

Evolución reciente de precipitación y temperatura en la región mediterránea de la Península Ibérica: revisando la señal del calentamiento global a escala regional

Recent precipitation and temperature trends in the Mediterranean region of the Iberian Peninsula: revisiting the signal of global warming on a regional scale

JORGE OCINA CANTOS¹  0000-0002-4846-8126

JAVIER MARTÍ TALAVERA¹  0000-0002-1624-2843

ESTHER SÁNCHEZ ALMODÓVAR¹  0000-0003-4201-0779

¹Laboratorio de climatología, Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante

Resumen

Las proyecciones climáticas y estudios llevados a cabo muestran a la cuenca mediterránea como una región muy afectada por los efectos del calentamiento global. Con este trabajo se pretende conocer mediante una revisión bibliográfica cuales están siendo los principales efectos observados en las precipitaciones, temperaturas y fenómenos extremos en la fachada mediterránea de la península ibérica, y hasta qué punto el mar Mediterráneo está contribuyendo a ese cambio en las condiciones climáticas. Los resultados han mostrado que existen ciertas variables climáticas, como las noches tropicales y las precipitaciones intensas, que en las últimas décadas están aumentando en el área de estudio. La razón se debe a varios factores, aunque el continuo incremento de la temperatura superficial del mar Mediterráneo parece que está jugando un papel diferenciador contribuyendo a la “mediterraneización” de esta región.

Palabras clave: cambio climático; temperatura; precipitación; temperatura superficial marina; calentamiento global.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.06.06
Aceptado: 2024.02.05
Publicado: 2024.09.30

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Esther Sánchez Almodóvar
esther.sanchez@ua.es

Abstract

Climate projections and studies carried out show the Mediterranean basin to be a region highly affected by the effects of global warming. The aim of this work is to find out, through a literature review, what the main effects observed in precipitation, temperatures and extreme phenomena are on the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula, and to what extent the Mediterranean Sea is contributing to this change in climatic conditions. The results have shown that there are certain climatic variables, such as tropical nights and intense precipitation, which in recent decades have been increasing in the study area. The reason is due to several factors, although the continuous increase in the surface temperature of the Mediterranean Sea seems to be playing a differentiating role in the “Mediterraneanisation” of this region.

Keywords: climate change; temperature; precipitation; sea surface temperature; global warming.

1. Introducción

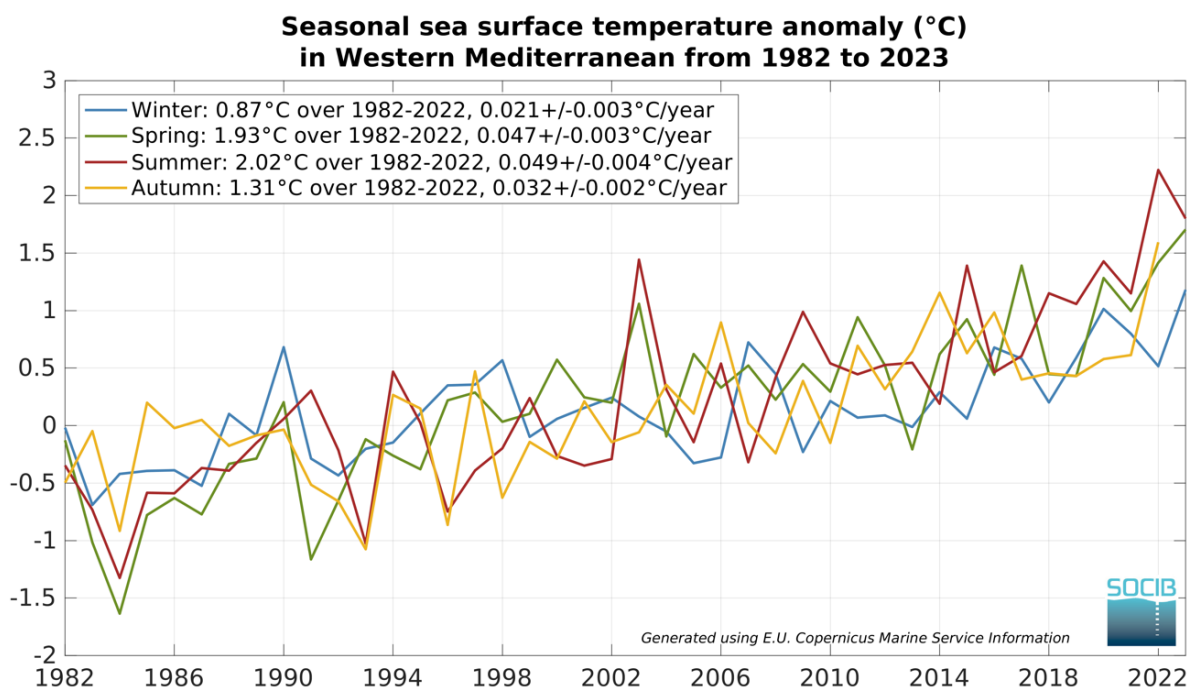
El cambio climático es la mayor amenaza a la que se enfrenta la población mundial en el siglo XXI. En las últimas décadas las temperaturas han mostrado cambios claros y permanentes hacia un clima más cálido debido al forzamiento antropogénico (IPCC, 2014). Sin embargo, no solo las temperaturas medias, sino también los episodios extremos evidencian estos cambios en respuesta al forzamiento radiativo. Las precipitaciones son un elemento especialmente sensible a las variaciones de temperatura y a las modificaciones regionales de la circulación atmosférica, de ahí la dificultad de modelizarla en escenarios de cambio climático. No existe un patrón común a nivel planetario en cuanto a los valores promedios, aunque sí que están aumentando la intensidad de estas, y a su vez las sequías agrícolas y ecológicas (IPCC, 2021).

