

TECNICAS DE REDUCCIÓN DE ESCALA EN PREDICCIÓN ESTACIONAL

María López Bartolomé (1)
Elía Díez Muyo (1)
José Antonio García-Moya Zapata (2)
Bartolomé Orfila Estrada (3)

- (1) Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima. INM
(2) Servicio de Modelización Numérica del Tiempo. INM
(3) Área de Modelización. INM.

RESUMEN

Los modelos utilizados en predicción estacional son globales y de baja resolución y no pueden reproducir las anomalías climáticas locales. Para ganar detalle se utilizan técnicas de reducción de escala, dinámicas y estadísticas. Las primeras utilizan modelos de área limitada integrados con las condiciones de contorno de modelos globales y las segundas relaciones estadísticas obtenidas de los registros históricos de datos entre campos analizados y variables observadas. Las dos técnicas que se presentan en este trabajo son utilizadas en el proyecto DEMETER (Development of a European Multi-model Ensemble System for seasonal to interannual prediction) cuyo objetivo es el desarrollo de un sistema de predicción estacional multi-modelo. La técnica estadística elegida es "el sistema de predicción analógica de la precipitación" del INM, y la técnica dinámica el modelo climático regional desarrollado y cedido por el centro Rossby del Servicio Meteorológico Sueco.

1. Introducción

La predicción estacional debe ser entendida como un avance de la evolución probable del estado medio de la atmósfera durante tres meses. Se presenta como medias móviles de tres meses, empezando en el próximo trimestre y normalmente con un alcance de seis meses.

La base científica en que se apoya es que las anomalías de las condiciones de contorno, tales como las temperaturas superficiales del agua del mar (SST), la humedad del suelo y la cubierta de nieve tienen a menudo una memoria considerablemente más larga que la del tiempo atmosférico (varían más lentamente) y son, al menos en parte, predecibles para escalas de tiempo más largas que las de la predicción diaria. Y estas anomalías de las condiciones de contorno pueden tener un impacto significativo sobre la variabilidad atmosférica haciendo algunos regímenes de tiempo (estados cuasi-estacionarios de la atmósfera, ej: bloqueo, circulación zonal, etc...) más probables que otros (Palmer y Anderson, 1993, 1994).

Las técnicas para realizar la predicción estacional que se utilizan separadamente y/o en combinación son:
i) Métodos estadísticos, que relacionan anomalías de las condiciones de contorno, principalmente temperaturas del agua del mar, con anomalías de variables meteorológicas, generalmente precipitación y temperatura.
ii) Métodos dinámicos, que utilizan modelos numéricos que pueden ser modelos atmosféricos forzados con campos predichos de SST o modelos acoplados océano-atmósfera.

Los modelos dinámicos utilizados son globales y representan campos a gran escala, por lo que las características del tiempo y el clima local pueden no estar incluidas en la resolución relativamente baja del modelo. Para ganar detalle se utilizan técnicas de reducción de escala, dinámicas y estadísticas. Las primeras utilizan modelos de área limitada integrados con las condiciones de contorno de modelos globales y las segundas relaciones estadísticas obtenidas de los registros históricos de datos entre campos analizados y variables observadas.

Las dos técnicas de reducción de escala que se presentan en este trabajo son utilizadas en el proyecto DEMETER financiado por la Unión Europea y coordinado por el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF), cuyo objetivo es el desarrollo de un sistema de predicción estacional multi-modelo. Este proyecto nació de las conclusiones de un proyecto anterior PROVOST (Prediction of climate Variations On Seasonal-to-interannual Timescales), en el que se estudió la predecibilidad de la

variabilidad atmosférica en escalas estacionales e interanuales y se encontró que esta depende de la estación del año, del lugar y de la variable meteorológica (Palmer y otros, 2000).

En PROVOST se realizaron predicciones retrospectivas para el período 1979-93, utilizando cuatro modelos climáticos globales europeos integrados con temperaturas del agua del mar observadas (análisis diarios). En muchos lugares de los trópicos la respuesta atmosférica estacional media a estas temperaturas del agua del mar fue altamente predecible. Sin embargo, en la mayor parte de las zonas extratropicales la respuesta sólo pudo describirse probabilísticamente, si bien estas predicciones probabilísticas tenían pericia, fiabilidad y valor económico, términos con un significado técnico preciso.

