

- KARL, T.R.; TARPLEY, J. D.; QUAYLE, R. G.; DIAZ, H. F.; ROBINSON, D. A. y BRADLEY, R. S. (1989): "The recent climate record: What it can and cannot tell us", *Reviews of Geophysics*, 27, 3, pp. 405-430.
- KRATZER, A. (1937): *Das stadtklima*, Braunschweig: Fiedr. Vieweg & Sohn, 143 pp.
- KUKLA, G.J.; GAVIN, J. y KARL, T.R. (1986): "Impact of urban heating on recent temperature trends", *Journal of climate and Applied Meteorology*, 25, pp. 1265-1270.
- LANDSBERG, H. E. (1981): *The urban climate*, New York: Academic Press, 275 pp.
- MITCHELL, J.M. Jr. (1953): "On the causes of instrumentally observed secular trends", *Journal of Meteorology*, 10, pags. 244-261.
- OKE, T. R. (1974): *Review of urban climatology 1968-73*, Ginebra: W.M.O., T.N. n° 134, 132 pp.
- OKE, T. R. (1979): *Review of urban climatology 1973-76*, Ginebra: W.M.O., T.N. n° 169, 100 pp.

OKE, T. R. (Ed.) (1986): *Urban climatology and its applications with special regards to tropical areas*. Ginebra: W.M.O. n° 652.

WIGLEY, T. M. L.; ANGEL, J. K. y JONES, P. D. (1985): *Analysis of the temperature record*, en MACCRACKEN, M. C. y LUTHER, F. M. (Eds.): *Detecting the climate effects of increasing carbon dioxide*, Springfield: National Technical Information Service, DOE/ER-0235.

WIGLEY, T.M.L. y JONES, P.D. (1988): "Do large-area-average temperature series have an urban warming bias?", *Climatic Change*, 12, pags. 313-319.

WOOD, F. B. (1988): "Comment: on the need for validation of the Jones et al. Temperature trends with respect to urban warming", *Climatic Change*, 12, pp. 297-312.

AGRADECIMIENTOS

A las Sras. Montserrat Olivé y Gemma Duarte del Servicio de Préstamo Interbibliotecario de la Biblioteca de la U.R.V., por su eficaz trabajo. A la Sra. Teté Carrera, por su ayuda en la revisión del texto.

LISTA DE ACRONIMOS UTILIZADOS EN EL TEXTO:

World Weather Records; M.C.D.W.: Monthly Climatic Data for the World; H.C.N.: Historical Climatology Network; N.C.D.C.: National Climate Data Center; N.O.A.A.: National Oceanic and Atmospheric Administration; G.H.C.N.: Global Historical Climatology Network.

NOTAS

⁽¹⁾ Esta comunicación se inscribe en el proyecto de investigación CL196-1842-C05-01 subvencionado por CICYT.

7.2 CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRECIPITACIÓN PENINSULAR PREDICCIONES Y OBSERVACIONES

J. F. GONZALEZ-ROUCCO¹, H. HEYEN², E. ZORRITA² y F. VALERO

¹ Universidad Complutense de Madrid (UCM). Departamento de Astrofísica Física de la Atmósfera. Facultad de Ciencias Físicas, Ciudad Universitaria Madrid, España

² Institute for Hydrophysics, GKSS Research Center, Max-Planck-Strasse 21502 Geesthacht, Alemania

RESUMEN: La presión a nivel del mar (PNM) en el Atlántico Norte está relacionada con la Precipitación peninsular invernal. Se utiliza este acoplamiento para desarrollar siguiendo una metodología semiempírica, un modelo estadístico de predicción que permite realizar predicciones de alta resolución espacial de la respuesta de la Precipitación al forzamiento radiativo por incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles. El proceso de desarrollo del modelo ha permitido detectar tres patrones que describen la variabilidad climática de la precipitación peninsular asociada a la PNM. Las predicciones de cambio climático se comparan con el comportamiento observado, encontrándose una evolución de las tendencias hacia los patrones predichos por el modelo. Si bien esto no es una prueba concluyente de la existencia de cambio climático, no nos permite negar tal posibilidad.

7.2.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas se ha revitalizado el interés por conocer los efectos de un aumento de las concentraciones de gases invernadero y aerosoles en la atmósfera. Cada vez se hace más patente la influencia de las actividades humanas en el clima y se necesitan métodos que permitan conocer con anterioridad las implicaciones de nuevas acciones, cualesquiera que éstas sean, lo que es sólo posible profundizando en el conocimiento del clima y del cambio climático.

Los modelos numéricos de circulación general (MCGs) son una de las herramientas más potentes en el tratamiento de esta problemática. Simulan un medioambiente en el que se puede diagnosticar de forma controlada las contribuciones de procesos específicos a la variabilidad climática. Además, estos modelos no sólo sirven para mejorar nuestro conocimiento de los procesos físicos que constituyen el clima, sino que también nos permiten predecir escenarios futuros.

