

## EL SISTEMA DE PREDICCIÓN POR CONJUNTOS PARA EL CORTO PLAZO DE AEMET (AEMET-SREPS): MIGRACIÓN HACIA LA MESOESCALA

C. Santos<sup>(1)</sup>, A. Amo<sup>(1)</sup>, E. Abellán<sup>(2)</sup>, A. Callado<sup>(2)</sup>, P. Escribà<sup>(3)</sup>, J. Simarro<sup>(4)</sup>

(1) Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), C/ Leonardo Prieto Castro, 8, 28040 Madrid, csantosb@aemet.es, mamob@aemet.es

(2) D.T. AEMET en Cataluña, Arquitecte Sert, 1, 08005 Barcelona, eabellanv@aemet.es, acalladop@aemet.es

(3) European Center for Medium Range Weather Forecasts, Shinfield Park, Reading RG2 9AX, UK, pescribaa@aemet.es

(4) D.T. AEMET en la Comunidad Valenciana, C/Botánico Cavanilles, 3, 46010 Valencia, jsimarrog@aemet.es

### 1. INTRODUCCIÓN

La predicción probabilística es una herramienta fundamental en la predicción operativa en los servicios meteorológicos. En el corto plazo, (D+1, D+2), AEMET es pionera en el desarrollo y ejecución experimental diaria de un Sistema de Predicción por Conjuntos (*Ensemble Prediction System* o EPS), para el Corto Plazo (*Short Range* EPS o SREPS), complementando así en el abanico temporal al EPS del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (*European Center for Medium-range Weather Forecasts* o ECMWF, D+3, hasta D+10) como herramienta probabilística en la predicción operativa. La modelización Numérica del Tiempo se adentra ya en la mesoescala (modelos con grid kilométrico), tanto modelos como ensembles. Con reconocido prestigio en la escala sinóptica, se aproxima el momento en el AEMET-SREPS de dar el salto a la escala Meso-Gamma ( $\gamma$ -SREPS), siendo necesario por ello explorar algunas posibilidades de diseño en el estado del arte de la predicción probabilística.

### 2. EL AEMET-SREPS: CONFIGURACIÓN ACTUAL

El actual SREPS es un sistema multimodelo, multianálisis y multicondiciones-de-contorno, basado en la integración de 5 modelos de área limitada diferentes forzados con de 5 modelos globales distintos (Tabla 1, Figuras 1 y 2).

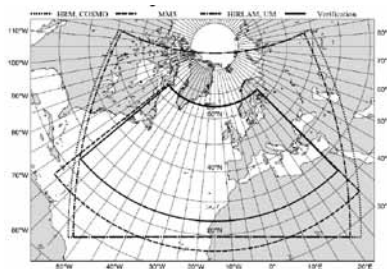


Fig. 1.- Dominios de integración y verificación

Con ello se pretende muestrear las incertidumbres procedentes de los errores de los modelos, las condiciones iniciales y de contorno. La calidad del sistema ha sido verificada cuantitativamente y ha demostrado su valor en numerosos casos de estudio (Fig. 3).

Análisis y c. contorno	CMC (MSC), GFS (NCEP), GME (DWD), GSM (JMA), IFS (ECMWF)
Modelos	HIRLAM (HIRLAM), HRM (DWD), LM (COSMO), MM5, UM (UKMO)
Miembros	5x5=25
Dominio	Atlántico N, Europa, África N
Resolución	0.25º (Rejilla común post-proceso )
Pasadas	00 y 12 UTC, T+0 ... T+72
Máquinas	CRAY X1e + Blade Frame Linux

Tabla 1.- Configuración actual del AEMET-SREPS

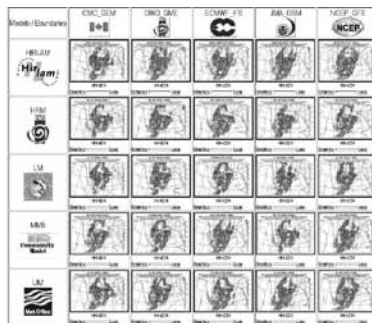


Fig. 2.- Miembros (pcp) del actual AEMET-SREPS

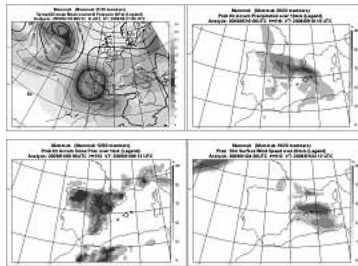


Fig. 3.- Cuatro casos de estudio: Gordon (transición ciclón tropical - extratropical), lluvia fuerte en Cataluña, tormenta de nieve en la Península, temporal de viento en la costa mediterránea.