En PROVOST se asumió que las SST están perfectamente predichas puesto que se utilizan campos analizados. Solapándose con PROVOST, en algunos centros meteorológicos europeos se desarrollaron modelos acoplados océano-atmósfera, y la predicción con éxito de El Niño 1997/98 y sus impactos en Europa demostró la capacidad de tales sistemas acoplados. El proyecto DEMETER es un nuevo intento de ratificar los resultados de PROVOST utilizando modelos acoplados océano-atmósfera.

Las limitaciones en la pericia de las predicciones estacionales proceden tanto de los errores en la condiciones iniciales como de las incertidumbres en la representación de las ecuaciones básicas que gobiernan el clima, y en particular en la parametrización de los procesos físicos no resueltos por la dinámica. El impacto de estas incertidumbres puede valorarse a partir de conjuntos de integraciones con condiciones iniciales distintas entre sí pero consistentes con las observaciones disponibles (ensembles de condiciones iniciales) y con modelos climáticos con formulaciones distintas (ensembles de multi-modelos). En PROVOST se demostró que la fiabilidad y valor económico potencial de un ensemble multi-modelo era superior al ensemble de cualquier modelo individual.

En DEMETER se utilizan seis modelos globales acoplados desarrollados en diferentes países europeos para construir los ensembles multi-modelos. Los objetivos de cada uno de los siete módulos de que consta son:

- i) Instalación en el ordenador del ECMWF de los seis modelos.
- ii) Realización de treinta años de integraciones utilizando el reanálisis ERA-40.
- iii) Corrección del error sistemático de cada modelo para producir el ensemble de multi-modelos.
- iv) Evaluación de la pericia y utilidad potencial de los resultados del ensemble multi-modelos.
- v) Producción de las distribuciones de probabilidad del desarrollo de cosechas en Europa e incidencia de enfermedades tropicales en Africa.
- vi) Estudio de la sensibilidad de los modelos acoplados a la incorporación de datos altimétricos.
- vii) Valoración de la viabilidad de aplicar técnicas de reducción de escala a las salidas de DEMETER.

Esta última parte del proyecto se lleva a cabo principalmente en el I.N.M. y las técnicas de reducción de escala (down-scaling) elegidas son:

- i) "El sistema de predicción analógica de la precipitación" del INM.
- ii) El modelo climático regional del centro Rossby (RCA).

2. Técnica Dinámica

Las técnicas dinámicas de reducción de escala consisten en integrar un modelo de área limitada utilizando como condiciones de contorno las salidas de un modelo global (Chen y otros, 1999).

El modelo climático elegido ha sido desarrollado a partir del modelo HIRLAM por el Centro Rossby del Servicio Meteorológico Sueco. Para comprobar la elección adecuada de este modelo, se ha llevado a cabo un experimento previo, utilizando tres modelos de área limitada: el HIRLAM operativo, el HIRLAM en modo clima y el RCA.

Se ha realizado una integración a cuatro meses desde marzo hasta junio de 1998:

- El HIRLAM operativo se ha integrado a 24 horas durante 120 días seguidos.
- El HIRLAM en modo clima y el RCA se ha integrado a 120 días con condiciones de contorno perfectas.

Se calcula la desviación standard (bias) y el error cuadrático medio (ecm) entre los campos de predicción de cada una de las tres integraciones anteriores y el análisis operativo de las variables siguientes:

- Temperatura, geopotencial, humedad relativa y componentes u y v del viento en los niveles de 1000, 850, 700, 500 y 200 hPa.
- Componentes u y v del viento a 10 metros.
- Temperatura a 2 metros.

Como se puede observar en la figura 1, para el caso de la temperatura a 2 metros, el modelo de clima (RCA) resultó ser el más estable en la prueba realizada.