Uno de los problemas más importantes de la simulación numérica mediante MCGs es la resolución espacial de los mismos. En este contexto se podría hablar de varias escalas: la *escala de resolución*, definida como la distancia (d) entre dos nodos de red consecutivos del MCG, y la *escala de fiabilidad*, superior a Nd , con valores típicos de $N \geq 8$ (Grotch y MacCracken, 1991). Las escalas espaciales superiores a la de fiabilidad se conocen como gran escala, y como *escala regional* aquellas por debajo de la misma. En la mayoría de los MCGs la escala de resolución está entre 250 y 500 km, por lo que las escalas regionales están por debajo de 2000 a 4000 km.

Los MCGs simulan con realismo las características climáticas a gran escala de algunas variables como la presión a nivel del mar (PNM) y, si bien proporcionan valores en la escala de resolución, su validez e implicaciones en los estudios de clima regional son cuestionables. Esto hace de los MCGs herramientas útiles para el estudio del cambio climático a gran escala y plantea un problema interesante: la obtención de predicciones a largo plazo de alta resolución espacial, que los modelos climáticos aún no son capaces de proporcionar.

Existen varias aproximaciones que permiten deducir las características climáticas regionales a partir de la información a gran escala (Budiko, 1991; Frey-Buness *et al.*, 1993; Zorita *et al.*, 1992; Déqué *et al.*, 1995; Jones *et al.*, 1995). En esta comunicación se presentan algunos resultados obtenidos con un modelo de predicción semiempírico desarrollado siguiendo una metodología de *Prognosis Perfecta* (PP). De acuerdo con la metodología PP, el modelo estadístico de predicción (MEP) se calibra a partir de datos observacionales y puede aplicarse posteriormente a integraciones de un MCG en las que se ha incluido el efecto de un incremento de las concentraciones de gases invernadero y aerosoles. De este modo se pueden realizar predicciones a escala regional en escenarios climáticos perturbados.

En las dos primeras secciones se describen los datos utilizados y la metodología empleada. En la tercera sección se describen los aspectos más relevantes del desarrollo y validación del MEP. Finalmente, en la cuarta sección se presenta la predicción de la respuesta de la precipitación peninsular al forzamiento radiativo del aumento de gases invernadero y aerosoles y se comparan con el comportamiento de esta variable a lo largo de este siglo.

7.2.2 DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos observacionales para el desarrollo del MEP y simulaciones de un MCG para la realización de predicciones regionales a largo plazo de acuerdo con la metodología PP. En esta comunicación se describen los resultados obtenidos utilizando medias mensuales de Diciembre a Febrero de las siguientes bases de datos:

- PNM en el Atlántico Norte, proporcionadas por el National Center for Atmospheric Research (NCAR, Trenberth y Paolino, 1980) con una resolución espacial de $5^\circ \times 5^\circ$ lat. \times lon. Esta variable fue elegida como predictora de la precipitación peninsular por existir registros históricos largos, por contener información de circulación a gran escala y por ser bien reproducida por los MCGs.
- Precipitación observada, SED (Southwestern Europe Dataset). Se trata de una nueva base de datos desarrollada en la UCM y constituida por 92 estaciones distribuidas sobre la Península Ibérica, sur de Francia y norte de África. Esta base de datos ha sufrido varios procesos de control de calidad (tratamiento de datos anómalos, homogeneización e interpolación de datos perdidos).

- Simulaciones de PNM y precipitación. Se utilizaron las salidas de tres integraciones del Segundo Experimento Transitorio del Modelo Unificado del United Kingdom Meteorological Office (UKMO, Mitchell *et al.*, 1996): control, simulación con forzamiento de gases de efecto invernadero (GEIs) y simulación con forzamiento de gases de efecto invernadero y aerosoles (GEIAs). Las integraciones con forzamiento GEIs y GEIAs contemplan las emisiones históricas hasta 1990; después esta fecha el forzamiento se basa en el escenario IS92a (Houghton *et al.*, 1992). La resolución espacial de estos datos es $2.5^\circ \times 3.75^\circ$ lat. \times lon.

Los datos observacionales recorren el intervalo temporal 1899 a 1989 y las simulaciones 1899 a 2100. La distribución espacial de observatorios y nodos de red se ilustra en la figura 1.

