

EXTREMOS ESTACIONALES PARA EL S.XXI EN ESPAÑA PENINSULAR: PERIODOS DE RETORNO

AMBLAR-FRANCÉS P., RAMOS-CALZADO P.

Delegación Territorial de AEMET en Andalucía, Ceuta y Melilla (Sevilla),

mamblarf@aemet.es | pramosc@aemet.es

RESUMEN

Los estudios realizados en los últimos años evidencian la existencia del calentamiento global, estando cada vez más aceptado en la comunidad científica. Es conocida la influencia del clima en la sociedad y las diferentes actividades que se desarrollan en el planeta. Por este motivo, resulta de interés la evaluación del cambio climático y de sus impactos sobre distintos sectores y sistemas naturales.

La localización geográfica de España hace que sea un país altamente vulnerable a los impactos del cambio climático y, por ello, es clave para los estudios de impacto y adaptación al cambio climático el análisis de las variaciones en la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos que tienen un marcado impacto sobre la vida y seguridad de las personas y sus bienes. En este trabajo se realiza un enfoque del análisis del clima futuro mediante el cambio en los periodos de retorno para ciertos umbrales de temperatura y precipitación, a escala estacional, para España peninsular. Para ello, se utiliza una colección de datos diarios de temperatura y precipitación a escala local, obtenidos con diferentes métodos de regionalización estadísticos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

A partir de ellos, se obtienen los extremos estacionales de temperatura mínima y de temperatura máxima en el escenario 20c3m (clima actual) y sus periodos de retorno en el clima futuro. Los máximos de las temperaturas extremas tienden a tener periodos de retorno menores y los mínimos mayores.

Palabras clave: periodo de retorno, extremos, cambio climático, temperatura, precipitación.

ABSTRACT

In recent years, studies have shown the existence of global warming, these studies are now widely accepted by the scientific community. It is well known the influence of the climate on society and the different activities taking place on the planet. For this reason, the assessment of climate change and its impact on different sectors and natural systems is of great importance.

Mainland Spain stands out to be one of the most severely affected regions by climate change in the world. Therefore the analysis of both the frequency and intensity changes of extreme climatic events has a marked impact on the life and security of people and properties.

This paper presents an approach to the analysis of the future climate based on the return periods for certain thresholds of temperature and precipitation on a seasonal scale, for peninsular Spain. A collection of daily temperature and precipitation, obtained by different methods of statistical downscaling from the State Meteorological Agency (AEMET), has been used. Thus, the seasonal extreme values of maximum and minimum temperature and their

return period have been obtained in the current and future climate. Maximum values of the extreme temperatures tend to have low return periods and high minimum values. For the maximum and minimum daily temperature, the seasonal maxima tend to be more frequent while the seasonal minima trend to be less frequent.

Keywords: return period, extreme, climate change, temperature, precipitation.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del clima es un campo de investigación complejo y en rápida evolución debido a la gran cantidad de factores que intervienen. El clima de la Tierra nunca ha sido estático, puesto que, debido a las alteraciones en el balance energético, se han producido variaciones en todas las escalas temporales desde decenios a miles y millones de años. En el 5º informe de evaluación del IPCC (IPCC, 2013) se afirma que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y que la influencia humana en este sistema es clara. Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850 y la concentración de CO₂ en la atmósfera ha ido aumentando desde 1750 (IPCC, 2014). Este cambio en el sistema climático lleva consigo cambios en los extremos climáticos, como se recoge en el citado informe.

Los extremos climáticos tienen impactos tanto en los ecosistemas como en las sociedades, revelando su vulnerabilidad y exposición a los mismos. Estos impactos incluyen alteraciones en los ecosistemas, en la producción de alimentos y en el suministro de agua, daños en infraestructuras y asentamientos, mortalidad y morbilidad y, por tanto, en la salud mental y en el bienestar de la sociedad (IPCC, 2014). Por ello, los extremos climáticos han sido muy importantes en diversos contextos de toma de decisiones.

En Europa, con niveles de confianza media y alta, existe ya un riesgo moderado de que aumenten restricciones de agua y de pérdidas económicas y humanas ligadas a eventos extremos de calor, especialmente en la parte sur (IPCC, 2014). Teniendo en cuenta que España se encuentra situada en el extremo sur occidental de Europa, es importante analizar cuál puede ser la evolución futura de este tipo de extremos climáticos.

El conocimiento y la evolución futura del clima requiere el uso de modelos que representen adecuadamente el sistema climático. Sin embargo, estos modelos tienen, actualmente, poca resolución espacial, siendo necesario el uso de técnicas de regionalización para obtener proyecciones de cambio climático a escala local. Además, hay que tener en cuenta que estas proyecciones están afectadas por incertidumbres que proceden de diferentes fuentes y que se propagan en cascada. Por ello, los estudios dirigidos a analizar los cambios futuros del clima deben de utilizar un conjunto de proyecciones que consideren diferentes escenarios de emisiones, diferentes modelos climáticos globales y diferentes técnicas de regionalización.