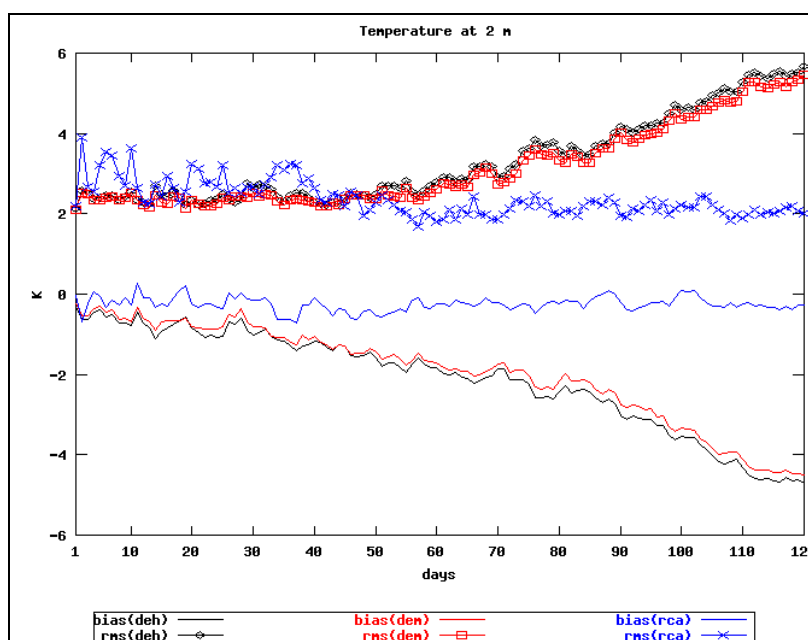


Figura 1: Bias y ecm en la temperatura a 2 metros.

Los resultados anteriores justifican la elección del modelo RCA, que se integró con condiciones de contorno procedentes de las salidas globales del modelo acoplado del ECMWF para tres miembros del ensemble (eps0, eps1,eps2) el cual realiza predicciones retrospectivas a 180 días utilizando los datos del reanálisis ERA-40.

Se han calculado el bias y el ecm entre los campos de predicción de los modelos global y regional y los campos correspondientes del ERA-40, para las siguientes variables:

- Temperatura y geopotencial en los niveles de 1000, 850, 700, 500 y 300 hPa.
- Componentes u y v del viento a 10 metros.
- Temperatura a 2 metros.
- Precipitación convectiva
- Precipitación de gran escala
- Precipitación total.

En las figuras 2, 3 y 4 se representa la desviación standard (bias) y el error cuadrático medio (ecm) entre los campos de predicción (ECMWF y RCA) y el ERA-40 en los periodos de noviembre del 1986 hasta abril de 1987 y de noviembre del 1987 hasta abril de 1988.

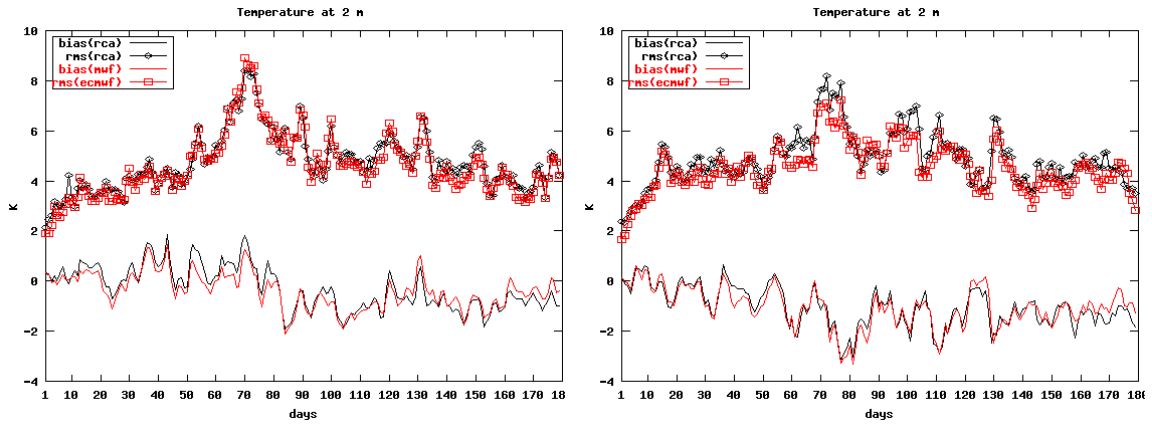


Figura 2: Bias y ecm, para el eps0, en el periodo nov-abr 86/87 (izqda) y nov-abr 87/88 (drcha).

