

ESCENARIOS DE ALTA RESOLUCIÓN PARA EL ESTUDIO DE IMPACTOS CLIMÁTICOS SOBRE SISTEMAS AGRÍCOLAS Y RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS ATLÁNTICAS ESPAÑOLAS

L.Balairón, E.Petisco, J.M^a.Martín y Delfina Gil
Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima
Instituto Nacional de Meteorología
28040 Madrid
e-mail: balairon@inm.es

Palabras claves: Impactos del cambio climático, mejora de la resolución

El estudio de impactos del cambio climático sobre las actividades agrícolas y sobre la gestión de los recursos hídricos, exige una resolución espacial muy superior a la que proporcionan los modelos globales del clima, cuyo orden de magnitud es superior a los 200 Km.

Para resolver este problema se desarrollan en paralelo, técnicas de mejora de la resolución o escalamiento -“down scaling”- dinámicas, estadísticas y mixtas, basadas, respectivamente, en modelos de área limitada, en relaciones estadísticas entre la circulación atmosférica regional y los comportamientos locales de las variables, en generadores de tiempo y en combinaciones de las tres técnicas anteriores.

Se presentan los resultados para las 5 cuencas hidrográficas españolas de la vertiente atlántica (NNW, Duero, Tajo, Guadiana y Guadalquivir) de un método basado en analogías de situaciones sinópticas, que estima valores mensuales de precipitación y de temperaturas máxima y mínima, con resolución cercanas a los 50 km.

Para la estimación de volúmenes de precipitación y de precipitaciones mensuales totales de la cuenca, se presenta otro método, basado en un sistema de indicadores de la circulación general, y se contrasta con el método de los análogos aplicado a las áreas totales de las cuencas.

Como resultados simulados mediante un modelo global del clima, se utilizan los del experimento HadCM2SUL del Centro Hadley del Reino Unido, con una evolución de las concentraciones de dióxido de carbono equivalente del 1% anual y unas concentraciones de aerosoles sulfurosos prescritas en el escenario IS92a del IPCC.

INTRODUCCIÓN

Los modelos globales de clima (MCG) basados en la simulación de las circulaciones generales de la atmósfera y el océano, presentan una resolución insuficiente o inadecuada para adoptar sus resultados como base de los estudios de impacto.

Este problema es especialmente grave en el caso de los escenarios de precipitación, dada la influencia de las condiciones orográficas regionales y locales sobre la misma y la sensibilidad de los resultados de la precipitación ante las distintas hipótesis utilizadas en los experimentos de simulación, tanto en lo que se refiere a los escenarios no climáticos, que determinan los forzamientos radiativos, como en lo que se refiere al tratamiento de las realimentaciones dinámicas consideradas en cada esquema de modelización.

Para superar estas limitaciones se han desarrollado numerosas estrategias de mejora de la resolución (“down scaling”) basadas en técnicas dinámicas, estadísticas y

mixtas. Las técnicas dinámicas consisten en el desarrollo de modelos de clima regional (MCR). Las estrategias estadísticas buscan, en esencia, relaciones empíricas entre los patrones de circulación en escalas del orden de las producidas por los modelos del clima global (MCG) y variables climáticas en superficie, descritas con la máxima resolución posible, en función de la densidad de datos disponibles. Las técnicas utilizadas, tanto dinámicas como estadísticas (generadores de tiempo, funciones de transferencia diversas y tipificación de patrones de circulación atmosférica) tienen en cuenta dos factores: los estados climáticos a gran escala como condicionante general y las características fisiogeográficas locales y regionales que rigen el comportamiento de cada variable en particular (ver IPCC-TAR, (2001)). Existe una importante, aunque no excesiva, bibliografía de revisión del estado de la cuestión que analiza los fundamentos y las limitaciones de estos enfoques (Wilby et al., (1998); Murphy, (1999 y 2000); Zorita y von Storch, (1997 y 1999); ECLAT, (2000a y 2000b) e IPCC-TAR,(2001)).

El trabajo que se presenta es una aplicación de dos técnicas estadísticas, desarrolladas sobre un entorno geográfico que incluye la península Ibérica y las Islas Baleares, y cuya amplitud garantiza la consideración de la casi totalidad de tipos de tiempo que afectan a dichas zonas geográficas. Los datos globales observados proceden del reanálisis NCEP-NCAR de Estados Unidos y de la base de datos del INM. Los datos modelizados tanto para la simulación del clima pasado como para considerar un escenario futuro proceden del experimento HadCM2SUL (Johns et al, (1997)) facilitado a través del proyecto LINK (Viner D., (1996)).