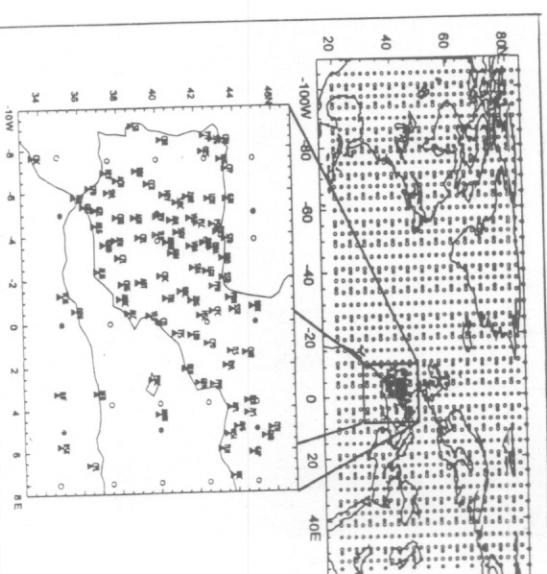


Fig. 1: Distribución espacial de nodos de red y observatorios correspondientes a las bases de datos del NCAR (círculos llenos), UKMO (círculos vacíos) y SED (triángulos).

Los datos observacionales del NCAR y SED correspondientes al período 1950 a 1979 se utilizaron para estudiar la variabilidad climática acoplada entre ambas variables y calibrar el MEP, reservándose el resto del intervalo temporal para el proceso de validación (1899-1949 / 1980-1989).

El MEP se desarrolló utilizando la misma aproximación que von Storch *et al* (1993) o Cui *et al* (1995), basada en el análisis de correlación canónica (ACC). En primer lugar se obtuvieron las anomalías de las variables respecto a sus valores medios. Seguidamente se eliminaron las tendencias a largo plazo. A continuación se filtraron las bases de datos originales efectuando un análisis de componentes principales y reteniendo aquellas que explicaron un mayor porcentaje de varianza. Estas componentes principales (CPs) se utilizan como entrada al análisis de correlación canónica. Los vectores y correlaciones canónicas resultantes se utilizan para construir un MEP.

Las relaciones entre la gran escala y la escala regional se optimizaron estudiando los efectos de las variaciones de la ventana espacial de los predictores y del número de componentes principales y canónicas (CCs) retenidas en la capacidad predictiva del MEP. Dicha capacidad predictiva se evaluó en el período de validación utilizando la correlación (ρ) entre estimaciones y observaciones en cada observatorio y una medida de la varianza explicada, $(=1-VE/VA)$, donde VE es la varianza de los errores y VA, la varianza de las observaciones (Livezey, 1995).

Para la realización de proyecciones regionales de cambio climático y estudio de tendencias observadas se utilizaron los registros temporales completos: 1899 a 1989 (observaciones) y 1899 a 2100 (simulaciones).

7.2.3 AJUSTE Y VALIDACIÓN DEL MODELO ESTADÍSTICO

En el primer apartado de esta sección se describe la predictibilidad absoluta de la base de datos SED a través de un análisis de la distribución geográfica de sus grados de libertad. Seguidamente se presentan los patrones de variabilidad climática acoplada detectados y por último se describe la validación del MEP.

7.2.3.1 Predictibilidad absoluta

Como un paso previo al desarrollo del MEP, se ha estudiado la predictibilidad absoluta de la precipitación sobre la Península Ibérica a través del reparto espacial de los grados de libertad (gdl) de la base de datos SED. Esta variable proporciona una estimación de la dimensión estadística del sistema y se ha introducido como una medida escalar de la variabilidad de la precipitación. Desde este punto de vista los gdl pueden interpretarse como una medida del número de modos de variación independientes: valores altos (bajos) de gdl son indicativos de un número alto (bajo) de modos y por lo tanto de un sistema menos (más) predecible.

Para el cálculo de gdl se ha seguido el método de Fraedrich *et al* (1995). Este esquema se ha modificado asignando a cada observatorio una medida de los grados de libertad del conjunto constituido por el mismo y las series temporales de los 4 observatorios más cercanos. La representación espacial se obtiene evaluando el porcentaje corres-

pondiente a cada observatorio sobre el total. Se ha comprobado que las modificaciones en el número de series temporales consideradas llevan esencialmente a los mismos patrones, con leves diferencias en el detalle regional.

La figura 2 muestra la distribución espacial de gdl para la precipitación simulada por el GCM del UKMO (a) y SED (b). En ambos casos la predictibilidad es mayor en el área de influencia atlántica y disminuye hacia el este de la península Ibérica. Este resultado es independiente de la naturaleza de las variables predictoras y por lo tanto constituye una limitación intrínseca de la predicción de la precipitación peninsular en el este en las escalas espaciotemporales tratadas en este trabajo. Consecuentemente, podemos esperar que el desarrollo de un MEP tenga más éxito en el centro y oeste peninsular.

