a una "unidad virtual" dado que no es ninguna sección determinada es para nuestro entendimiento interno la siguiente:

MI: Grupo de Meteo-France formado por Asunción Pastor y M<sup>a</sup> Jesús Casado, que han desarrollado y desarrollan todo lo relacionado anteriormente con Meteo-France (validaciones, instalación y experimentos futuros).

MII: Grupo del Max-Planck formado por Dolores Olmeda, Elia Díez y en el futuro inmediato por Justo Conde que hasta ahora ha desarrollado trabajos sobre EOFs sobre el Atlántico Norte previas a la obtención de los patrones de oscilación principal).

Por otra parte, en lo relacionado con la instalación de los modelos el también virtual Grupo de apoyo al CRAY del Área de Informática y Comunicaciones nos ha prestado su apoyo, en especial la persona designada para ello con mayor dedicación, Saúl Labajo. Aún a riesgo de que esto parezca la sección de agradecimientos, es de justicia decir que hemos recibido el asesoramiento sobre HIRLAM siempre que lo hemos recabado, del Servicio de Predicción Numérica y muy en especial de José Antonio García Moya.

Cuando toque contaré lo que hacemos y lo que intentamos hacer en Estudios y Vigilancia del Clima. Gracias.

## RESUMEN DE UN ESTUDIO DE VALIDACION DEL MODELO CLIMATICO COMUNITARIO FRANCES (ARPEGE)

*Maria Jesús Casado Calle y Asunción Pastor Saavedra*

*<sup>1</sup>Servicio de Análisis e Investigación del Clima*

Como es bien sabido, los modelos de circulación general se basan en las soluciones numéricas de las ecuaciones fundamentales que gobiernan los procesos dinámicos y físicos del sistema climático terrestre.

En el transcurso de las últimas décadas se ha logrado un gran éxito en la mejora de los modelos de circulación general, ya sea por el aumento de la resolución espacial, por la mejora de las técnicas de resolución numéricas o por el refinamiento de los esquemas de parametrización. En el momento actual no existe ninguna prueba concluyente que indique que el clima simulado por los modelos de circulación general vaya a mejorar de un modo significativo al aumentar la resolución, más bien se tiende a creer que los modelos son mucho más sensibles a los cambios que

tengan lugar en los esquemas de parametrización que a los ligados a la resolución horizontal.

Por ahora, los modelos de circulación general actuales se comportan razonablemente bien a escala global, sin embargo muestran muchas deficiencias a medida que se consideran escalas más pequeñas. De donde se deduce la importancia que tiene determinar hasta que punto esta clase de modelos es capaz de simular apropiadamente las escalas regionales ya que el empleo de esta información es cada vez más esencial en la evaluación de los impactos de un posible cambio climático.

Si se pretende tener confianza en las predicciones que estos modelos realizan, como primer paso, hay que evaluar su capacidad en la simulación del clima actual,