METODOLOGÍAS APLICADAS

A. Metodología “Analog”:

Esta metodología estima para un día dado y a partir de una configuración atmosférica descrita en baja resolución (más de 200 km) de la troposfera baja y media, los campos de precipitación acumulada, temperatura máxima y temperatura mínima (ver Ribalaygua et al. (1999) y Borén et al. (1996, 1997 y 1999)). La resolución obtenida es del orden de 55 km y en el proceso de validación se observaron errores de estimación muy pequeños en las tres variables, excepto en el caso de la precipitación en otoño en el área de Levante. El método capta notablemente la variabilidad interanual de las series estacionales. El método tiene dos pasos operativos. En el primero se buscan en el banco de datos de referencia los días cuyas configuraciones atmosféricas son similares (“análogas”) al día-problema. En el segundo paso, para estimar las precipitaciones, se promedian los valores de los análogos seleccionados. Para estimar las temperaturas, se utilizan adicionalmente, relaciones predictivas que tienen en cuenta el espesor de la troposfera baja sobre el punto de estimación, la insolación potencial del día, la temperatura de días anteriores y el grado de disimilaridad del día problema frente a los análogos.

B. Metodología de “índices” de circulación atmosférica:

Esta segunda metodología, pertenece como la anterior al grupo de las que construyen una función de transferencia entre el comportamiento de la circulación general en distintos estratos de la atmósfera, en una escala de baja resolución, y la distribución geográfica de la variable estudiada en otra escala de mayor resolución. En este caso se ha optado por elegir una entidad geográficamente homogénea como es la “cuenca hidrográfica” para la variable precipitación acumulada, en lugar de una mejora estricta de la resolución reticular.

El método de trabajo parte de la construcción de unos índices, denominados C, S y P que caracterizan la circulación, según las técnicas establecidas por Murray y Lewis

(1966) y desarrolladas por Jones, Hulme y Briffa (1993). Para cada mes del periodo de datos (1947-1988) se obtuvieron los índices de circulación citados relativos a 500 hPa y a superficie.

Inicialmente, se desarrolló este método orientado al estudio de impactos en recursos hídricos y para disponer de un sistema razonablemente sencillo de estudio de sensibilidad de las cuencas a los cambios de patrón de circulación asociados a cada experimento de modelización climática global sobre nuestra zona euroatlántica. En realidad, lo que se consigue es mejorar la atribución de resultados de la precipitación a un espacio geográfico cuya consistencia real es muy superior a la de la “retícula” del modelo y permiten una comparación más rica con los resultados observados.

El método, en particular, relaciona la precipitación en cuencas hidrográficas de la Península Ibérica con los valores de unos índices de circulación derivados del geopotencial y de la presión a nivel del mar. Estas relaciones se aplican a los datos de geopotencial y presión obtenidos en modelos climáticos acoplados de océano-atmósfera para obtener una estima de las precipitaciones en el periodo de salida de los modelos (ver Martín, J.M^a (2001)). Los índices utilizados se basan en el desarrollo de los trabajos sobre índices de caracterización de la circulación establecidos por Murray y Benwell (1970), Jones et al. (1993), Murray y Lewis (1996) y Murphy, J.M. (1999 Y 2000).

Se ha incorporado esta técnica como enfoque estadístico complementario de mejora de la resolución (“down-scaling”), con el fin doble de comparar dos técnicas independientes, que utilizan datos y áreas de evaluación similares, y de obtener datos relativos a entidades geográficas definidas por una característica geográfica común como es la cuenca hidrográfica. Esto permite formular algunas conclusiones acerca de la robusted de las metodologías mismas y ayuda a progresar en el objetivo final de obtención de escenarios regionales.

DATOS Y EXPERIMENTOS UTILIZADOS

Los datos correspondientes a España son de dos tipos.

La metodología “Analog” precisa de datos diarios de precipitación y temperaturas. Para la elaboración de la rejilla de 203 puntos de referencia se han utilizado la casi totalidad de los datos de las redes principal y secundaria del INM, a partir de los cuales se ha realizado una interpolación de cierta complejidad, que busca la obtención de valores representativos del área en lugar de una estimación puntual de la variable.