En trabajos anteriores (Petisco de Lara *et al.*, 2012), se analizó la evolución de algunos índices climáticos de extremos sobre España para el siglo XXI que representan eventos extremos moderados ya que pueden ocurrir varias veces al año. Sin embargo, existe otro modo de abordar este tipo de estudios que permite conocer el comportamiento de los eventos extremos que son menos frecuentes pero que, debido a su intensidad, son relevantes en el dimensionado y diseño de las infraestructuras (Zwiers *et al.*, 2011).

En este trabajo, se estudia el cambio de la frecuencia en los valores máximos y mínimos estacionales de temperaturas y en los máximos estacionales de la precipitación durante el siglo XXI en España peninsular, haciendo uso de la función de distribución generalizada de

valores extremos, GEV. Para ello, se utilizan las proyecciones de clima futuro obtenidas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) a nivel de observatorio. Este conjunto de datos considera tres escenarios de emisiones, 22 modelos climáticos globales y dos técnicas de regionalización, permitiendo realizar un análisis de las incertidumbres.

2. DATOS UTILIZADOS

Se ha utilizado el conjunto de proyecciones regionalizadas, a escala diaria, de temperaturas extremas y precipitación obtenidas por la AEMET (<http://escenarios.aemet.es/>). Estas proyecciones fueron calculadas a partir de los datos de los modelos climáticos globales de los proyectos CMIP3 (Coupled Model Intercomparison Project, phase 3) (IPCC, 2000) y ENSEMBLES (Van der Linden y Mitchell, 2009) para los escenarios de emisiones (SRES) A2, A1B, B1 (Nakicenovic y Swart 2000) y para el escenario 20C3M (20th Century Climate in Coupled Models) que representa al clima del siglo XX. Para ello, se utilizaron las técnicas estadísticas (*downscaling* estadístico) basadas en regresiones múltiples, SDSM, y en el métodos de Análogos (Ramos *et al.*, 2012, Petisco de Lara *et al.*, 2012).

Este conjunto de proyecciones cubren toda la zona de estudio, España peninsular, con datos obtenidos para 359 estaciones termométricas y 2093 estaciones pluviométricas y cuya distribución espacial se muestra en las figuras 3 y 5b, respectivamente. Estas estaciones fueron seleccionadas por la longitud y la homogeneidad de sus series (Brunet *et al.*, 2008).

El análisis del cambio de los extremos se ha centrado en dos periodos futuros, 2046-2065 y 2081-2099, considerando como clima actual el periodo 1961-2000. La selección de estos periodos ha estado condicionada a la disponibilidad de información, especialmente procedente del proyecto CMIP3.

3. METODOLOGÍA

El estudio de los valores extremos de las temperaturas y precipitación realizado se ha basado en la teoría estadística de valores extremos (Coles, 2001; Katz *et al.*, 2002). Esta teoría permite modelizar la cola de las distribuciones de las variables aleatorias, lugar donde se sitúan los valores que tienen poca probabilidad de ocurrencia. Esta probabilidad puede expresarse en términos de periodo de retorno de un evento o tiempo promedio transcurrido desde que se produce un evento hasta que vuelve a repetirse. Así, el periodo de retorno de un valor de una variable viene dado por la inversa de la probabilidad de que se iguale o supere dicho valor.

Se supone que los valores extremos estacionales de cada estación meteorológica tienen una *Distribución de Valores Extremos Generalizada* (GEV), (Zwiers *et al.*, 2011) cuya función de densidad de probabilidad viene dada por:

$$f(y; \mu, \sigma, \xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} (1 + \xi \frac{y - \mu}{\sigma})^{-1-1/\xi} \exp[-(1 + \xi \frac{y - \mu}{\sigma})^{-1/\xi}], & \xi > 0, \quad y > \mu - \frac{\sigma}{\xi} \\ \frac{1}{\sigma} \exp[-\frac{y - \mu}{\sigma} - \exp(-\frac{y - \mu}{\sigma})], & \xi = 0, \quad -\infty < y < \infty \\ \frac{1}{\sigma} (1 + \xi \frac{y - \mu}{\sigma})^{-1-1/\xi} \exp[-(1 + \xi \frac{y - \mu}{\sigma})^{-1/\xi}], & \xi < 0, \quad y < \mu - \frac{\sigma}{\xi} \end{cases} \quad (1)$$

donde μ es el parámetro de localización, σ el parámetro de escala y ξ el parámetro de forma, que gobierna la cola de la distribución. Esta función engloba las distribuciones de Fréchet (ξ

> 0), Gumbel ($\xi=0$) y Weibull ($\xi < 0$), siendo una distribución para máximos. La función de valores extremos generalizada para mínimos se puede obtener sustituyendo y por $-y$ y restándola de 1.