Según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), las zonas de clima mediterráneo son especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático y sus consecuencias socioeconómicas son más notorias que en otros espacios del planeta (IPCC, 2014; 2018; 2019). Por ejemplo, la región mediterránea es una zona donde las precipitaciones son muy relevantes, debido a su importancia para el desarrollo de actividades económicas de carácter territorial y económico, como son la agricultura y el turismo (Cramer *et al.*, 2018). El 6º Informe del IPCC describe la cuenca del Mediterráneo como “punto caliente” del cambio climático a nivel global, debido a la aceleración de las evidencias y alteraciones experimentadas en los elementos climáticos y a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos (IPCC, 2022). Por ello, el conocimiento de la realidad climática actual en esta área es de gran interés para calibrar el impacto del cambio climático actual y su proyección futura (Sanz y Galán, 2021).

Participando en el proceso de aumento térmico experimentado en todo el mundo, la cuenca mediterránea tiene sus características específicas (MedECC, 2020; AEMET, 2022a; Chazarra Bernabé *et al.*, 2022), observándose variaciones en el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas (Olcina Cantos y Biener y Camacho, 2019; Del Río *et al.*, 2012; Brunet *et al.*, 2007) y de las precipitaciones (Miró *et al.*, 2018). Por ejemplo, el informe “Risks associated to climate and environmental changes in the Mediterranean region” (MedECC, 2020) revela que el aumento de las temperaturas experimentado en esta región ha sido superior al registrado en el resto del planeta (1,5°C desde 1880, frente a 1,1° C para el resto de la superficie del planeta). Estas variaciones pueden ser debidas a la alteración de la circulación atmosférica, sobre todo en el hemisferio norte, debido al mayor efecto que está teniendo el calentamiento, especialmente en latitudes polares y subpolares. Este hecho está relacionado con la pérdida de velocidad de la corriente en chorro

(en este caso, del chorro polar del hemisferio norte) que provocaría un aumento considerable de los episodios adversos (olas de calor y olas de frío, sequías intensas y lluvias torrenciales) en latitudes medias, donde se encuentra la zona mediterránea (Francis y Vavrus, 2012; Stendel et al., 2021; Coumou et al., 2018), aunque esta hipótesis continua creando discrepancias en la comunidad científica (Cohen et al. 2020). A ello habría que sumarle el papel que juega un mar cada vez más cálido, como es el caso del mar Mediterráneo. Como señala el informe del verano de 2023 del Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), el incremento acumulado a largo plazo de la temperatura superficial de la cubeta mediterránea fue de 1,5 °C para el periodo de análisis (1982-2023), alcanzando a mediados de julio su valor diario máximo de la serie histórica, llegando hasta los 28,1°C (CEAM, 2023). El incremento de la temperatura experimentado desde comienzo de los años ochenta del siglo pasado es notable en todas las estaciones del año, pero destaca especialmente la acumulación de energía que se produce en este sector del mar Mediterráneo en verano. (Figura 1)

Figura 1. Anomalía de la temperatura superficial marina en la cuenca del Mediterráneo occidental (1982-2023).



