

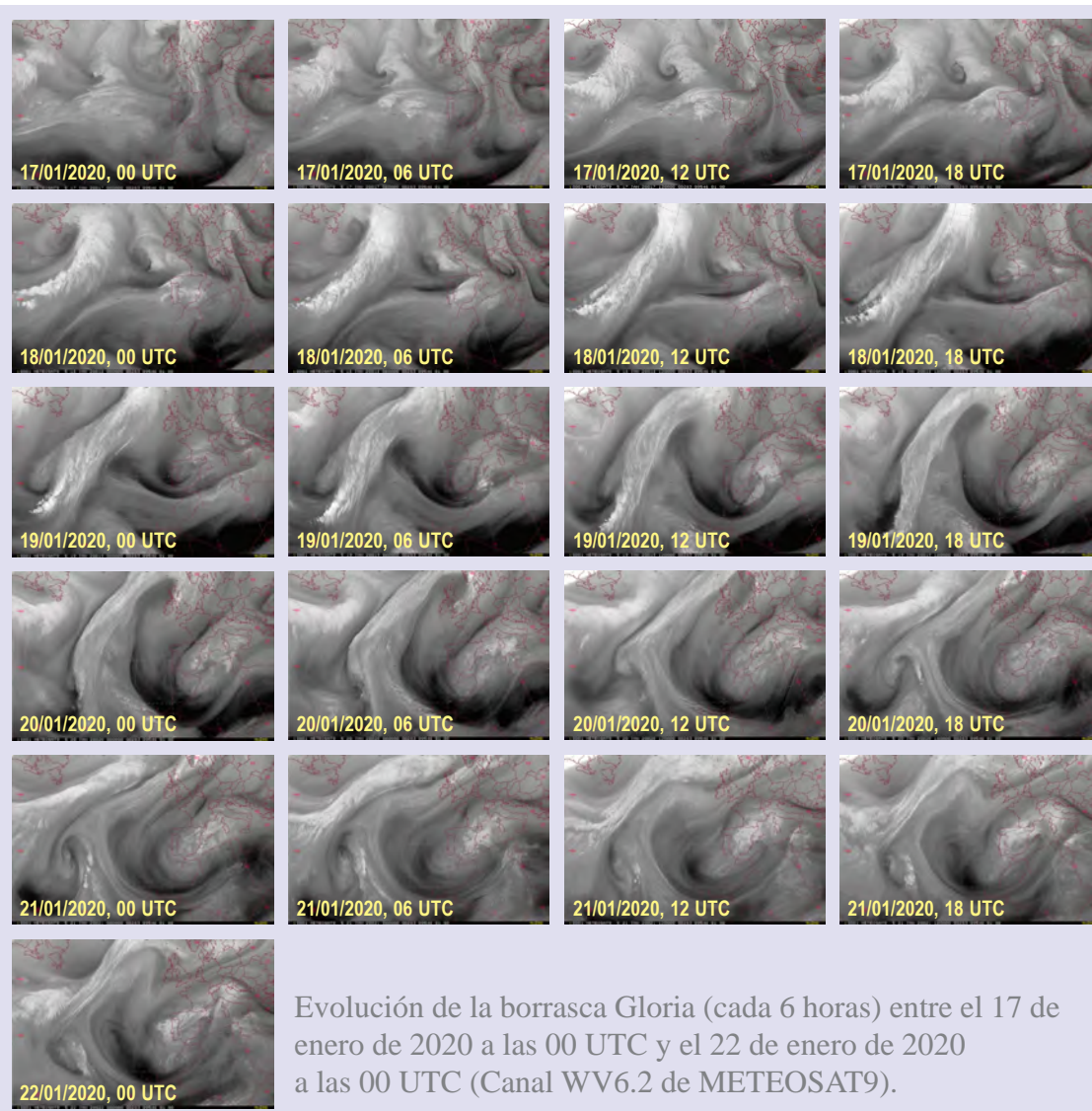
¿HA SIDO GLORIA LA MAYOR BORRASCA MEDITERRÁNEA DE LOS ÚLTIMOS TIEMPOS?