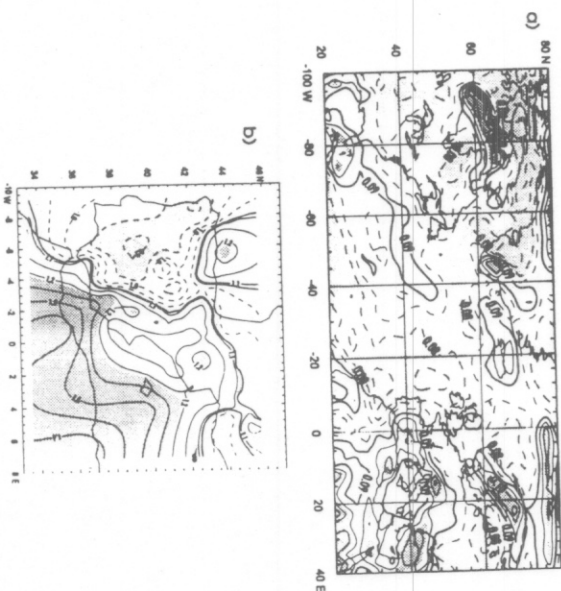


Fig. 2: Distribución espacial de grados de libertad para la precipitación simulada por el UKMO (a) y SED (b). Las líneas sólidas (a trazos) representan valores mayores (menores) que la media espacial (línea gruesa). Las zonas sombreadas representan valores alejados una desviación típica de dicho valor medio.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se desarrollaron MEPS para ambas zonas, encontrándose que sólo en el área de mayor predictibilidad absoluta el MEP mostraba eficacia en un período de validación, siendo válido únicamente para diagnósticos en la costa mediterránea. Los resultados que se muestran a continuación son los convenientes al ajuste del MEP utilizando series temporales del área de menos gdl.

7.2.3.2 Correlación entre PNM y SED

En primer lugar se calcularon las anomalías climáticas de las bases de datos y se eliminaron las tendencias del período de calibración. Dado que no esperamos encontrar una relación entre todos los detalles de ambas bases de datos se obtuvieron las CPs de las variables resultantes llevándose a cabo seguidamente un ACC de las componentes retenidas. Del proceso de optimización resultaron significativas 7 CPs para la PNM y

3 para la precipitación que acumulaban un 62% y un 74% de la varianza respectivamente. El análisis permitió detectar 3 pares de vectores canónicos que expresan la relación entre el clima a gran escala y el clima regional (figura 3).

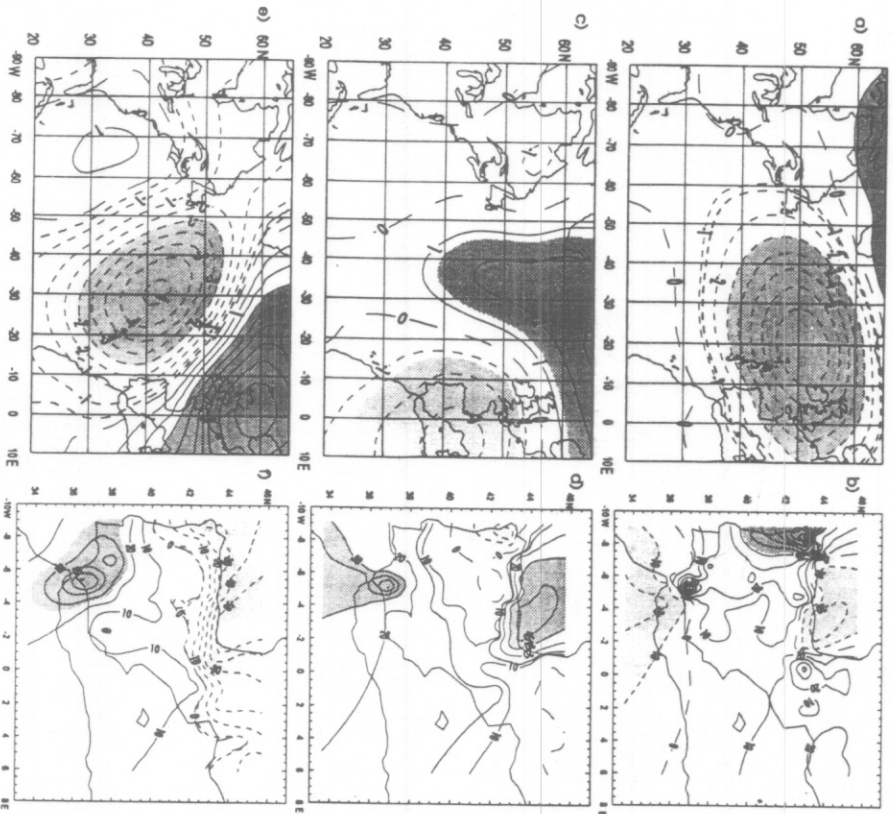


Fig. 3. Representación de los vectores canónicos asociados a la: primera (a), segunda (b) y tercera (c) pareja de CCs.