### 3. ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN A LA MESOESCALA

Dentro de un marco europeo y por la convergencia de intereses y esfuerzos, la fase de investigación actual está en buena parte integrada en el proyecto *Grand Limited Area Model* EPS (GLAMEPS) del consorcio HIRLAM/ALADIN. Se desarrolla mediante experimentos en el ECMWF utilizando HARMONIE, donde se están evaluando diferentes técnicas para su posible adecuación a los ensembles a escala kilométrica (~2 km de resolución) o meso-γ:

- (1) Perturbación del modelo numérico con esquemas de Parametrizaciones Estocásticas (ver sección 6);
- (2) Perturbación de las condiciones iniciales con esquemas de asimilación de datos del tipo Filtros de Kalman (ETKF, ver sección 7);
- (3) Perturbación de las condiciones de contorno laterales;
- (4) Multimodelo

La asimilación de observaciones en la mesoescala es fundamental para integraciones de modelos “Convection-Allowing” o “Convection-Permitting”. En sistemas experimentales de este tipo se asimilan radiosondeos, perfiladores de viento, GPS, boyas, barcos, aviones, diferentes datos de satélite de distintos tipos, y viento Doppler del radar. Así mismo, se están evaluando técnicas avanzadas de post-proceso estadístico, principalmente calibración de ensembles basada en Promediado Bayesiano de Modelos (BMA, ref1) o Regresión Logística Extendida (ELR, ref3).

La verificación también necesita un salto cualitativo en la transición a la mesoescala. En ese contexto se están investigando: (1) Métodos de verificación que aborden los patrones espaciales explícitamente, tales como SAL o MODE; (2) Uso de observaciones de muy alta resolución, como productos RADAR o satélite; el control de calidad presenta dificultades adicionales; (3) Casos de estudio con fenómenos convectivos intensos.

La puesta en operación de un sistema de este estilo a escala kilométrica está sujeta

a la disponibilidad en AEMET de los recursos de supercomputación imprescindibles para operar en tiempo real.

#### 4. APLICACIONES ESPECÍFICAS: FENÓMENOS ADVERSOS Y AERONÁUTICA

La dificultad inherente en la predicción de episodios convectivos asociados a la mesoescala y el impacto social de estos fenómenos adversos hace de un ensemble de mesoescala una herramienta con un potencial tremendo.

Por otro lado, se trabaja en la aplicación de los EPS a la Meteorología Aeronáutica. Basándose en una interacción directa con los Grupos de Predicción y Vigilancia (GPV) para evaluar sus necesidades, van a generarse EPS-gramas específicos (para los aeropuertos) y dinámicos (para cualquier punto del dominio del EPS).

##### Anexo A. Las parametrizaciones estocásticas

Los procesos que, por su escala, un modelo numérico resuelve se llaman dinámicos, mientras que los no resueltos se llaman procesos de sub-rejilla (e.g. convección, radiación, microfísica de nubes, etc.) y suelen parametrizarse: se computan “dentro” de cada celda de manera aproximada y aportan una tendencia al modelo. Una técnica puntera para tener en cuenta las incertidumbres de las parametrizaciones en el entorno de los EPSs (Fig. 4) es conocida como “*Stochastic Perturbed Parameterization Tendencies*” (SPPT, Buizza ref): se aplica ruido multiplicativo a la tendencia de cada variable por separado (Ec. 1, Fig. 4).

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D_X \square K_X \square P_X \square \square P_X \quad (1)$$

$$P_X \square \square P_X = \square \square \cdot \square P_X = P_X \square \cdot P_X$$

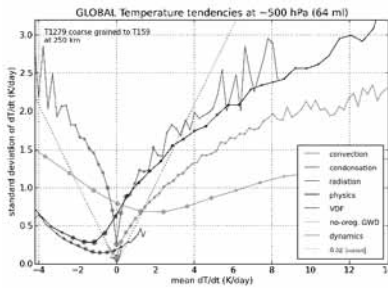


Fig. 4.- Incertidumbre de las tendencias de las temperaturas de las distintas parametrizaciones del modelo Global del ECMWF en la resolución T159 (~125 km) respecto a T1279 (~16 km).

**Anexo B. El Filtro De Kalman Ensemble**

El “*Ensemble Kalman filter*” (EnKF) es un filtro recursivo ideal para problemas con muchas variables (e.g. Discretización de Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales (EDDPs) en modelos), variante del Filtro de Kalman sustituyendo la matriz de covarianza por la de covarianza muestral (Ec. 2). Es un componente de la asimilación EPS.

$$K = CH^T \left[ HCH^T + R \right]^{-1}$$

Versiones interesantes por lo especialmente eficaces computacionalmente son *Ensemble Transform Kalman Filter* (ETKF) y *Local ETKF* (LETKF, Hunt et al, 2007).

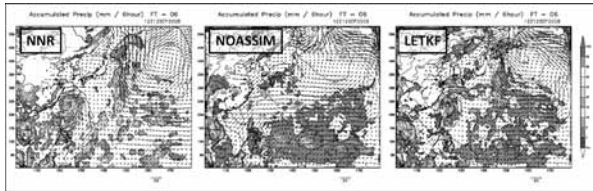


Fig. 5.- Ejemplo de asimilación de datos con LETKF