Fuente: Sistema de Observación Costero de las Illes Balears (SOCIB, 2023).

Se debe tener en cuenta también el papel que juegan los entornos urbanos, donde los valores térmicos son más elevados que los entornos rurales, debido a que el enfriamiento nocturno es más lento, lo que genera más molestias en las ciudades que en sus alrededores (Royé y Martí Ezpeleta, 2015). A diferencia de los días calurosos, en los que la zona afectada abarca la mayor parte del territorio de la región mediterránea, las noches tropicales se dan en regiones geográficas concretas. En la costa mediterránea española, se ha experimentado en las últimas tres décadas un aumento del número de noches con una temperatura igual o superior a 20 °C (Royé, 2017), así como un incremento de las temperaturas del agua del mar Mediterráneo (Pastor et al., 2017). En esta región, una de las principales actividades económicas es el turismo de “sol y playa” que representa, de media, el 10 % del PIB regional en cada una de las comunidades autónomas de la

zona (Saurí *et al.*, 2011). Por tanto, los cambios en las condiciones climáticas que se generen, y puedan producirse en las próximas décadas, condicionarán el desarrollo de esta actividad y la necesidad de implantar medidas de adaptación en los destinos turísticos desde el punto de vista del planeamiento urbanístico, como también en el diseño de los edificios (Olcina Cantos y Miró Pérez, 2017; Sanz & Galán, 2021). De ahí la importancia de estudiar este fenómeno climático que genera disconfort térmico, es decir, que provoca malestar en la población debido a unas temperaturas, en este caso más altas de lo habitual, que condicionan su actividad. Además, el incremento de las noches tropicales y su relación con el aumento de la frecuencia de las olas de calor afecta directamente a aspectos de la salud humana (Royé *et al.*, 2021) y puede condicionar el diseño de estrategias sanitarias en los destinos turísticos.

En cuanto a las precipitaciones, esa disminución antes comentada de la velocidad de la corriente en chorro, que algunos estudios indican que se ha reducido en un 14 % desde 1980 (Francis y Vavrus, 2012), conlleva una mayor ondulación de esta, es decir, la generación más frecuente de ondas planetarias (picos y valles) con desplazamientos más rápidos de masas de aire cálido hacia latitudes septentrionales y de aire polar o ártico hacia latitudes medias. Guijarro (2002), ya apuntaba a una tendencia al aumento de las precipitaciones en el SE peninsular a consecuencia de un incremento de las frecuencias de situaciones de ciclogénesis argelinas, en consonancia con el estudio de Muñoz *et al.* (2020) han confirmado recientemente el aumento “gotas frías”, en un 20%, en latitudes planetarias medias entre 1960 y 2017 en el hemisferio norte. El actual proceso de calentamiento global parece explicar buena parte de ello, ya que se ha demostrado que las corrientes en chorro se han ido desplazando hacia los polos, al igual que la zona de convergencia intertropical y la célula de Hadley, lo que explicaría esa expansión y mayor presencia del anticiclón de las Azores durante los meses invernales (Cresswell-Clay *et al.*, 2022). A ello habría que sumar también, el enfriamiento de la estratosfera (Steiner *et al.*, 2020), atribuible a una menor presencia de hielo en las regiones polares durante los meses invernales (Kim *et al.*, 2014; Bailey *et al.*, 2021).

Se plantean dos objetivos principales en el presente estudio: a) analizar los cambios observados en las temperaturas y precipitaciones en la franja mediterránea española mediante una revisión de la literatura científica en los últimos años; y b) detectar aquellos procesos que generan un efecto regional propio en el proceso de calentamiento global, dando lugar a una “mediterraneización” de la fachada oriental ibérica. Esta región motiva interés científico debido a su importancia dentro del plano económico y social nacional. Las consecuencias del cambio climático en esta zona, donde habita un tercio de la población española y donde el turismo de sol y playa, junto con la agricultura, cobran una especial relevancia, podrían provocar pérdidas económicas elevadas y alterar el funcionamiento social.

2. Metodología

Dado que el artículo es una revisión de la información existente, el método se basa en la consulta de los estudios existentes sobre el cambio climático para el área de estudio. Se ha seleccionado un periodo de estudio desde el año 2000 hasta la actualidad. Se han consultado los informes oficiales de cambio climático del IPCC junto con los realizados por otros organismos públicos. Además, se ha realizado un seguimiento sobre esta temática en revistas internacionales y nacionales para el periodo 2010-2022 con el fin de identificar los temas y resultados de las investigaciones realizadas sobre esta temática.