Peio Oria Iriarte

Delegación Territorial de AEMET en Navarra



(publicado en el blog de AEMET el 31 de mayo de 2020)



Los últimos años hemos asistido a eventos extremos de precipitación en el Mediterráneo debido fundamentalmente al efecto que han provocado profundas depresiones aisladas en niveles altos (danas) al aproximarse al sur y este de la Península. Un caso reciente fue protagonizado por la borrasca Gloria en enero de 2020. Estos temporales, catalogados como históricos por batir de forma consecutiva registros máximos de uno o varios fenómenos meteorológicos en zonas extensas, nos llevan hasta enero de 2017 y sus intensas nevadas en el interior de la Comunidad Valenciana y en provincias limítrofes, pasando por el verano de 2018, que batió el récord estival de descargas eléctricas.

En octubre de ese año se produjeron, en dos eventos independientes, la fatídica inundación rápida en Sant Llorenç (Mallorca) y el récord absoluto registrado de máxima intensidad de precipitación en una hora en Vinaròs (Castellón), con 159,2 l/m² acumulados. Entre el 11 y el 15 de septiembre de 2019 tuvo lugar un episodio en el que 7 personas perdieron la vida como consecuencia de las lluvias torrenciales. Otras situaciones en octubre y diciembre del pasado año junto a la citada Gloria completan los seis meses con una mayor cantidad de precipitación asociada a extremos en el Mediterráneo durante las últimas décadas. Para más información en referencia a los impactos causados por Gloria y la cadena de temporales mediterráneos de finales de 2019 puedes consultar los siguientes enlaces de la web de AEMET:

*http://www.aemet.es/es/conocermas/borrascas/2019-2020/estudios_e_impactos/gloria
http://www.aemet.es/es/noticias/2020/01/Tres_temporales_mediterraneos_en_9_meses*

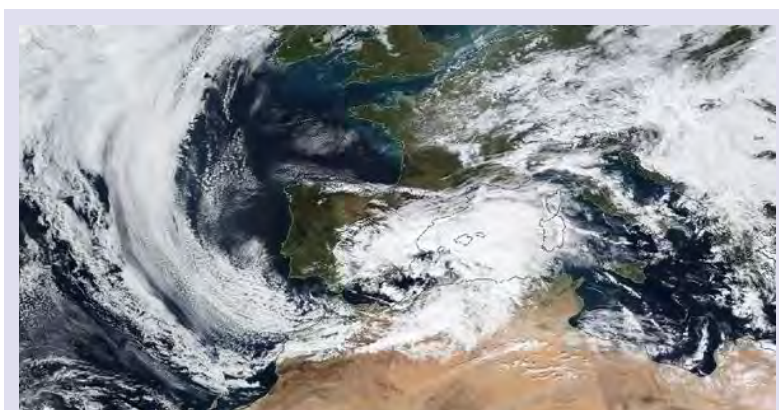


Figura 1. Gloria el día 19 de enero a mediodía, con su centro situado entre Ibiza y el cabo de la Nao (imagen MODIS del satélite SUOMI-NPP).

Las tendencias observadas en el Mediterráneo

El litoral mediterráneo español se caracteriza por ser una región que presenta una compleja orografía, una gran variabilidad climática y que está situado en una zona de transición dinámica entre la circulación subtropical y la de latitudes más templadas, además de la influencia que ejerce una gran masa de agua como es el mar Mediterráneo (MERINO, 2016; HERTIG, 2014).

Si bien es cierto que las precipitaciones extremas y las consecuentes inundaciones en cauces y torrentes son fenómenos intrínsecamente ligados al mundo mediterráneo, sobre todo en otoño (LLASAT, 2010), y siendo los años de la década de los 80 especialmente trágicos, es posible que la probabilidad de ocurrencia e intensidad de estos fenómenos esté sufriendo algunos cambios. Sus impactos y consecuencias son asimismo dependientes de los sistemas de alerta temprana, de la calidad de las predicciones meteorológicas y la efectividad a la hora de transmitirse y traducirse en avisos por fenómenos adversos, del comportamiento de la población, así como de la planificación urbana y territorial y las medidas de prevención y protección adoptadas.