La primera pareja de vectores canónicos está asociada por una correlación canónica de valor 0.90. Las estructuras espaciales indican anomalías de PNM negativas al oeste de las islas Británicas que inducen mayor presencia de flujos de componente oeste sobre la península Ibérica. En esta situación, el vector canónico de la precipitación revela anomalías positivas de precipitación en la mayor parte del área de estudio,

excepto en el centro y este del litoral cantábrico. Las CCs asociadas explican un 15% y un 35% de la varianza de la bases de datos de PNM y precipitación, respectivamente. En esencia, esta primera pareja de vectores canónicos es coincidente con la detectada por Zorita *et al.*

La segunda pareja canónica está unida por un valor de correlación 0.84 y presenta estructuras espaciales que explican un 13% y un 22% de la varianza de las PNM y la precipitación, respectivamente. Los vectores canónicos ilustran la asociación de anomalías positivas de presión en el centro del Atlántico norte y negativas en el Mediterráneo Occidental con anomalías positivas de precipitación en la costa cantábrica y SO peninsular y negativas en el sur de Francia y mitad occidental peninsular. Esta conexión parece razonable, pues el patrón de anomalías báricas facilita la advección de aire frío continental con componente noreste sobre la península. Estos flujos tienen un cierto recorrido sobre el Cantábrico que les permite cargarse de humedad y precipitar en este litoral

El tercer par de CCs se relacionan con un valor de correlación canónica de 0.73 y explican un 13% y un 17% de la varianza de predictores y predictandos, respectivamente. El patrón de anomalías báricas muestra un dipolo con eje SO-NE asociado a un patrón de anomalías de precipitación con valores negativos en el tercio norte peninsular y positivos en el resto de territorio. La mayor frecuencia y/o intensidad de flujos del suroeste sobre el Golfo de Cádiz produce anomalías positivas de precipitación en el suroeste peninsular y negativas en el litoral cantábrico.

La interpretación de estas componentes podría haberse hecho cambiando el signo de todos los vectores canónicos, siendo igualmente válida.

7.2.3.3 Validación

Los vectores y correlaciones canónicas anteriores se han utilizado para desarrollar un MEP que se valida en este apartado. Para ello se estiman las anomalías de precipitación en el período 1899-1949 y 1980-1989 y se comparan con las observaciones. Encontramos que las anomalías estimadas tienen en general el signo correcto y contienen variaciones interdecenales que se corresponden con las observaciones. La figura 4 muestra la distribución espacial de los valores de p y β : en ambos casos se obtienen valores elevados que indican la capacidad predictiva del MEP.

Finalmente, este MEP se aplica a las integraciones del MCG del UKMO para obtener predicciones regionales. Sin embargo, en esta parte de validación del MEP es conveniente tratar también dos objeciones posibles a la metodología utilizada. Una se fundamenta en que el MCG no tiene por qué simular correctamente las estructuras de variabilidad climática que constituyen el esquema predictivo del MEP, con lo cual, no tendría sentido combinar ambos modelos; la otra estriba en que dichas estructuras no tendrían por qué mantenerse invariantes ante un cambio climático, con lo que el MEP sería válido en las condiciones climáticas en las que fue desarrollado pero no tendría sentido aplicarlo a otros escenarios, lo que constituye el objetivo de este trabajo. El tratamiento de estos dos puntos implica una validación del MCG, comprobando si éste reproduce la realidad climática con suficiente fiabilidad, y validando la actuación del

MEP en condiciones de clima perturbado. Para ello se realizaron los siguientes experimentos:

a) Se utilizó la metodología anterior con las simulaciones de control del MCG del UKMO desarrollando un MEP_{CONTROL} que relaciona las variables predictoras y predictandas simuladas por el MCG. A continuación se compararon las estructuras de variabilidad climática y capacidad predictiva de ambos modelos estadísticos, MEP y MEP_{CONTROL}. Solamente si ambos modelos estadísticos son comparables tendrá sentido aplicar una metodología PP.

b) Se comprobó la capacidad predictiva del MEP_{CONTROL} en condiciones de clima perturbado. Para ello se utilizaron las simulaciones de la PNM con forzamiento radiativo por incremento de las concentraciones de gases invernadero y aerosoles como variable de entrada al MEP_{CONTROL} y se compararon las predicciones de la precipitación con las simulaciones de esta variable en los mismos escenarios. Si el MEP_{CONTROL} muestra capacidad predictiva en condiciones de clima perturbado podemos inferir que se mantienen invariantes las estructuras de variabilidad climática acoplada entre la gran escala y la escala regional.

En los dos casos, los resultados indicaron (Heyen *et al.*, 1997; González-Roujo *et al.*, 1997) la consistencia de ambas hipótesis, procediéndose por lo tanto a la aplicación del MEP desarrollado a partir de datos observacionales a las integraciones del MCG del UKMO con forzamiento de GEIs y GEIAs.