A partir de ello se han seleccionado los principales aspectos y procesos que evidencian el efecto del proceso de calentamiento climático planetario en este ámbito regional. Para la búsqueda de trabajos en las revistas de investigación se ha efectuado la búsqueda en los propios portales web de las editoriales o en buscadores más generalistas o en repositorios oficiales (CSIC, universidades públicas) a partir de los ítems (en castellano, catalán e inglés) siguientes: cambio climático, mar mediterráneo, calentamiento, temperaturas, precipitaciones, litoral mediterráneo. En la Tabla 1 se enumeran los organismos y documentos consultados para la elaboración de esta investigación.

Tabla 1. Fuentes oficiales e investigaciones consultadas para el desarrollo de la presente investigación (2010-2022).

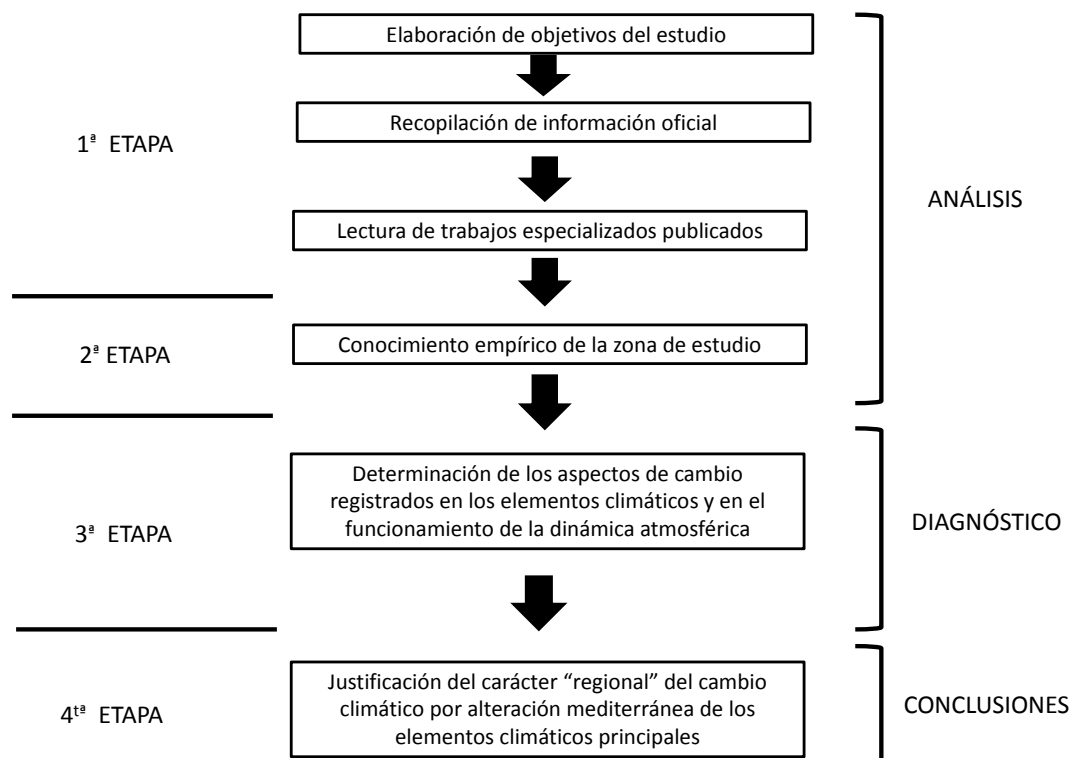
	Documentos oficiales	Revistas de investigación
Internacional	<ul style="list-style-type: none"> -5th and 6th IPCC Report (2014 y2021-22) -Informe sobre el cambio climático en el Mediterráneo (MedECC) -ESPON Climate project 	<ul style="list-style-type: none"> -Climate Research -Climate Change -Nature Climate Change -Journal of Climate -Weather and Climate Extremes -Atmospheric Research -Atmosphere -Advances on Atmospheric Science -Regional Environmental Change -Journal of Geophysical Research -Atmospheres -Geophysical Research Letters -International Journal of Climatology -International Journal of Biometeorology -Journal of Hydrology: Regional Studies -Water
Nacional	<ul style="list-style-type: none"> -Estado del clima en España. Informe anual (AEMET) -Calendario Meteorológico Anual (AEMET) -Informe "Cambio climático y actividad turística" en C. Valenciana. -Dossier sobre el cambio climático en Cataluña (3er informe) -Informes sobre la temperatura de las aguas superficiales del Mar Mediterráneo (CEAM) 	<ul style="list-style-type: none"> -Boletín de la Asociación Española de Geografía (BAGE) -Cuadernos de Investigación Geográfica -Document d'Análisis Geogràfica -Investigaciones Geográficas -Cuadernos Geográficos

Elaboración propia.

