

# Evolución de la precipitación extrema en España mediante regionalización estadística de modelos climáticos del CMIP5

Robert Monjo<sup>(1)</sup>, Emma Gaitán<sup>(1)</sup>, Javier Pórtoles<sup>(1)</sup>, Luis Torres<sup>(1)</sup>, Jaime Ribalaygua<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Fundación para la Investigación del Clima.

C/ Tremps 11, Madrid 28040, Telf: +34915210111, e-mail: [fic@ficlima.org](mailto:fic@ficlima.org)

La gran variabilidad natural de la precipitación se refleja notablemente en el carácter irregular del clima mediterráneo. La baja frecuencia de los días de precipitación contrasta con unas lluvias que a menudo son intensas y en algunos casos pueden llegar a ser extraordinarias, con más de 400 mm en un día. El objetivo de este trabajo es estudiar la evolución de las precipitaciones extremas en España durante los próximos 100 años mediante el uso de varios modelos climáticos del experimento CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). En este estudio se analizan 18 proyecciones climáticas correspondientes a 9 modelos (Tabla 1) ejecutados bajo los escenarios RCP45 y RCP85, y se comparan con la simulación *historical* (Taylor *et al.*, 2009). Las proyecciones fueron regionalizadas mediante un método estadístico de dos pasos, basado en una estratificación analógica y una función de transferencia (Ribalaygua *et al.*, 2013).

| Nombre                 | Institución  |
|------------------------|--|
| BCC-<br>CSM1-1         | Beijing Climate Center (BCC), China<br>Meteorological Administration   |
| CanESM2                | Canadian Centre for Climate<br>Modelling and Analysis (CC-CMA)   |
| CNRM-<br>CM5           | Centre National de Recherches<br>Météorologiques / Centre Européen<br>de Recherche et Formation Avancées<br>en Calcul Scientifique (CNRM-<br>CERFACS)                                  |
| GFDL -<br>ESM2M        | Geophysical Fluid Dynamics<br>Laboratory (GFDL)  |
| HADGEM<br>2-CC         | Met Office Hadley Centre (MOHC)  |
| MIROC-<br>ESM-<br>CHEM | Japan Agency for Marine-Earth<br>Science and Technology<br>(JAMSTEC), Atmosphere and Ocean<br>Research Institute (AORI), and<br>National Institute for Environmental<br>Studies (NIES) |
| MPI-ESM-<br>MR         | Max Planck Institute for Meteorology<br>(MPI-M)  |
| MRI-<br>CGCM3          | Meteorological Research Institute<br>(MRI)   |
| NorESM1-<br>M          | Norwegian Climate Centre (NCC)   |

Tabla 1.- Los nueve modelos climáticos del experimento CMIP5 utilizados para este estudio.

Se seleccionaron las 144 series temporales que presentan la pluviometría más extrema de un total de 5.217 estaciones de la red estatal de la AEMET. Como umbral extremo, se tomó la acumulación de 250 mm en un día para un período de retorno de 100 años. Las series observadas se extendieron usando el reanálisis ERA40 regionalizado y, posteriormente, las observaciones extendidas se utilizaron para corregir las proyecciones climáticas de acuerdo con un método paramétrico de transferencia cuantil-cuantil (Monjo *et al.*, 2013). Para todos los análisis o ajustes de las distribuciones de probabilidad, se utilizaron cinco distribuciones teóricas: Gamma, Weibull, Gumbel Clásica, Gumbel Opuesta y la Log-Logística modificada por Moncho *et al.* (2012).

Tanto la extensión como la corrección de las series temporales y la estimación de los periodos de retorno se realizaron ajustando las funciones teóricas a las distribuciones empíricas de probabilidad acumulada. La precipitación extrema se definió como la precipitación esperada de acuerdo a varios periodos de retorno: 10, 20, 50 y 100 años. En particular, el periodo de retorno ‘y’ asociado a una precipitación ‘p’ viene dado por:

$$y(p) = \frac{1}{1 - \pi(p)} \quad (1)$$

donde  $\pi(p)$ , es la probabilidad acumulada para la precipitación ‘p’, de acuerdo con la distribución teórica ajustada en cada caso. Finalmente, la estimación de la precipitación extrema  $p(y)$  se obtiene a partir de una media ponderada de las 5 distribuciones teóricas ajustadas  $\pi_k$ , es decir:

$$p(y) = \frac{1}{\sum_j \frac{1}{MNAE_j^2}} \sum_k \frac{\pi_k^{-1}(y)}{MNAE_k^2} \quad (2)$$

donde  $MNAE_i$  es el Error Absoluto Normalizado Medio de la precipitación obtenida por cada distribución teórica, comparando cuantil a cuantil con la distribución acumulada de la probabilidad empírica.