7.2.4 PREDICCIONES REGIONALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Las variables predictoras para llevar a cabo las predicciones a escala regional fueron las PNM's correspondientes a las integraciones transitorias con forzamiento de

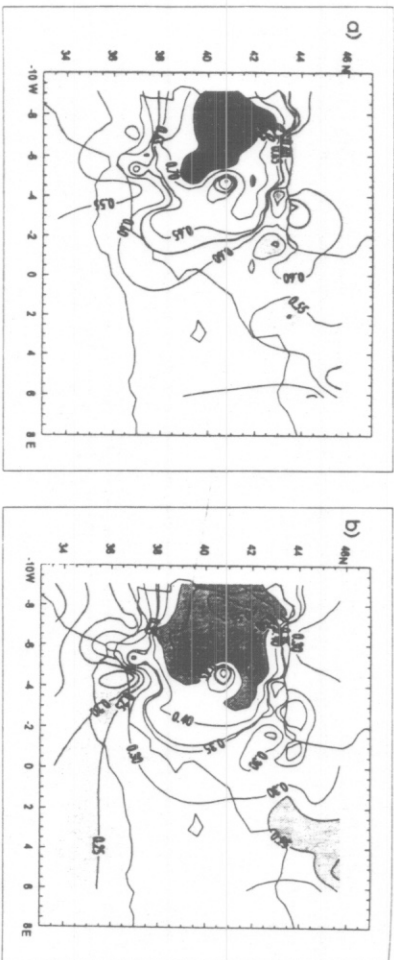


Fig. 4: Distribución espacial de los valores de a) p y b) B entre observaciones y predicciones del MEP en el período de validación.

GEIs y GEIAs en el período 1899-2100. La entrada al MEP fueron las anomalías invernales de dichas PNM's respecto a sus valores medios en la integración de control obtenidos a partir del período 2050-2079 y previamente interpoladas a una red 5° lat. x 5° lon. igual a la de los predictores observacionales (NCAR). Esto proporcionó estimaciones de la precipitación peninsular en el mismo período temporal. La figura 5 muestra las tendencias de dichas predicciones.

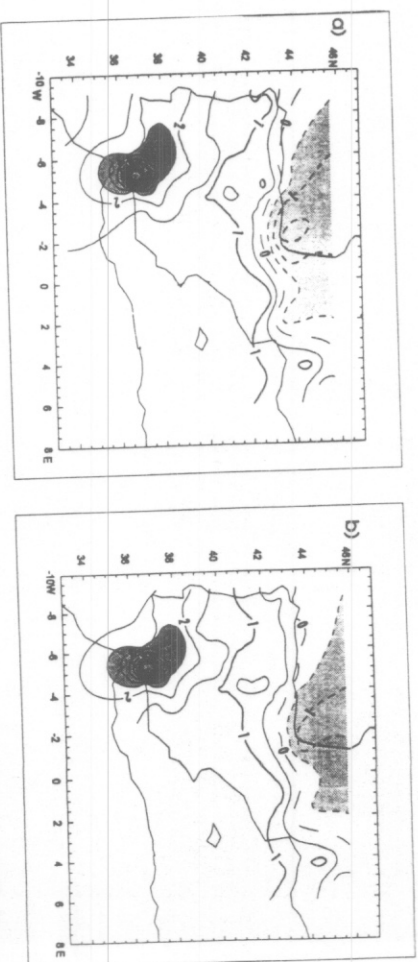


Fig. 5: Tendencias (mm/década) de las predicciones regionales de precipitación obtenidas con el MEP desarrollado a partir de los datos observacionales. Los predictores son las PNM's simuladas por el UKMO en las integraciones con forzamiento GEIs (a) y GEIAs (b) para el período 1899 a 2100.

Destaca el gran parecido entre las predicciones de ambas integraciones debido positivamente al mayor peso relativo de los gases invernadero. Esta similitud constituye en sí misma una validación de los resultados por tratarse de diferentes integraciones. Se obtienen aumentos de precipitación generalizados en casi todo el territorio peninsular con un gradiente meridional que alcanza valores máximos en el sureste, posiblemente por potenciación del efecto orográfico en la sierra de Grazalema. Las tendencias negativas quedan relegadas al litoral cantábrico y Pirineo occidental.

7.2.4.1 Comportamiento de las observaciones

Para finalizar, se comparan las predicciones de precipitación que se acaban de describir con la tendencia secular observada. Este último paso es interesante, puesto que si el comportamiento de los datos observacionales no es análogo al simulado en condiciones perturbadas, podremos desestimar la hipótesis de cambio climático actual. De no ser así y existir similitud entre las tendencias observadas y las predichas, se daría la condición necesaria para la existencia de cambio climático.

La figura 6a muestra las tendencias (mm/década) de la precipitación invernal descrita por la base de datos SED. Pueden observarse tendencias positivas en la mayor parte del territorio peninsular que no coinciden con las predicciones de la figura 5.

La figura 6b presenta los resultados de un estudio de tendencia en dos fases (Hinkley, 1971). Se muestra el cambio de tendencia detectado en la precipitación a lo largo de este siglo. Puede apreciarse una evolución hacia tendencias negativas en el norte y noroeste y positivas en el resto de la península.