Los tres parámetros de esta distribución son libres, ello implica que para obtener ajustes válidos se debe de disponer de series temporales largas (Zwiers *et al.*, 2011). Su estimación se ha realizando mediante la técnica de los L-momentos (Zwiers *et al.*, 2011) utilizando el paquete estadístico R (<http://www.r-project.org>). Esta técnica es más simple que la del método de máxima verosimilitud pero tiene la desventaja de no ser capaz de incorporar técnicas covariantes. No obstante, es una técnica ampliamente aplicada en hidrología (Katz *et al.*, 2008). La bondad de los ajustes realizados se ha evaluado mediante el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (Kharin y Zwiers, 2007) que compara la función de distribución empírica con la función de distribución ajustada a los datos.

En primer lugar, se han obtenido los parámetros de las funciones GEV para los máximos estacionales de las temperaturas máximas y mínimas y de la precipitación para el periodo considerado como el clima actual (1961-2000) y para los dos periodos de clima futuro, uno a mediados del siglo XXI, 2046-2065, y otro hacia finales de siglo, 2081-2099, evaluando la calidad de cada ajuste. También se han obtenido las funciones GEV para los mínimos de las temperaturas extremas diarias de estos tres periodos. Este tratamiento se ha realizado para cada una de las 87 proyecciones de cambio climático, al objeto de estimar las incertidumbres asociadas, y para cada uno de los observatorios.

A partir de estas distribuciones se ha analizado:

1. Las variaciones de los parámetros de las distribuciones GEV asociadas al clima futuro con respecto a las del clima actual.
2. Las variaciones, con respecto al clima actual, del valor de la variable que tiene un periodo de retorno de 20 años en los dos periodos futuros analizados. La frecuencia que tendrá en el futuro los valores de las variables que, en el clima actual, se dan, en promedio, una vez cada 20 años.

4. RESULTADOS

Para el análisis estacional realizado en este trabajo se han considerado las estaciones tal y como se utiliza dentro del campo de la climatología. Así, el invierno está formado por los meses de diciembre, enero y febrero, la primavera incluye los meses de marzo, abril y mayo, el verano lo forman los meses de junio, julio y agosto y el otoño lo componen los meses de septiembre, octubre y noviembre. Se comenzará analizando el cambio de los extremos de la temperatura máxima diaria, seguido del análisis de los cambios en la temperatura mínima diaria y finalizando con el estudio de la precipitación.

4. 1. Temperatura máxima

Las funciones de distribución, tanto de los máximos como de los mínimos de esta variable, cambian respecto a la distribución del clima actual para todas las estaciones del año, como se extrae de la figura 1a y 1b, en la que sólo se han representado los valores del escenario SRES A2 para finales de siglo. Todas ellas se desplazan hacia valores más altos de la variable al aumentar su parámetro de localización, en consonancia con el calentamiento que proyectan los modelos climáticos del sistema. En cuanto a su forma, los mayores cambios se obtienen

para los máximos de primavera y para los mínimos del otoño y del verano, observándose poca variación en el invierno. En estos casos la distribuciones futuras tienen colas más extensas que las del clima actual. También se aprecia un aumento de incertidumbre en el parámetro de forma para finales de siglo.