Pese a que el quinto informe del IPCC afirma que las tendencias globales de precipitación han experimentado un incremento en las últimas décadas (GROISMAN, 2005), la precipitación total en el Mediterráneo ha disminuido de 1951 a 2010 (IPCC, 2013). Sin embargo, la distribución espacial de precipitaciones extremas, las que causan un mayor impacto, presenta una gran variabilidad. De hecho, ya desde la década de los 90 se apunta a que el cambio climático está ligado a los incrementos de la precipitación extrema a escala diaria, debido al calentamiento del aire y al consiguiente aumento de la capacidad del aire para contener vapor de agua (IPCC, 1995). En promedio se asume que, por cada grado de calentamiento global, la frecuencia de los episodios con precipitaciones más intensas se multiplica aproximadamente por dos (NATURE, CLIMATE CHANGE, 2019) aunque esto es muy dependiente de la escala, duración e intensidad de las lluvias.

Un reciente estudio de Météo-France (MÉTÉO-FRANCE, 2019) apunta a una intensificación de las lluvias más fuertes en las regiones mediterráneas entre 1961 y 2015. Se ha cuantificado en un 22 % el aumento de los máximos anuales de acumulaciones diarias, con una variabilidad interanual muy fuerte (lo que explica que la cuantificación del porcentaje muestre gran incertidumbre y sea muy sensible a los años elegidos) así como un aumento de la frecuencia de los episodios mediterráneos de mayor impacto, especialmente aquellos que superan el umbral de 200 mm en 24 horas. En Italia se han encontrado resultados similares para la segunda parte del siglo XX (ALPERT, 2002).

Sin embargo, otros estudios centrados en la península ibérica (SERRANO-NOTIVOLI, 2018; RODRIGO, 2007) obtienen disminuciones tanto en frecuencia como en intensidad del comportamiento de las precipitaciones diarias por encima de ciertos umbrales, como por ejemplo la superación de los 20 mm de acumulación o del percentil 95 de la serie. Hay que hacer notar, no obstante, que en gran parte de estas investigaciones el periodo elegido no cubre los años de la década entre 2010 y 2019 y no se exploran los percentiles de precipitación más altos, próximos al 100.

¿Qué ocurrirá en el futuro?

En un contexto de cambio climático debido al forzamiento antropogénico, la evolución futura de las lluvias extremas en el Mediterráneo sigue siendo bastante incierta cuantitativamente. De hecho algunos modelos apuntan a una disminución de la intensidad en algunas zonas de la Península y, especialmente, en la costa norte de Marruecos y Argelia (experimento HyMEX, FLAOUNAS, 2012). Esta tendencia parece más clara en primavera y verano, y a largo plazo. La mayoría de expertos coinciden en que, a la señal inducida por el cambio

climático en las regiones mediterráneas, hay que superponer las diferencias a pequeña escala que dependen, en gran medida, de factores orográficos y de exposición a determinados aspectos de los patrones sinópticos o de circulación a gran escala (GAO, 2006). Así mismo, en el conjunto de España, se proyectan cambios positivos para la precipitación máxima diaria en invierno aunque las precipitaciones muestran una tendencia negativa en prácticamente todas las regiones excepto en el centro, donde la precipitación invernal y su alteración pueden resultar dominantes. Sin embargo, las rachas secas (días consecutivos sin precipitación) continuarán en aumento debido a incrementos estacionales significativos en primavera, verano y otoño (NIEVES, 2019).

Análisis de las precipitaciones extremas en el Mediterráneo español

En esta entrada del blog te presentamos un pequeño análisis basado en datos procedentes de nuestros archivos y bases de datos climatológicos. Para ello se ha analizado el comportamiento estadístico de las precipitaciones diarias más extremas registradas en las provincias mediterráneas españolas (Málaga, Granada, Almería, Murcia, Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona, Barcelona y Girona) así como en las islas Baleares. Para la obtención de los datos y la posterior construcción de las series climatológicas, AEMET cuenta con distintas redes de observación en superficie como son la de estaciones meteorológicas automáticas, la de observatorios sinópticos o la red climatológica secundaria, atendida por colaboradores. En este estudio se han seleccionado inicialmente un total de 219 estaciones pertenecientes a las redes principal y secundaria de AEMET y ubicadas en las provincias anteriormente citadas. El criterio empleado para la elección de estaciones es que su fecha de inicio en la toma de datos sea anterior o igual a 1965, sigan funcionando durante 2020 y posean más de 600 meses con datos.