Las precipitaciones extremas obtenidas a partir de las simulaciones climáticas *historical* (período 1951-2000) son subestimadas hasta un 75% respecto a las series observadas. Después de la corrección de las distribuciones de probabilidad simuladas, el sesgo de

la precipitación extrema se redujo notablemente hasta situarse entre -12 y +12%.

Los resultados en los cambios relativos proyectados son similares (en términos de signo y valor) para los cuatro periodos de retorno analizados. Las proyecciones climáticas analizadas muestran que los cambios en los patrones de lluvia extremos serán generalmente *no significativos* en comparación con la variabilidad natural (Fig. 1). Sin embargo, en algunas regiones de la Comunidad Valenciana, se detectó alguna señal de cambio climático en las precipitaciones extremas para el período 2051-2100 en comparación con el período 1951-2000. Estos resultados deben ser interpretados con precaución debido al número limitado de modelos y escenarios climáticos; de todos modos, este trabajo muestra que la metodología desarrollada es útil para el estudio de las precipitaciones extremas bajo varios escenarios climáticos.

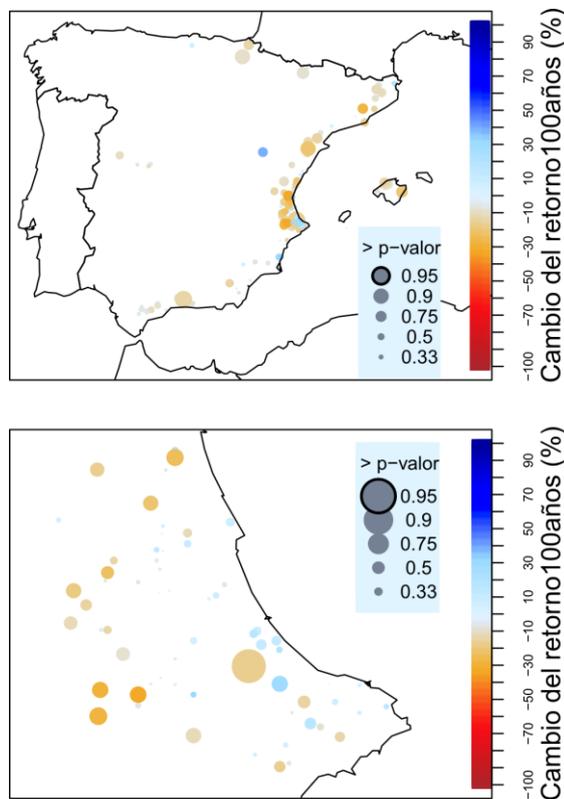


Fig. 1.- Cambio de la precipitación extrema asociada a un período de retorno de 100 años, y significancia estadística (p-valores) del cambio esperado, de acuerdo con el escenario RCP85. La comparación se realiza entre el período 2051-2100 y 1951-2000. En el panel inferior, detalle de la zona más densa (Valencia).

## Referencias

Moncho R, Caselles V, Chust G (2012) Alternative model for precipitation probability distribution: application to Spain. *Clim Res* 51: 23-33, doi: 10.3354/cr01055.

Monjo R, Caselles V, Chust G (2013) Probabilistic correction of RCM precipitation in the Basque Country (Northern Spain). *Theor Appl Climatol*, in press. DOI: 10.1007/s00704-013-1008-8.

Ribalaygua J, Torres L, Pórtoles J, Monjo R, Gaitán E, Pino MR (2012) Description and validation of a two-step analogue/regression downscaling method. *Theor Appl Climatol* 114: 253-269, DOI 10.1007/s00704-013-0836-x.

Taylor KE, Stouffer RJ, Meehl GA (2012): An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull Amer Meteor Soc* 93: 485-498. doi: 10.1175/BAMS-D-11-00094.1