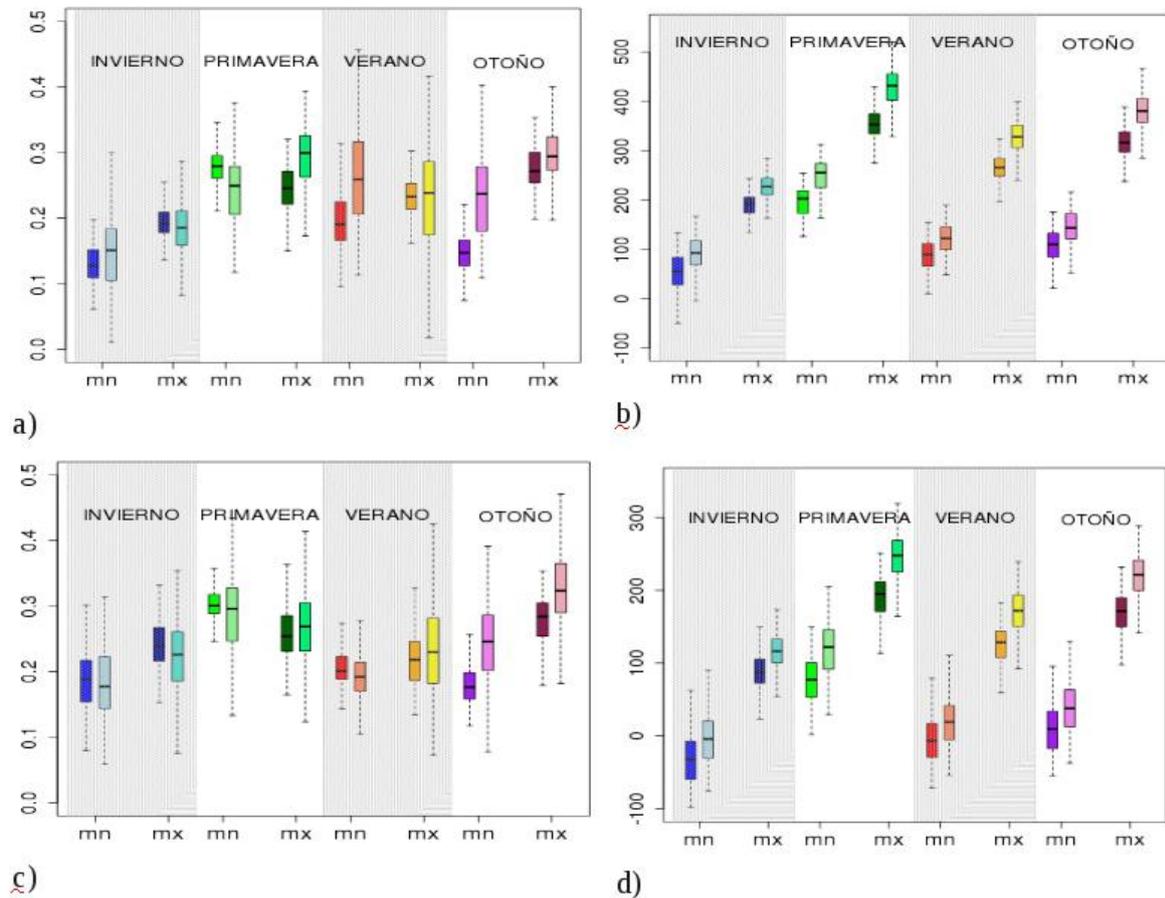


Figura 1: Diagramas de barras con los valores que toman los parámetros de forma (a, c) y de localización (b, d) de la distribución GEV de los máximos (mx) y los mínimos (mn) estacionales de la temperatura máxima (fila superior) y de la temperatura mínima (fila inferior) diaria, de todos los observatorios en el clima actual y a finales del siglo XXI (2081-2099), para el escenario SRES A2 y método SDSM. Para cada caso, la barra de la izquierda corresponde al clima actual y la de la derecha al clima futuro.

Este cambio en las funciones de las distribuciones hacia valores más elevados de temperatura nos indica que los valores más altos tendrán a ser más frecuentes en el futuro, mientras que los valores mínimos tendrán a ser menos frecuentes, como se observa en la figura 2, donde se representan los periodos de retorno que, en el clima futuro, tendrán los valores de máximos y mínimos que, en el clima actual, se presentan una vez cada 20 años. El aumento de la frecuencia de los máximos es mayor en los escenarios más emisivos. Así, para mediados de siglos, el periodo de retorno pasa a estar entorno a los 5 años y para finales tienden a tener una frecuencia anual en casi todas las estaciones analizadas, al disminuir apreciablemente la dispersión. Estos valores concuerdan con los resultados mostrados de otros trabajos (Kharin y Zwiers, 2007; Zwiers *et al.*, 2011) para el área mediterránea y el sur de Europa. Por el contrario, para los valores mínimos, existe un aumento progresivo de periodos de retorno, más acusado para los escenarios más emisivos, pasando de 20 años en el clima actual a valores superiores a los 70 años para finales del siglo XXI. A diferencia de los valores máximos, estos

valores tienen más variabilidad espacial.

Del análisis espacial, los valores que, en promedio, se presentan una vez cada 20 años (figura 3a) aumentan más en la zona interior que en el litoral. Así, para finales de siglo y para el escenario más emisoro (SRES A2), este valor se incrementará entre 6 y 10°C en las zonas del interior y entre 2 y 6°C en el litoral. Los valores mínimos tienen un incremento inferior (entre 2 y 6°C) en el interior peninsular (figura no mostrada).