Por otro lado las series de precipitación diaria para cada una de las estaciones se han sometido a una depuración y control de calidad. En primer lugar, se han considerado únicamente series con datos de precipitación en un 90 % de los días del periodo completo (20 119 días). En segundo lugar, la homogeneidad de las estaciones a escala diaria se ha comprobado mediante la aplicación sucesiva de tres test estadísticos siguiendo recomendaciones del Proyecto ECAD (*European Climate Assessment & Dataset*, <https://www.ecad.eu/>): el test SNH (ALEXANDERSSON, 1986), el test de Buishand (BUISHAND, 1982) y el test de Pettitt (PETTITT, 1979). Las estaciones que se consideran homogéneas son aquellas que aceptan la hipótesis nula en el intervalo de confianza del 5 % en dos de los tres test aplicados. Después del control de calidad, un total de 160 de las 219 estaciones cumplen los dos criterios anteriores sobre la completitud y la homogeneidad de las series.

En la figura 2 se muestra la ubicación de las estaciones que se emplean en el análisis. En la parte inferior derecha se muestra el porcentaje de estaciones sin dato sobre el total para los 20 119 días del periodo entre el 1 de enero de 1965 y el 31 de enero de 2020. El número de estaciones sin dato está en general por debajo del 10 %, excepto en los primeros 5 años en los que hay un mayor número de días sin datos. La variable precipitación se ha analizado para la suma de la precipitación sobre las 160 estaciones. Debido a la marcada variabilidad de las lluvias mediterráneas se evita llevar a cabo análisis de tendencias particularizados para estaciones individuales ya que los extremos pueden estar muy condicionados por la



Figura 2. Los puntos morados representan las estaciones empleadas. En la parte inferior derecha, porcentaje de estaciones sin dato para el conjunto de los días del periodo.

aleatoriedad de fenómenos convectivos puntuales y aislados o que se encuentren en escalas muy pequeñas. Por citar un ejemplo, una gran parte de las estaciones presentan el percentil 95 de precipitación diaria en torno a 25-30 mm. Esa es la cantidad que puede asociarse a una tormenta puntual (fuerte), de tal modo que la estadística puede verse afectada por este hecho y producirse marcadas diferencias en zonas cercanas. Por ello el presente análisis analiza la precipitación en conjunto y explora el comportamiento de la suma de las precipitaciones en el extremo de las distribuciones, por encima del percentil 99,9.

El hecho de contar con un periodo suficientemente largo de datos y un número elevado de estaciones repartidas de forma aproximadamente homogénea (a excepción de gran parte de Almería y del norte de Castellón, donde no hay estaciones) junto al filtrado anteriormente citado que resulta del control de calidad de los datos proporciona, *a priori*, una base fiable para un análisis preliminar de episodios extremos a escala diaria. La variabilidad en la medida de la precipitación, relacionada con irregularidades topográficas o variaciones microclimáticas, y que tiene que ver con la ubicación concreta de cada estación, debe quedar camuflada por una densidad de estaciones que caracterizan suficientemente bien los sistemas de precipitación de gran escala espacial (~ 1000 km) y temporal (uno o varios días) y que son precisamente el objeto de este estudio. Por tanto, con las consideraciones anteriores, en la siguiente tabla se listan las acumulaciones diarias que superan el percentil 99,9 de la serie de precipitaciones sobre el conjunto de 160 estaciones.

Fecha	Acumulación (mm)	Porcentaje de estaciones sin dato (%)	Ranking
10-10-1966	4826	9	20
06-10-1971	5218	2	12
18-05-1977	4704	4	24
14-01-1980	4710	4	23
23-09-1986	5033	4	15
30-09-1986	5502	4	9
04-10-1987	4893	2	18
03-11-1987	6053	5	6
04-11-1987	6315	5	4
04-09-1989	6782	2	3
11-09-1996	5007	2	17
02-12-1998	5054	5	14
23-10-2000	6994	1	2
07-05-2002	5239	2	11
11-10-2007	4867	8	19
28-09-2009	5310	5	10
03-05-2010	4703	4	25
28-09-2012	5813	1	7
18-12-2016	7264	2	1
19-01-2017	4781	4	21
12-09-2019	5137	6	13
22-10-2019	4714	4	22
19-01-2020	5682	12	8
20-01-2020	6308	12	5
21-01-2020	5032	11	16