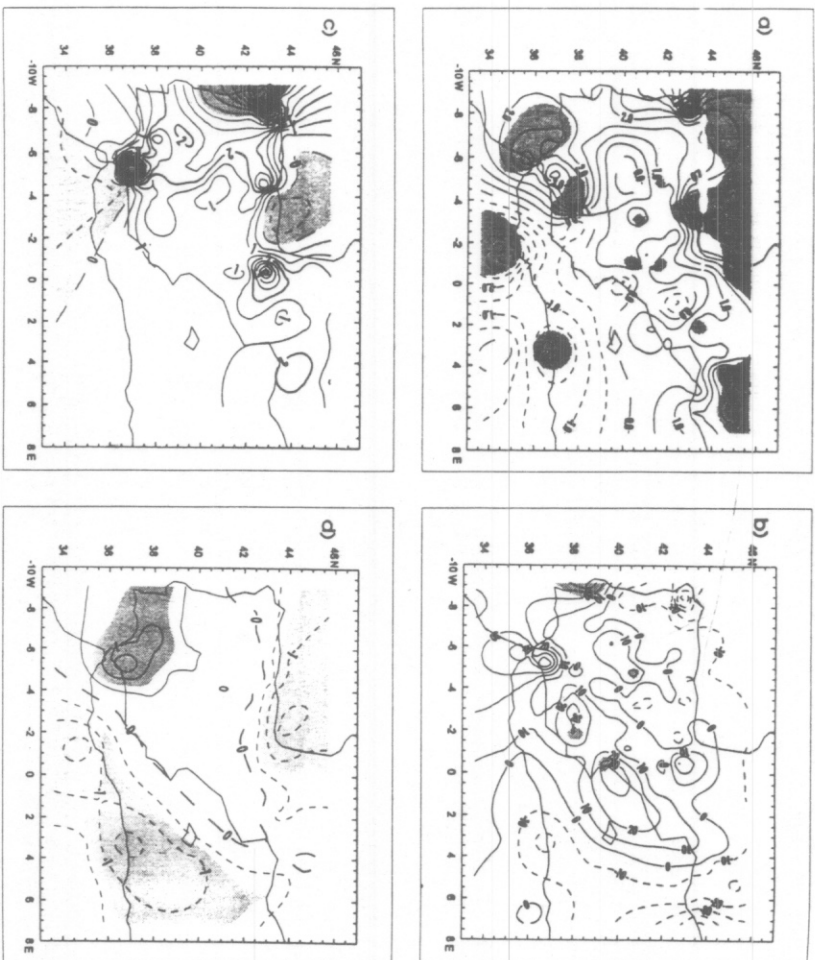


Fig. 6. Tendencias (mm/década) de la precipitación observada: a) variables originales SED, b) cambio de tendencia resultante del análisis con un modelo en dos fases, c) resultantes de las proyecciones sobre los tres primeros vectores canónicos y d) a partir de las predicciones de precipitación utilizando como entrada al MEP las PNM del NCAR.

Para establecer un marco más compable entre predicciones y observaciones se filtraron las precipitaciones invernales de la base de datos SED proyectándola sobre los tres primeros vectores canónicos (figura 3). Las tendencias resultantes muestran un gradiente S-N que evidencia un patrón muy similar al de la figura 5 a medida que nos adentramos más en el siglo XX. La figura 6c muestra los resultados para el período 1929-1989.

Finalmente, se realizaron predicciones de la precipitación peninsular utilizando como entrada al MEP las PNM del NCAR en el período 1899-1989. Las tendencias de estas estimaciones (figura 6d) presentan un gran parecido con las predicciones de la figura 5.

En definitiva, los resultados muestran coincidencia entre la respuesta esperada de la precipitación con forzamiento GEIs y GEIAs y los patrones observados.

7.2.5 CONCLUSIONES

Las conclusiones más sobresalientes se pueden resumir en:

- La predicibilidad absoluta de la precipitación en las escalas espacio-temporales tratadas es mayor en el área de influencia atlántica (centro y oeste peninsular).
- Se demuestra que el MEP desarrollado para esta zona es eficaz en un período de validación.
- Se han detectado tres estructuras que expresan patrones de variabilidad climática asociada entre la precipitación regional y la circulación a gran escala.
- La combinación de MEP y MCG de acuerdo con una metodología PP ha permitido obtener predicciones regionales de La precipitación en condiciones de cambio climático por aumento de gases invernadero y aerosoles antropogénicos: los resultados apuntan disminución de la precipitación en el tercio norte peninsular y aumentos en el resto del territorio.

