

## Los modelos numéricos de predicción del tiempo.

J. A. García-Moya\*

Servicio de Modelización Numérica del Tiempo. **Instituto Nacional de Meteorología**

*Los modelos numéricos para la predicción del tiempo son la herramienta más importante de todas las que se utilizan para la predicción del tiempo en los servicios meteorológicos modernos. Estos modelos han mejorado mucho en los últimos 20 años, coincidiendo con el enorme aumento de la potencia de los ordenadores, de manera que hoy en día son capaces de suministrar predicciones del tiempo suficientemente acertadas hasta un plazo de 5 días y para resoluciones espaciales de hasta 20 kilómetros. Trataremos aquí de dar una idea de la evolución de los modelos numéricos en el mundo y en España, de la utilidad que tienen y de lo que puede esperarse de ellos cuando se aplican a una zona como Canarias, principalmente en lo que tiene que ver con el tiempo severo (lluvias convectivas importantes, temporales de viento, intrusiones de polvo sahariano, etc.).*

### 1. Introducción

La Meteorología es la ciencia que estudia los fenómenos que se producen en la atmósfera. Como ciencia que es podría ocuparse fundamentalmente de entender como se producen esos fenómenos. Sin embargo, desde el comienzo de la era moderna de la meteorología en la escuela de Bergen, la predicción del tiempo se constituyó en uno de los pilares fundamentales del desarrollo de la ciencia meteorológica.

El objetivo más importante de la ciencia de la predicción del tiempo sigue siendo conocer con la máxima antelación posible y con el máximo detalle posible el desencadenamiento de fenómenos adversos.

### 2. Los modelos numéricos de predicción del tiempo

Los modelos numéricos de predicción del tiempo juegan un papel clave en el proceso de la predicción del tiempo. Actualmente, no se concibe que se realicen predicciones del tiempo sin la ayuda de alguno de los múltiples modelos numéricos que existen en el mundo.

La atmósfera es un fluido y por tanto pueden usarse las ecuaciones fundamentales de la dinámica de fluidos para resolver el problema de la evolución de los fenómenos meteorológicos en la atmósfera terrestre, es decir, para resolver el problema de la predicción del tiempo. Puesto que las citadas ecuaciones de la dinámica de fluidos son ecuaciones diferenciales en derivadas parciales (EDP) que no tienen solución exacta deben resolverse por métodos aproximados.

De esta manera, desde un punto de vista puramente matemático, el problema de la predicción del tiempo es "un problema de valores iniciales". Por tanto, una de las claves para obtener una buena solución aproximada del sistema de EDP que rigen los movimientos atmosféricos es obtener una buena descripción de las condiciones iniciales en la atmósfera, o sea, tener un conocimiento lo más exacto posible de la situación meteorológica en el instante inicial, o sea, "ahora". Para ello necesitamos reunir las observaciones meteorológicas realizadas en todo el mundo.

### 3. Tipos de modelos numéricos

A pesar de lo que ha evolucionado la predicción numérica del tiempo en los últimos cuarenta años no existe todavía una solución única para resolver el problema.

---

\* Email: [j.garciamoya@inm.es](mailto:j.garciamoya@inm.es)

### 3.1. Modelos de circulación general o globales

Se trata de modelos cuya prioridad es la simulación del flujo de circulación general atmosférico, por tanto su rejilla de integración debe cubrir toda la Tierra. Se usan principalmente para predicciones a medio plazo, estacionales y climáticas ya que no necesitan ningún dato externo (salvo las condiciones iniciales) para realizar las predicciones. Esta es, como veremos, una gran ventaja, sin embargo su principal desventaja es que necesitan una gran infraestructura de mantenimiento. Para tener una resolución horizontal adecuada (entre 50 y 80 Km) el número de nodos de la rejilla de integración es tan grande que se necesitan ordenadores muy potentes para poder integrarlos.

Además puesto que la cobertura es global necesitan observaciones de todo el planeta para su asimilación. Como la cobertura de las observaciones es muy desigual, los resultados de dichos modelos dependen mucho de la zona del globo que se considere.

#### *3.1.1. El modelo del ECMWF*

El Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (conocido por sus siglas inglesas ECMWF; URL <http://www.ecmwf.int>) se creó en 1975 como un consorcio de países europeos que acordaron unir sus esfuerzos para crear un centro especializado en la predicción a medio plazo (entre 2 y 10 días). Las primeras predicciones operativas se produjeron en 1979.