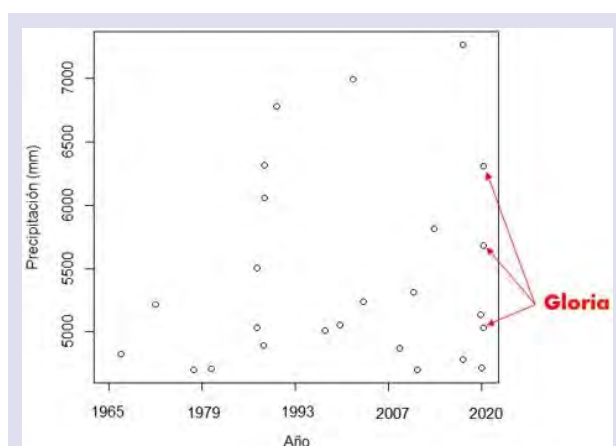


Figura 3. Eventos por encima del percentil 99,9 de la suma de precipitaciones sobre un conjunto de estaciones repartidas por el litoral mediterráneo y las islas Baleares.

Algunas **conclusiones** fácilmente extraíbles de la gráfica y tabla anteriores son:

- La mayoría de los eventos se producen en el siglo XXI. Tres de los cinco eventos con mayor acumulación diaria corresponden al presente siglo.
- La tercera parte de los episodios de precipitación extrema desde 1965 se producen en el periodo entre 2010 y 2020.
- **Gloria es la borrasca con una cantidad mayor de precipitación sobre el conjunto del Mediterráneo español si se consideran acumulaciones durante 3 días seguidos.** Nunca antes otra borrasca o temporal consiguió situar tres días consecutivos entre los 25 días de precipitación más extrema en el Mediterráneo español. Además, en el caso de Gloria, el número de estaciones sin dato es mayor respecto a otros episodios extremos por lo que, a buen seguro, la acumulación de los días del 19 a 21 de enero estará infraestimada en cierta medida.
- Junto a Gloria destaca el episodio de principios de noviembre de 1987, que está considerado el evento de mayor precipitación del siglo XX en zonas de Alicante y Valencia (817 mm en Oliva y 720 mm en Gandía). De hecho, la precipitación en 24 horas en Oliva sigue ostentado el récord oficial en España. Para una revisión de este episodio recomendamos http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Fisica_del_caos_en_la_predicc_meteo/44_Superrecord_Oliva-Gandia_Nov_1987.pdf. En lo que respecta a la presente entrada, es de reseñar que este episodio no tuvo una extensión espacial equiparable a la de Gloria y las lluvias torrenciales se asociaron a la formación de un complejo convectivo mesoescalar (MADOXX, 1980; RIVERA y RIOSALIDO, 1986) que afectó muy especialmente a las comarcas de La Safor y Marina Alta. De hecho los días 3 y 4 de noviembre de 1987 se registraron precipitaciones superiores a 20 mm en un total de 60 y 64 estaciones respectivamente (de las 160 consideradas), mientras que en el caso de Gloria los días 19, 20 y 21 de enero de 2020 el número asciende a 66, 85 y 78 respectivamente (teniendo en cuenta además que hay un mayor número de estaciones con dato faltante).
- A excepción de tres episodios en mayo, el resto se producen en meses otoñales (septiembre, octubre y noviembre) o invernales (diciembre y enero).
- Aunque no se muestra, prácticamente todos los episodios se asocian a danas que penetran por el sur de la Península y que generan una fuerte inestabilidad convectiva. El transporte o advección de estratos cálidos y cargados de humedad desde el este es también un denominador común en la mayoría de situaciones (MERINO, 2016).