La metodología de “índices”, por su parte, precisa de valores de precipitación correspondientes a las cuencas, en forma de valores calculados de volúmenes mensuales de precipitación. Para ello, se han utilizado los volúmenes estimados desde 1947 a 1988 en cada una de las 10 cuencas hidrográficas, en el INM.

En ambos casos, los valores de presión en superficie y del geopotencial de 500 hPa proceden del reanálisis de datos mundiales del NCEP-NCAR de los Estados Unidos, para el período 1947-1988, ampliado posteriormente hasta 1998. En cada una de las metodologías se han utilizado ventanas cercanas pero no exactamente coincidentes, que incluyen gran parte de Europa Occidental y del Atlántico Norte y que sitúan en su zona central a la Península Ibérica.

Los datos de simulaciones de clima futuro, proceden del experimento HadCM2-SUL del Centro Hadley y han sido facilitados a través del proyecto LINK (ver Viner (1996)). El modelo utilizado por el conjunto de experimentos HadCM2 es el Modelo Unificado del Centro Hadley, cuya resolución espacial es de 2,5°x 3,75° (latitud por longitud) que, a 45° de latitud, representa una resolución aproximada de 295 km x 278 km. Las hipótesis sobre evolución de forzamientos radiativos corresponden al caso en

que el CO₂ equivalente aumenta según las concentraciones históricas en el período 1860-1989 y a razón de un 1% compuesto anual en el período 1990-2100.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados de ambos métodos resultan razonablemente coincidentes a pesar de la diferencia de su fundamento, y presentan una alta capacidad de reproducción de las evoluciones observadas de las variables tratadas.

Los resultados completos permiten afirmar que: (1) las metodologías de mejora de escala (“down-scaling”) presentadas reproducen con una gran fidelidad los comportamientos observados de temperatura y precipitación en los períodos de referencia utilizados (1961-90 y en otros), lo que da validez a los métodos, salvo en el caso de la precipitación en las zonas mediterráneas de levante y SE en otoño; (2) el experimento HadCM2-SUL utilizado, a pesar de ser uno de los mejores disponibles, no reproduce suficientemente bien los resultados observados en España para la precipitación, lo que limita la validez de las conclusiones de los escenarios futuros para esta variable; (3) El grado de coherencia entre resultados de algoritmos y enfoques diferentes aconseja proseguir desarrollando dichos enfoques, con el fin de reducir sus fuentes de incertidumbre.

Nuestra valoración acerca del futuro inmediato de las técnicas estadísticas de “down scaling”, conduce a las siguientes acciones: (a) Perfeccionar los algoritmos, mediante la consideración de nuevas variables que tengan en cuenta realimentaciones (“feedbacks”) del sistema climático; (b) aplicar los algoritmos actuales o mejorados a los experimentos HadCM3 más recientes y a otros experimentos similares; (c) intercomparar los métodos de obtención de escenarios, para establecer pautas invariantes y discrepancias sistemáticas en escalas regionales (en nuestro caso sobre una parte de la Península Ibérica).

REFERENCIAS

- Borén, R., J.Rivalaygua y L.Balairón (1996): "Daily atmospheric circulation influence on high resolution climatic precipitation fields over Spain: Application to a statistical analogical downscaling method". *Proceedings: "European Conference On Applied Climatology-ECAC I"*: 34-36. Ed. SMHI.
- Borén, R., J.Rivalaygua y L.Balairón (1997): " Método analógico de simulación de escenarios climáticos a escala comarcal". *Informe Técnico nº 4 - Sº de Variabilidad y Predicción del Clima /INM*
- Borén, R., J. Ribalaygua , L.Benito y L.Balairón (1999): “A two step analogical/ regresion downscaling method”. Part I: Description and Validation”.(Enviado a *Climate Research*).
- ECLAT-2 (2000a): “Climate Scenarios for water-related and coastal impacts” on *Workshop Report No.3*. Ed. By J.Beersma, M. Agnew, D.Viner y M.Hulme (A EU Concerted Action Initiative)
- ECLAT-2, (2000b): “Applying climate scenarios for regional studies” on *Workshop Report No 4*. Ed. By S.Planton, C.Hanson, D.Viner y M.Hoepffner
- IPCC-TAR (2001): “Chapter 10: Regional Climate Information - Evaluation and Projections” en “The Climate, 2001: *Third Assessment Report of IPCC*”- WGI. Ed. Cambridge Press.