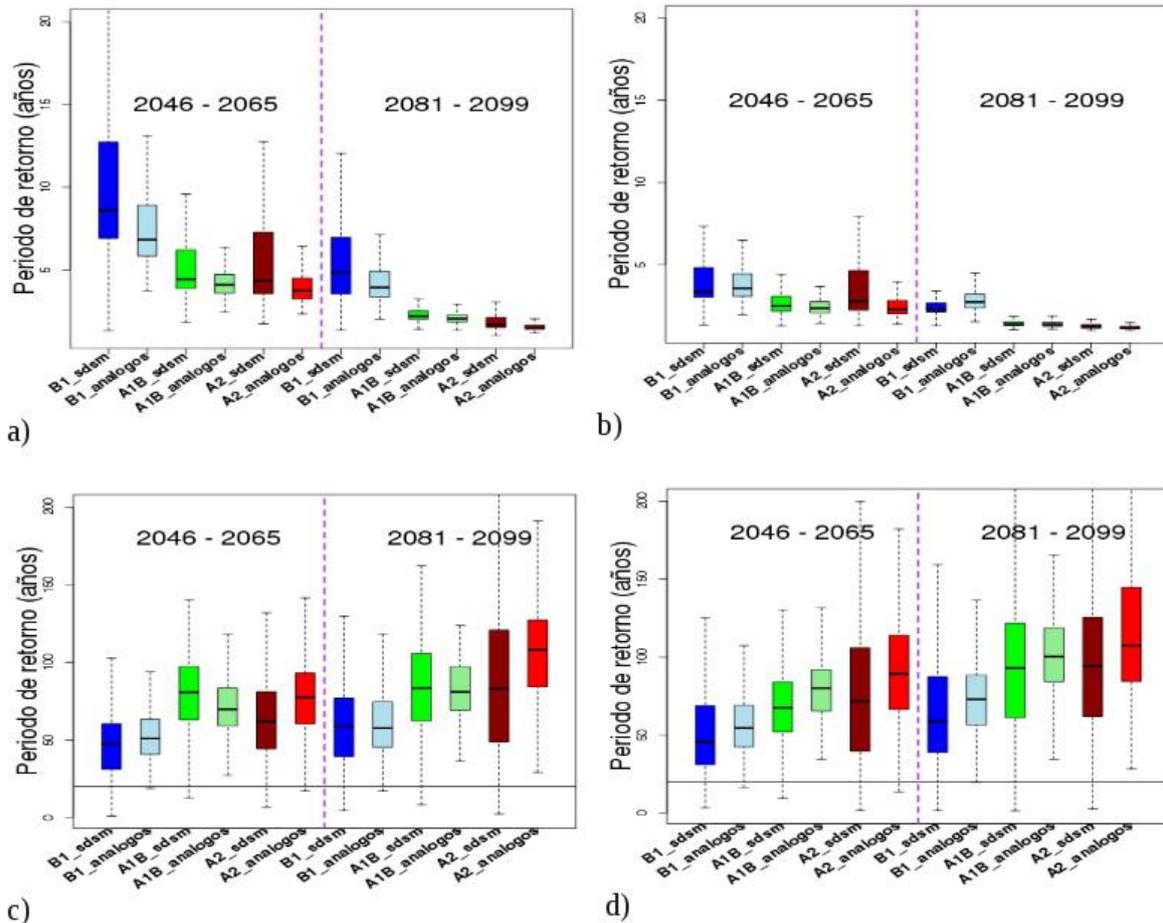


Figura 2: Diagramas de barras, por escenario y técnica de regionalización, de los periodos de retorno para mediados y finales del siglo XXI del valor máximo (a y b) y el valor mínimo (c y d) de la temperatura máxima diaria con una frecuencia promedio de una vez cada 20 años en el clima actual, para las estaciones de primavera (izquierda) y otoño (derecha).

4.2. Temperatura mínima

Los parámetros de localización de las distribuciones ajustadas, tanto de los valores máximos como de los valores mínimos estacionales de esta variable, son mayores para el clima de finales de siglo que para el clima actual, en todas las estaciones (figura 1c y 1d), al igual que se ha obtenido para las temperaturas máxima diarias. Este resultado está en consonancia con un calentamiento del sistema climático. Sin embargo, el parámetro de forma presenta menos cambio, solo en el otoño se tienen mayores cambios tanto en los valores máximos como en