En referencia a este último punto hemos de tener en cuenta los resultados de un reciente estudio (MUÑOZ, 2020) que afirma que **la ocurrencia de danas en el conjunto del planeta va en aumento** (figura 4). Las tendencias descubiertas son consistentes con señales de cambio climático como el debilitamiento y desplazamiento hacia el norte de las corrientes en chorro subtropicales

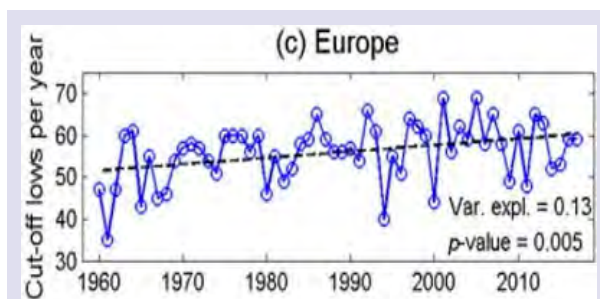


Figura 4. Evolución del número de danas en 500 hPa para el conjunto del continente europeo. Tomada de MUÑOZ, 2020.

y el incremento de las frecuencias de bloqueo, que explican buena parte de la varianza del número anual de danas. Para más información y detalles de la metodología recomendamos consultar el artículo original.

La ciencia no puede precisar la cuantificación o la localización exacta de la distribución de las lluvias más fuertes pero, ¿habrá más temporales como Gloria?

Ya hemos comentado algunos aspectos sobre ello, pero sí que hay algunos rasgos, que de forma general, comparten la mayoría de experimentos de modelización climática que proyectan el clima futuro en el Mediterráneo. **La península ibérica, especialmente el sur, va a sufrir un claro déficit de precipitaciones en algunas épocas del año, sobre todo en verano, pero parece que también en primavera.** Paralelamente **extremos de precipitación más acentuados pueden ocurrir con mayor probabilidad en determinadas zonas, algunas de ellas situadas en el Mediterráneo.** Nos ha parecido especialmente relevante un estudio de varios investigadores portugueses publicado el pasado verano (CARDOSO PEREIRA, 2019). Tomando como base de partida una regionalización dinámica usando el modelo meteorológico WRF anidado al modelo del sistema Tierra del Instituto Max Planck (MPI-ESM) y bajo un escenario de emisiones 8.5, se desglosa el futuro comportamiento de las precipitaciones extremas en zonas de la Península mediante el cálculo de índices climáticos de precipitación definidos por el ETCCDI (Grupo de expertos en indicadores y detección del cambio climático, http://etccdi.pacificclimate.org/indices_def.shtml). En la figura 5 se muestra el cambio porcentual de las precipitaciones proyectadas en el futuro

por encima del percentil 95 para el conjunto del año y sus estaciones (filas) y para distintos periodos (columnas). La columna izquierda corresponde a una simulación corregida por una base de datos observacional (ECAD) en el periodo 1986-2005 (HIST) y que sirve de referencia. Las otras dos columnas muestran los resultados de la simulación para mediados de este siglo 2046-2065 (MED) y para finales 2081-2100 (LONG) y se representan los cambios respecto al periodo HIST. Si bien las disminuciones son claramente dominantes, hay determinadas zonas como la cuenca del Ebro o el Mediterráneo donde podrían darse aumentos significativos de precipitaciones muy intensas en invierno y en otoño. En cualquier caso, estos resultados deben interpretarse como estimaciones basadas en un modelo y sujetas a enormes incertidumbres, derivadas además de un escenario de altas emisiones durante el presente siglo.