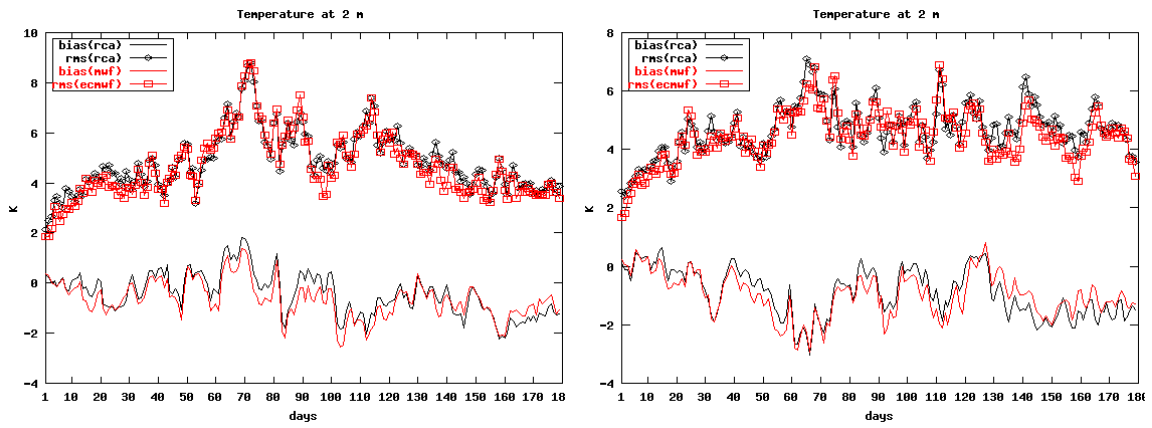


Figura 3: Bias y ecm, para el eps1, en el periodo nov-abr 86/87 (izqda) y nov-abr 87/88 (drcha).

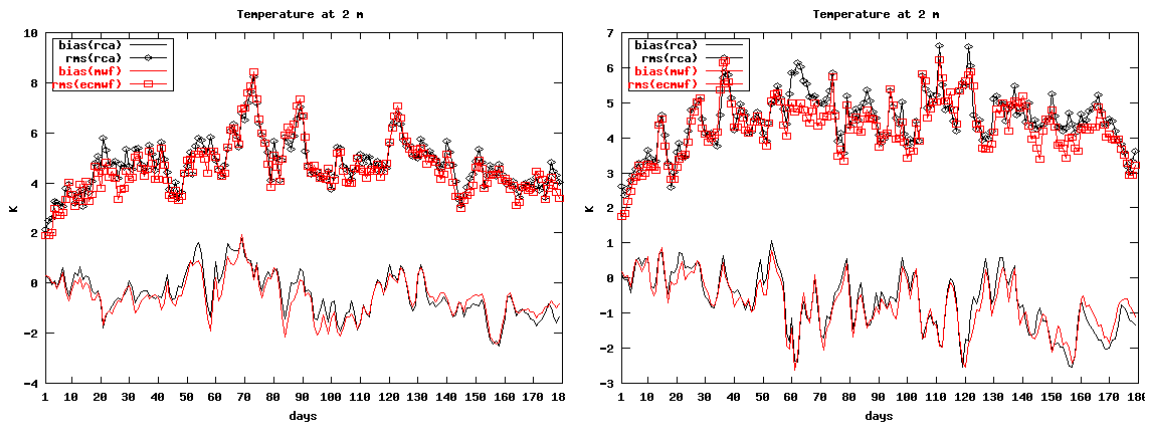


Figura4: Bias y ecm, para el eps2, en el periodo nov-abr 86/87 (izqda) y nov-abr 87/88 (drcha)

Observando las figuras anteriores se comprueba que el modelo de área limitada no introduce errores adicionales significativos y por tanto proporciona una herramienta posiblemente válida de down-scaling dinámico.

3. Técnica Estadística

La técnica estadística utilizada es "el sistema de predicción analógica de la precipitación" del INM. Esta técnica que se utiliza en predicción operativa para un plazo de tres días, ha sido extendida a un periodo de 6 meses.

Este método permite predecir la precipitación en una rejilla de 203 puntos y en 88 estaciones sinópticas a partir de los campos previstos por el modelo operativo del ECMWF de los geopotenciales de 1000 y 500 y la humedad relativa de 1000, 925, 850 y 700 hPa, de la siguiente manera: A partir de los campos de geopotencial se calcula el viento geostrófico y con este dato se buscan, en el registro histórico de viento geostrófico calculado con los datos del ERA-15, los 100 campos análogos. A continuación utilizando los campos de humedad relativa se eligen 30 campos análogos de entre estos 100. Los datos de precipitación correspondientes a las fechas de estos 30 análogos son utilizados para predecir la precipitación (Del Hoyo y otros, 2000).

Para comprobar la viabilidad de este técnica de descenso de escala estadístico, se realizó una predicción retrospectiva de la precipitación para el periodo de marzo a junio del 1998 (120 días) a partir de los campos del análisis operativo del ECMWF; y estas predicciones se compararon con los datos climáticos. En la figura 5 se muestran las precipitaciones mensuales acumuladas predichas y observadas para el caso de la estación de La Coruña.