- Johns, T. C., R. E. Carnell, J. F. Crossley, J. M. Gregory, J. F. B. Mitchell, C. A. Senior, S. F. B. Tett and R. A. Wood, 1997: The Second Hadley Centre coupled ocean-atmosphere GCM: Model description, spinup and validation, *Climate Dynamics*, 13, pp 103-134.
- Jones, P.D., M. Hulme y K.R.Briffa (1993): "A comparison of LAMB circulation types with an objective classification scheme". *International Journal of Climatology* , Vol 13 , pp 665-663.
- Martín, J.M^a. (2001): "Escenarios de precipitación para las cuencas hidrológicas españolas obtenidos por aplicación de un método basado en índices de circulación atmosférica a partir del experimento HadCM2". *Nota Técnica* nº 6 – Sº Variabilidad y Predicción del Clima / INM (en prensa).
- Murphy, J.M.(1999):"An evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate". *J. Climate*, 12, 2256-2284.
- Murphy, J.M.(2000):" Predictions of climate change over Europe using statistical and dynamical downscaling techniques". *Int. J. Climatol.*, 20, 489-501.
- Murray, R., y R. P. W. Lewis (1966): "Some aspects of the synoptic climatology of the British Isles as measured by simple indices". *The Meteorological Magazine* ,Vol 95 , N°1128 , pp 193-203.
- Murray, R., y P. R. Benwell (1970): "PSCM indices in synoptic climatology and long-range forecasting". *The Meteorological Magazine* , Vol 99 , pp 232-244.
- Ribalaygua J, R.Borén y L.Benito (1999): "A two step analogical/regresion downscaling method. Part II: Application to HadCM2SUL output". (Enviado a *Climate Research*).
- Viner D. (1996): "The Climate Impacts LINK Project 1996". *Climate Monitor* Vol. 23 Nos. 3-5
- Wilby, R.L., T.M.L.Wigley, D. Conway, P.D.Jones, B.C.Hewitson, J. Main y D.S. Wilks (1998): "Statistical downscaling of general circulation model output: A comparison of methods", *Water Resources Research*, 34:2995–3008.
- Zorita, E. y H. von Storch (1997): "A survey of statistical downscaling techniques". *GKSS report 97/E/20*
- Zorita, E. Y H. von Storch (1999): "The analog method - a simple statistical downscaling technique: comparison with more complicated methods". *J. Climate*, 12, 2474-2489.

Escenarios de precipitación invernal hasta 2100, para las 10 cuencas hidrográficas de España peninsular, a partir del experimento de cambio climático HadCM2SUL. Medias móviles de 30 años .

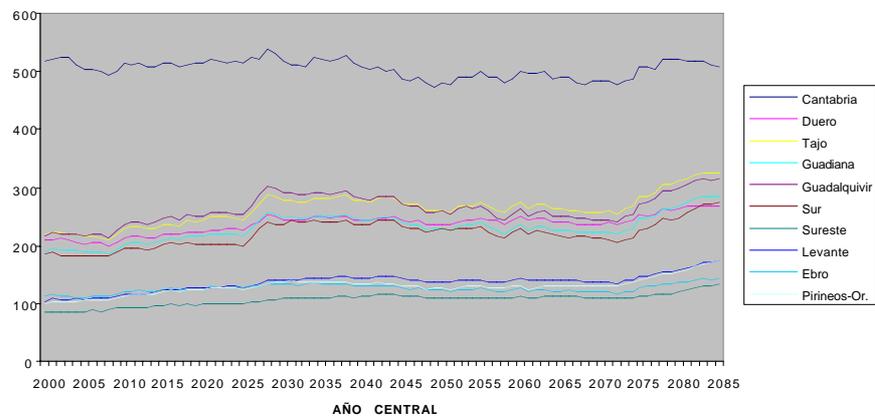


Figura 1 – Evolución de las precipitaciones invernales de las cuencas atlánticas en contraste con las de la vertiente mediterránea, hasta 2100, para el escenario correspondiente al experimento HadCM2SUL del Centro Hadley. El método utilizado es un método basado en situaciones análogas de la circulación regional y las series representadas son medias móviles de 30 años.