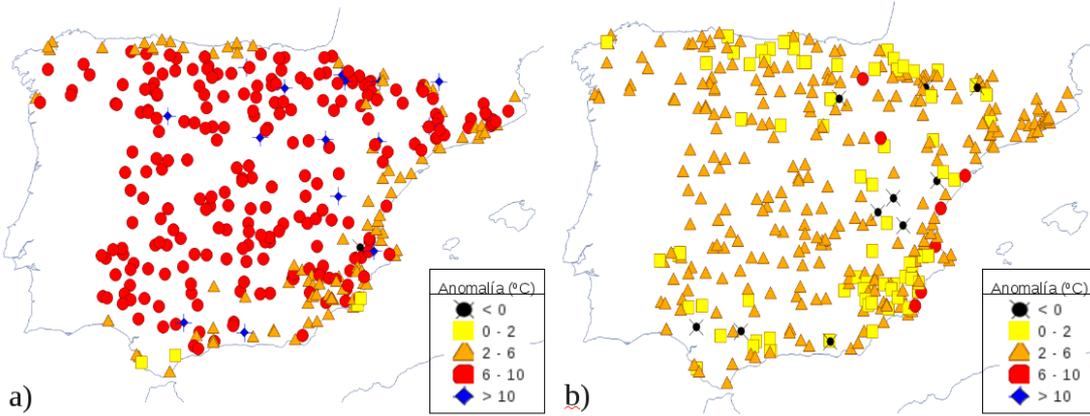


Figura 3: Distribución espacial de la anomalía, respecto del clima actual, de los máximos primaverales de la temperatura máxima (a) y de los mínimos primaverales de la temperatura mínima (b), con un periodo de retorno de 20 años, para el periodo 2081-2099 y bajo el escenario SRES A2.

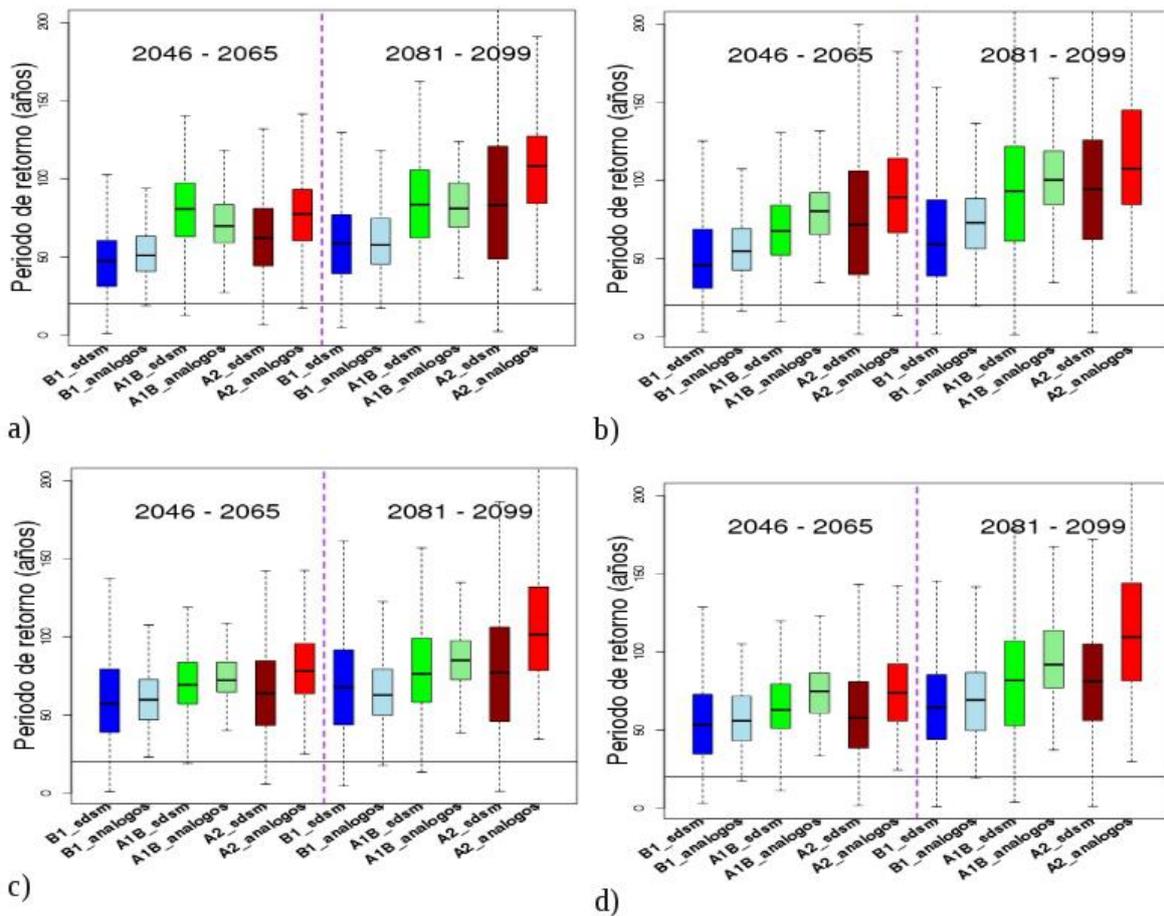


Figura 4: Diagramas de barra, por escenarios y técnica de regionalización, de los periodos de retorno para mediados y finales del siglo XXI del valor máximo (a y b) y el valor mínimo (c y d) de la temperatura mínima diaria que, en el clima actual, tiene periodo de retorno de 20 años, para las estaciones de primavera (izquierda) y otoño (derecha).

los mínimos. En ambos casos, las distribuciones tienden a tener colas con caídas menos abruptas.