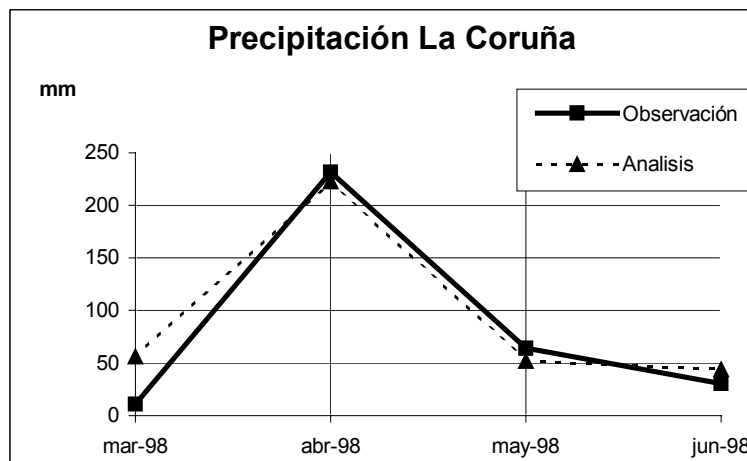


Figura 5: Precipitación obtenida por el método de los análogos para la estación de la Coruña

Este método también se ha utilizado para hacer un doble descenso de escala (primero dinámico y después estadístico) aplicando el método de análogos a las salidas del RCA.

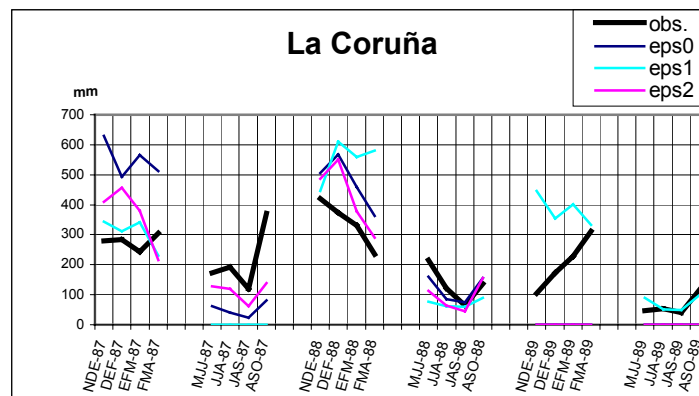


Figura 6: Precipitación obtenida por el doble down-scaling para la estación de La Coruña.

En la figura 6 se presenta para la estación de La Coruña, las predicciones trimestrales para trimestres consecutivos de las salidas del RCA correspondientes a los periodos de integración del DEMETER desde noviembre de 1986 hasta octubre de 1989 para los tres miembros del ensemble.

4. Conclusiones y próximos pasos

El modelo de área limitada del Centro Rossby (RCA) con condiciones de contorno perfectas, da mejores resultados (fig. 1) que el modelo operativo HIRLAM utilizado tanto en modo predicción como en modo clima y por lo tanto se ha decidido su utilización en sucesivos experimentos.

Las desviaciones y errores cuadráticos medios que presentan el modelo acoplado del ECMWF y el modelo climático del Centro Rossby (RCA) respecto al análisis del ERA-40 se mantienen comparables para los tres miembros del ensemble (eps0, eps1, eps2) y para el mismo periodo de años distintos.

Teniendo en cuenta el buen comportamiento de la técnica de análogos para periodos largos se ha decidido utilizarla en predicción estacional para reducir la escala los modelos dinámicos.

Una vez implementadas las dos técnicas de reducción de escala dinámica y estadística, se procederá a la verificación de las predicciones obtenidas por estos dos métodos (RCA y análogos aplicados a las salidas del proyecto DEMETER) comparando los campos predichos con los campos observados y/o analizados. También se calculará el valor económico de dichas predicciones.

Referencias

Chen S.-C., et al., 1999 : Global to regional modeling : California wintertime precipitation. J. Geophys. Res. Vol. 104, No. D24, 31517-31532.

Del Hoyo J., Fernández A., Mestre A., Peral C., 2000: Sistema de Predicción Analógica de la Precipitación en el I.N.M (PAP-INM). Nota Técnica 1. Servicio de Aplicaciones Meteorológicas. I.N.M.

Palmer T.N. and Anderson D.L.T., 1993: Scientific assessment of the prospects for seasonal forecasting: a European perspective. Technical Report. No 70, ECMWF.

Palmer T.N. and Anderson D.L.T., 1994: The prospects for seasonal forecasting- A review paper. Quart. J. R. Met. Soc. Vol 120, No 518, 755-793.

Palmer T.N., Brankovic C. And Richardson, D.S. 2000: A probability and decision-model analysis of PROVOST seasonal multi-model integrations. Q. J. R. Meteorol. Soc. 126, 2013-2034.