El comportamiento de la precipitación a lo largo de este siglo presenta una evolución hacia los patrones asociados a cambio climático predichos por el modelo empírico estadístico. Si bien esto no constituye una prueba concluyente de la existencia de cambio climático, no nos permite negar tal posibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- BUDYKO, M. Y., 1991:** "An analog method for estimating future climatic change". *Sov. Meteorol. Hydrol.*, **4**, 24-32.
- CUI, M., H. VON STORCH y E. ZORRITA, 1995:** "Coastal sea level and the large-scale climate state: a downscaling exercise for the Japanese Islands". *Tellus*, **47**, 132-144.
- DÉQUÉ, M y J. PH. PIEDELIÈVRE, 1995:** "High resolution climate simulation over Europe". *Clim. Dynam.*, **11**, 321-339.
- FRAEDRICH, K., C. ZIEHMANN y F. SIELMANN, 1995:** "Estimates of spatial degrees of freedom". *J. Climate*, **8**, 361-369.
- FREY-BUNESS, D. HEIMANN y R. SAUSEN, 1995:** "A statistical-dynamical downscaling procedure for global climate simulations". *Theor. Appl. Climatol.*, **50**, 117-131.

- GONZÁLEZ-ROUCCO, J. F., H. HEYEN, E. ZORITA y F. VALERO, 1997: "Change of large/local scale relationships in a perturbed climate. Validation of the statistical downscaling hypothesis". *Proc. WMO DERF Workshop*. Toulouse 17-21 November.
- GROTCH, S. L., y M. C. MACCRACKEN, 1991: "The use of general circulation models to predict regional climate change". *J. Climate*, 4, 286-303.
- HEYEN, H., J. F. GONZÁLEZ-ROUCCO, F. VALERO y E. ZORITA, 1997: "GCM validation using statistical downscaling. An application to the Iberian Peninsula". *Proc. WMO DERF Workshop*. Toulouse 17-21 November.
- HINKLEY, D. V., 1971: "Inference in two-phase regression". *J. Am. Stat. Assoc.*, 66, 736-743.
- HOUGHTON, J. T., B. A. CALLENDER y S. K. VARNNEY (EDS.), 1992: *Climate Change 1992. The supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press.
- JONES, R. G., J. M. MURPHY y M. NOGUEIR, 1995: "Simulation of climate over Europe using a nested regional-climate model. Y: Assessment of control climate, including sensitivity to location of lateral boundaries". *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, 121, 1413-1449.
- LIVEZEY, R. E., 1995: "The evaluation of forecasts". In *Analysis of climate variability*. H. von Storch y A. Navarra (eds.). Springer Verlag. 177-196.
- MITCHELL, J. F. B., T. C. JOHNS, J. M. GREGORY y S. F. B. TETT, 1995: "Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulphate aerosols". *Nature*, 376, 501-504.
- TRENBERTH, K. E. y D. A. PAOLINO JR., 1980: "The Northern hemisphere sea-level pressure data set: trends, errors and discontinuities". *Mon. Wea. Rev.*, 108, 856-872.
- STORCH, H. VON, E. ZORITA y U. CUBASCH, 1993: "Downscaling of global climate estimates to regional scales: an application to the Iberian rainfall in winter". *J. Climate*, 6, 1161-1171.
- ZORITA, E., KHARIN, V. y STORCH, H. VON 1992: "The atmospheric circulation and the sea surface temperature in the North Atlantic area in winter: their interaction and relevance for the Iberian Peninsula". *J. Climate*, 5, 1097-1110

AGRADECIMIENTOS

La financiación para llevar a cabo este trabajo la proporcionaron la Comunidad Autónoma de Madrid y Fundación Caja de Madrid.

7.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA TEMPERATURA EN CASTILLA Y LEÓN: PRIMEROS RESULTADOS

José Luis LABAJO SALAZAR y Antonio PIORNO HERNÁNDEZ
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

RESUMEN: Se presentan los resultados de un primer análisis de la temperatura máxima media anual en nueve estaciones de la región de Castilla y León. Las series de datos se han elaborado, comprobando su uniformidad y rellenando los huecos que presentan. Los resultados parecen mostrar la existencia de un cambio a comienzos de los años 70, presentando la temperatura, en todos los casos y desde ese momento, una tendencia creciente.

PALABRAS-CLAVE: Cambio climático, temperatura máxima, tendencia, punto de cambio.

ABSTRACT: In this paper the results of an initial analysis of the annual mean maximum temperature in nine points of the region of Castilla and León are presented. The data sets have been elaborated, verifying their uniformity and refilling the hollows. The results seem to show a change in beginning of 70s. The temperature presents, in all cases, an increasing tendency from that moment.

KEY-WORDS: Climate change, maximum temperature, trend, change point.

RÉSUMÉ: On présente les résultats d'un premier analyse de la température maximale moyenne de l'année dans neuf points de la région de Castille et León. Les séries de données ont été élaborées à partir de la comprobation de son uniformité et après avoir rempli les trous qu'elles présentent. Les résultats semblent montrer l'existence d'un point d'inflexion à partir des années 70, élan donné qu'on peut constater, à partir de ce moment et dans tous les cas, une tendance progressive de la température.

MOTS-CLEFS: Changement climatique, température maximale, tendance, point de changement