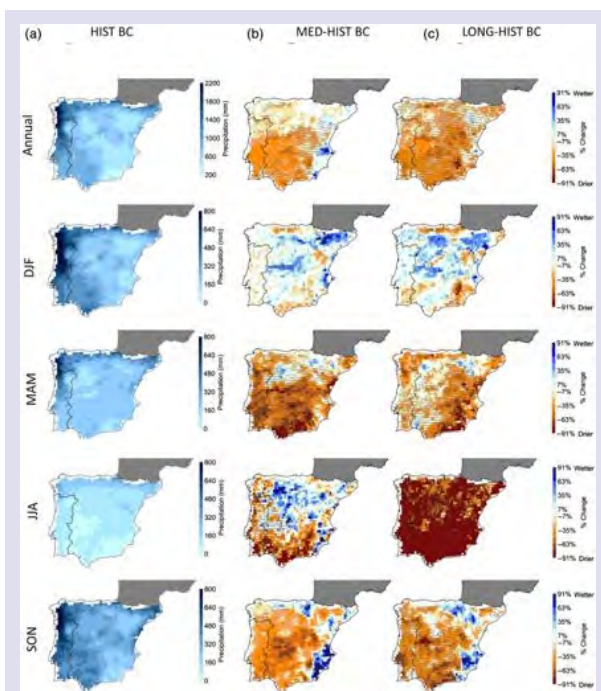


Figura 5. Cambio proyectado en el percentil 95 de la precipitación anual y estacional para mediados (centro) y finales (derecha) de siglo respecto al periodo histórico (1985-2006). Tomada de CARDOSO PEREIRA, 2019.

Consideraciones finales

La percepción social se va inclinando a que el cambio climático está acelerando el número de eventos extremos en el Mediterráneo. Pese a que hay resultados algo controvertidos respecto a esta afirmación, nunca antes (en el pasado reciente para el que se dispone de registro instrumental) hubo una borrasca con tanta precipitación durante 3 días seguidos y nunca antes hubo tres temporales tan intensos y consecutivos como los de septiembre y octubre de 2019 además de Gloria. Gloria dejó además récords diversos, como el de altura de ola significativa en el Mediterráneo occidental o de espesor de nieve en pueblos del sistema Ibérico castellonense. Parece ser que el potente anticiclón centrado en las islas británicas con presiones de algo más de 1050 hPa (y que también supuso un récord) contribuyó a generar un gradiente de presión especialmente acusado entre los dos centros de acción, lo que pudo resultar clave para la especial severidad de este episodio (RIVERA, 2020). Volvemos a remarcar que el estudio es sobre el conjunto de las provincias del litoral mediterráneo y Baleares, por tanto son posibles eventos de mayor impacto con una manifestación más local y una escala temporal más corta como los acontecidos el 10 de junio de 2000 en las comarcas catalanas de Llobregat o Penedés o el del 9 de octubre de 2018 en Sant Llorenç (Mallorca). Estos eventos suelen dar lugar a inundaciones rápidas donde a menudo los modelos no son capaces de prever la localización exacta ni la intensidad cuantificada de las precipitaciones de varias horas de duración, con la consecuente limitación a la hora de alertar a la población. Para estos fenómenos son necesarios otro tipo de técnicas basadas fundamentalmente en el *nowcasting* y en los sistemas de predicción por conjuntos a partir de modelos de alta resolución. Al mismo tiempo, el aumento de la intensidad de la precipitación a escala subdiaria parece mucho más claro en los experimentos de modelización (SCOCCIMARRO, 2015), lo que debería suponer una gran preocupación para el futuro. Sin embargo, lo que parece claro es que, al menos en términos de cantidades totales de precipitación, Gloria sí es el evento más extremo en el conjunto del Mediterráneo en España seguido del que se dio la primera semana de noviembre de 1987 y que está considerado el mayor del siglo XX en zonas de Levante. Estos dos episodios han causado un número elevado de víctimas así como pérdidas económicas de enorme cuantía. Un mayor conocimiento sobre este tipo de sistemas, su relación con alteraciones de otros fenómenos a escala global, como la frecuencia de determinados patrones atmosféricos, así como modificaciones en el comportamiento de la población y la adopción de estrategias de adaptación en multitud de sectores para hacer frente a los impactos de un clima cambiante deberán considerarse básicas y prioritarias si queremos estar preparados para riesgos futuros.

Agradecimientos

Agradecimiento a Delia Gutierrez y Rubén del Campo, por la revisión.

Referencias

MERINO, A., FERNÁNDEZ VAQUERO, M., LÓPEZ, L., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, S., HERMIDA, L., SÁNCHEZ, J.L. y GARCÍA ORTEGA, E., 2016. Large-scale patterns of daily precipitation extremes on the Iberian Peninsula, *Int. J. Climatol.*, 36: 3873-3891.

HERTIG, E., SEUBERT, S., PAXIAN, A., VOGT, G., PAETH, H. y JACOBET, J., 2014. Statistical modelling of extreme precipitation indices for the Mediterranean area under future climate change, *Int. J. Climatol.*, 34: 1132-1156.