De nuevo, se observa un aumento apreciable de la frecuencia de los valores máximos de la temperatura mínima en todos los escenarios, con menos dispersión espacial para finales del XXI. Así, para mediados de siglo y para el escenario más emisivo el periodo de retorno pasa de 20 años a menos de 5 años y para finales de siglo tiene ya una frecuencia casi anual. Esta variación es mayor en otoño. En cuanto a los valores mínimos existe una disminución apreciable de la frecuencia en todos los escenarios, siendo más acusada bajo los escenarios más emisivos. Así, un valor que tiene una frecuencia promedio de una vez cada 20 años pasará a darse una vez cada 50 años o más.

En general, estos cambios no se dan por igual en todas las zonas, siendo mayor en el interior peninsular que en el litoral, con variaciones, con respecto al clima actual entre 2 y 6°C, tanto para los valores máximos como los mínimos primaverales (figura 3b, sólo se muestran los valores mínimos)

4.3. Precipitación

Atendiendo a los parámetros que caracterizan las distribuciones GEV, de los valores máximos estacionales de precipitación obtenidos para cada observatorio, no se aprecian variaciones significativas entre el periodo actual y el futuro para ninguna de las cuatro estaciones del año, ya que estos muestran una gran dispersión. Sin embargo, al analizar el cambio en el periodo de retorno del valor que, en el clima actual, se presenta una vez cada 20 años, se aprecia, en general, una ligera tendencia a su disminución aunque debe indicarse que la dispersión es grande; en promedio, estos valores pasarán a producirse una vez cada 10 años. Como se observa en la figura 5a existen modelos que, para algunos observatorios, en lugar de mostrar una reducción, muestran un aumento de este parámetro.

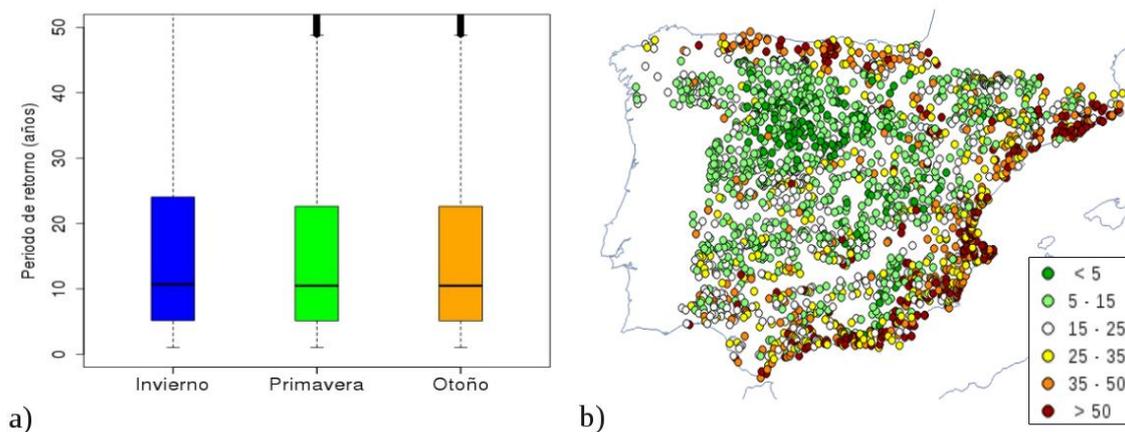


Figura 5: a) Diagrama de barras con los valores de los periodos de retorno estacionales de la precipitación en el escenario SRES A2 para 2081-2099. b) Distribución espacial en 2081-2099 del periodo de retorno de los máximos primaverales que, en el clima actual, se producían al menos una vez cada 20 años, bajo el escenario SRES A2.

Espacialmente (figura 5b), gran parte del interior peninsular (en la meseta norte) presenta una ligera tendencia al aumento de la frecuencia de las precipitaciones intensas, pasando los periodos de retorno de 20 años a valores por debajo de 15 años para el escenario SRES A2 y para finales del siglo XXI, según la técnica SDSM. En invierno y en otoño, se obtiene una disminución del periodo de retorno en la zona interior de la mitad norte y este peninsular y un aumento notable en el suroeste y el litoral mediterráneo.

5. CONCLUSIONES

Las distribuciones tanto de los valores máximos como de los valores mínimos estacionales de las temperaturas son diferentes en el clima actual y en el clima futuro, existiendo un aumento en el parámetro de localización para el clima futuro. Esto significa un desplazamiento de los valores extremos hacia valores más altos. Esto conlleva, un aumento de la frecuencia de los valores máximos estacionales de temperatura y una disminución para los valores mínimos, en todas las estaciones del año. Estas diferencias son más acusadas para los escenarios más emisivos y para finales del siglo XXI. Valores máximos con periodos de retorno de 20 años en el clima actual pasarán a tener periodos de retorno inferiores a 5 años a finales de siglo. Obteniéndose los valores más bajos de periodo de retorno en verano.