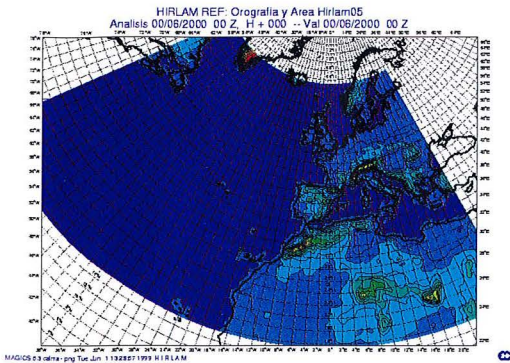
Es un centro mixto de investigación y operaciones y su modelo está considerado como el mejor del mundo, por encima de todos los modelos de predicción operativos de los Estados Unidos. Actualmente el modelo operativo es un modelo espectral con resolución T511 y 60 niveles en la vertical, produce predicciones operativas hasta 10 días y se usa también experimentalmente para predicciones mensuales y estacionales (6 meses).

### 3.2. Modelos de área limitada (LAM)

Cuando el área de interés de la predicción o de los estudios que se quieren realizar con un modelo es muy concreta y el alcance corto puede ahorrarse mucho tiempo de ordenador operando el modelo numérico sobre una rejilla plana que cubre solo esa área. Se tienen así los llamados "modelos de área limitada" (siglas inglesas LAM). Necesitan de las predicciones de un modelo cuya rejilla incluya su rejilla de integración para usarlas como condiciones de contorno y tienen una limitación en el alcance de las predicciones que pueden hacerse con ellos. Normalmente estos modelos se usan para predicciones a corto plazo (hasta 48 horas) y tienen la ventaja de que poseen mayor resolución horizontal que los modelos globales típicos.

#### *3.2.1. El modelo Hirlam*

Hirlam (High Resolution Limited Area Model, URL: <http://www.knmi.nl/hirlam>) es un consorcio de países europeos cuya finalidad es el desarrollo de un modelo de área limitada que pueda ser usado operativamente por los países miembros. Actualmente el proyecto lo forman los servicios meteorológicos de Suecia, Noruega, Finlandia, Dinamarca, Islandia, Irlanda, Holanda, España y Francia (que es un miembro asociado). El Instituto Nacional de Meteorología de España forma parte del proyecto desde 1992 y usa el modelo Hirlam como modelo operativo de predicción numérica del tiempo a corto plazo desde 1995.



En la figura se presenta el área de integración del modelo Hirlam del INM, como puede verse aunque el área de interés del INM es España, el Sur de Europa y el Norte de África, el área del modelo se extiende desde las costas de Norteamérica hasta Turquía.

Se trata de un modelo de puntos de rejilla cuya resolución es de 0.5 grados de latitud-longitud y 31 niveles en la vertical. Con él se realizan predicciones hasta 48 horas cuatro veces al día.

#### 4. Productos derivados de los modelos numéricos

El resultado de los modelos numéricos de predicción del tiempo son las variables del modelos y algunas derivadas de ellas en los nodos de la rejilla de integración y en cada paso de tiempo hasta completar el total de la predicción planteada. De esta manera si nuestro modelo tiene un paso de tiempo de tres minutos lo que podemos obtener son todas las variables del modelo en todos los nodos de la rejilla de integración y cada tres minutos de tiempo.

A partir de estos datos puede obtenerse cualquier tipo de producto que necesitemos para la predicción del tiempo. Como las variables meteorológicas no varían demasiado en tres minutos lo normal es tomar los valores cada media hora o una hora.

Al conjunto de los productos meteorológicos que pueden obtenerse a partir de los datos de los modelos se le conoce con el nombre de "postproceso del modelo".

Uno de los productos más usados para la predicción del tiempo son, naturalmente, los mapas del tiempo, que consisten es la representación sobre un mapa geográfico de los campos meteorológicos bidimensionales obtenidos del modelo. Otro producto muy típico son los llamados "meteogramas", se trata de la serie temporal de una o varias variables del modelo obtenidas para un punto particular de la rejilla de integración, por ejemplo, para una ciudad determinada. Normalmente se representan variables meteorológicas junto al suelo (viento, temperatura, humedad relativa, nubosidad, precipitación, etc.). En la figura siguiente presentamos el meteograma de una ciudad española obtenido también a partir del modelo Hirlam del INM.

Estos productos suelen ser muy útiles para usuarios no especializados en meteorología ya que presentan directamente en un lugar la información necesaria para deducir el tiempo que va a hacer en las siguientes 48 horas.