LLASAT, C., LLASAT-BOTIJA, M., PRAT, M. A., PORCU, F., PRICE, C., MUGNAI, A., LAGOUVARDOS, K., KOTRONI, V., KATSANOS, D., MICHAELIDES, S., YAIR, Y., SAVVIDOU, K. y NICOLAIDES, K., 2010. High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: The FLASH preliminary database. *Adv. Geosci.*, 23, 47-55.

GROISMAN, P. Y., KNIGHT, R. W., EASTERLING, D. R., KARL, T. R., HEGERL, G., RAZUVAEV, V. A. N., 2005. Trends in intense precipitation in the climate record. *Int. Journal of Climate*, Vol. 18, No. 9, pp. 1326-1350.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 1995. Radiative Forcing of Climate Change, 572 pp., Cambridge University Press, New York.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [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, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Nature Climate Change, 2019. The most extreme rains of today are set to become more commonplace.

MÉTÉO-FRANCE, 2019. Changement climatique et épisodes méditerranéens. <http://www.meteofrance.fr/>.

ALPERT, P., BEN-GAI, T., BAHARAD, A., BENJAMINI, Y., YEKUTIELI, D., COLACINO, M., DIODATO, L., RAMIS, C., HOMAR, V., ROMERO, R., MICHAELIDES, S. y MANES, A., 2002. The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values, *Geophys. Res. Lett.*, 29, 31-1 - 31-4.

SERRANO-NOTIVOLI, R., BEGUERÍA, S., SAZ, M. Á. y DE LUIS, M., 2018. Recent trends reveal decreasing intensity of daily precipitation in Spain, *Int. Journal Climatol.*, 38: 4211-4224.

RODRIGO, S. y TRIGO, R. M., 2007. Trends in daily rainfall in the Iberian Peninsula from 1951 to 2002, *Int. J. Climatol.*, 27: 513-529.

GAO, X., PAL, J. S. y GIORGI, F., 2006. Projected changes in mean and extreme precipitation over the Mediterranean region from high resolution double nested RCM simulation, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L03706, doi: 10.1029/2005GL024954.

FLAOUNAS, E., DROBINSKI, P., BORGA, M., CALVET, J. C., DELRIEU, G., MORIN, E., TARTARI, G. y TOFFOLON, R., 2012. Assessment of gridded observations used for climate model validation in the Mediterranean region: the HyMeX and MED-CORDEX framework, *Env. Res. Lett.*, 7, doi: 10.1088/1748-9326/7/2/024017.

LORENZO, N. y ÁLVAREZ, I., 2020. Climate change patterns in precipitation over Spain using CORDEX projections for 2021-2050, March 2020, *Science of The Total Environment*.

ALEXANDERSSON, H., 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *J. Clim.*, 6: 661.

BUISSHAND, T., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records 1982. *J. Hydrol.*, 58: 11.

PETTITT, A., 1979. A non-parametric approach to the change point problem. *Appl. Stat.*, 28: 126.

MADDOX, R. A., 1980. Mesoscale convective complexes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 61, 1374-1387.

MUÑOZ, C., SCHULTZ, D. M. y VAUGHAN, G., 2020. A Midlatitude Climatology and Interannual Variability of 200- and 500-hPa Cut-Off Lows. December 2019, *Journal of Climate*, 33 (6).

CARDOSO PEREIRA, S., MARTA-ALMEIDA, M., CARVALHO, A. C. y ROCHA, A., 2019. Extreme precipitation events under climate change in the Iberian Peninsula, *International Journal of Climatology*, 40 (2), pp. 1255-1278.

SCOCCIMARRO, E., VILLARINI, G., VICHI, M., ZAMPIERI, M., FOGLI, P.G., BELLUCCI, A. y GUALDI, S., 2015. Projected Changes in Intense Precipitation over Europe at the Daily and Subdaily Time Scales, *Journal of Climate*, 28 (15), doi: 10.1175/JCLI-D-14-00779.1.

RIVERA, Á., 22 de enero de 2020. Sobre el temporal «Gloria». <http://eneltiempo-angelrivera.blogspot.com/2020/01/sobre-el-temporal-gloria.html>.