La frecuencia de los valores mínimos estacionales de las temperaturas máximas y mínimas disminuye apreciablemente. En este caso, los periodos de retorno obtenidos llegan a ser superiores a 50 años en todas las estaciones.

En lo que respecta a la precipitación, no existe diferencia significativa entre los parámetros que caracterizan las distribuciones del clima actual y futuro. Así, los periodos de retorno obtenidos no muestran variaciones significativas globalmente, aunque existen áreas con mayor concordancia. En estas áreas, se aprecia una ligera tendencia al aumento de la frecuencia de estas precipitaciones intensas. En promedio, se observa una ligera tendencia al aumento de precipitaciones intensas en el interior peninsular para todas las estaciones del año.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a María Jesús Casado Calle, María Asunción Pastor Saavedra y Ernesto Rodríguez Camino sus comentarios y sugerencias.

7. REFERENCIAS

- Brunet, M., Casado, M.J., de Castro, M., Galán, P., López, J.A., Martín, J.M., Pastor, A., Petisco, E., Ramos, P., Ribalaygua, J., Rodríguez, E., Sanz, I. y Torre, L. (2008). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*. Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino. Madrid. 165 pp. ISBN: 978-84-8320-470-2.
- Coles, S. (2001). *An introduction to statistical modeling of extreme values*. Springer Series in Statistics. Springer Verlag London. 208 pp.
- Frías, M.D., Mínguez, R., Gutierrez, J.M. y Méndez, F.J. (2012). *Extremes of maximum temperatures over Iberian from Ensembles Regional Projections*. Cambio climático. Extremos e impactos. Rodríguez Puebla, C., Ceballos Barbancho, A., González Reviriego, Enrique Morán Tejeda y Ascensión Hernández Encinas (Eds.). Publicaciones AEC. Serie A, nº 8. Salamanca, 998 pp. ISBN: 978-84-695-4331-3

- Gumbel E. J. (1958) *Statistics of extremes*. Columbia University Press. New York. 375 pp.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S.D., Qin, M., Manning, Z., Chen, M., Marquis, K.B., Averyt, M., Tignor y H.L. Miller (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 996 pp.
- IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, y P.M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- IPCC (2013). *Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK y Nueva York, USA. 27 pp.
- IPCC (2014). *Summary for policymakers. In Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M.Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L. L. White (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 32 pp.
- Katz, R.W., Parlange, M.B. y Naveau, P. (2002). Statistics of extremes in hydrology. *Advances in Water Resources*, Vol.25, 1287-1304 pp.
- Kharin, V. V, Zwiers, F. W., Zhang, X., y Wehner, M. (2013). *Changes in temperature and precipitation extremes in the CMIP5 ensemble*. *Climatic Change*, Vol.119, 345–357 pp. DOI:10.1007/s10584-013-0705-8
- Kharin, V. V., y Zwiers F. W. (2005). *Estimating extremes in transient climate change simulations*. *Journal of Climate*, Vol.18, 1156–1173 pp.
- Nakicenovic, N. y Swart, R. (Eds.) (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press; Cambridge, UK and New York, USA. 570 pp.
- Petisco de Lara, S. E., Ramos-Calzado, P. y Martín-Herreros, J. M. (2012). *Extremos de temperaturas y precipitación para el siglo XXI en España*. *Cambio climático. Extremos e impactos*. Rodríguez Puebla, C., Ceballos Barbancho, A., González Reviriego, Enrique Morán Tejada y Ascensión Hernández Encinas (Eds.). Publicaciones AEC. Serie A, nº 8. Salamanca, 998 pp. ISBN: 978-84-695-4331-3.
- Ramos, P., Petisco, E., Martín y J. M., Rodríguez, E. (2012) *Downscaled climate change projections over Spain: application to water resources*, *International Journal of Water Resources Development*. DOI:10.1080/07900627.2012.721700
- Ramos-Calzado, P. y Rodríguez-Camino, E. (2011). *Temperature and precipitation extremes over Spain for the 21st century*. *EMS Annual Meeting Abstracts*. Vol.8. EMS2011. 11th EMS/10th ECAM.
- Van der Linden P. y Mitchell, J.F.B. (Eds.) (2009). *ENSEMBLES: Climate Change and its impacts: Summary of research and results from ENSEMBLES project*. MetOffice Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1, 3PB, UK. 160 pp.
- Zwiers F. W., Zhang X. y Feng Y. (2011). *Anthropogenic Influence on Long Return Period Daily Temperature Extremes at Regional Scales*. *Journal of Climate*, Vol.24., 881-892 pp. DOI: 10.1175/2010JCLI3908.1