A fin de acotar aún más la revisión bibliográfica se ha optado por centrar la investigación en tres procesos que manifiestan un comportamiento anómalo en las últimas décadas, como son el comportamiento de las temperaturas en el litoral mediterráneo y la pérdida de confort térmico, el cambio en el régimen de distribución de las precipitaciones a lo largo del año y el análisis de eventos atmosféricos extremos y su impacto sobre la ocupación territorial.

Se maneja un método hipotético-deductivo a partir del análisis de los documentos de planeamiento que se recogen en la Figura 2 y se determinan los elementos climáticos que manifiestan cambio en su evolución durante las últimas décadas y se justifica el carácter regional que imprime la cuenca del mediterráneo en los efectos registrados del proceso global de calentamiento climático.

Figura 2. Esquema metodológico.



Fuente: Elaboración propia.

Para consolidar los argumentos expuestos con información cuantitativa también se han consultado los datos climáticos proporcionados por la AEMET. Para el estudio de los daños ocasionados por los eventos extremos registrados se han revisado informes y estadísticas del Consorcio de Compensación de Seguros, que están disponibles en la página web de esta entidad.

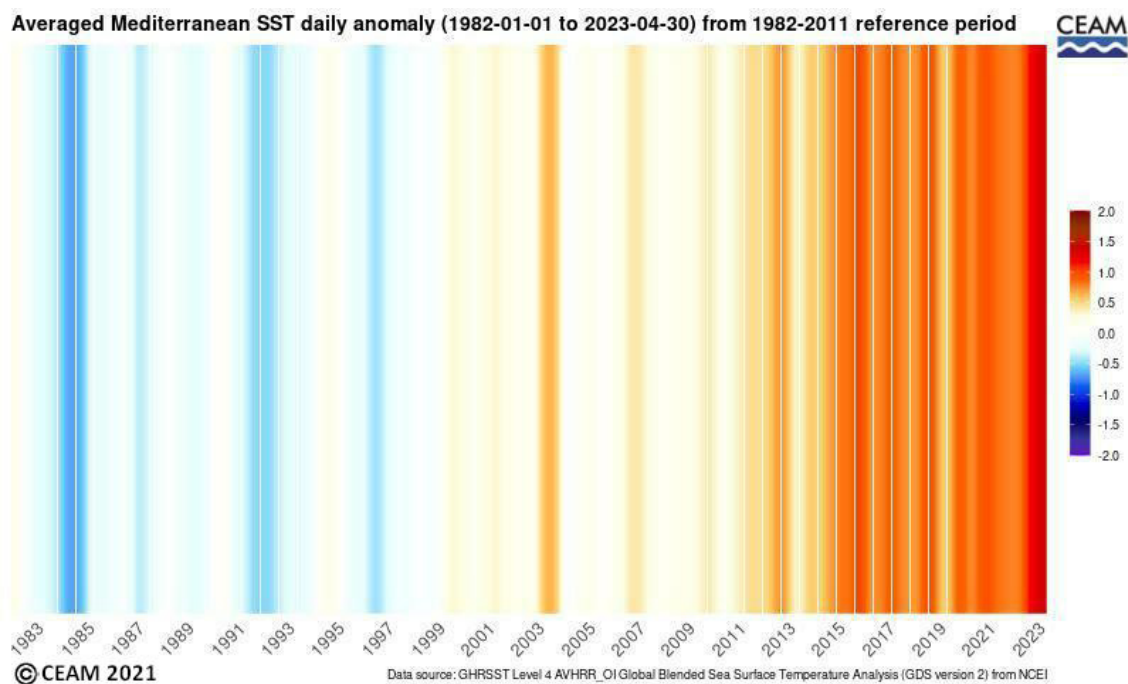
3. Resultados

El litoral mediterráneo español presenta unas características propias que hacen que los efectos del cambio climático actual sean únicos en este espacio geográfico. Básicamente, el hecho de que exista un mar bañando sus costas que está experimentando un rápido proceso de calentamiento en las últimas décadas, condiciona el funcionamiento de las temperaturas y de las precipitaciones (Chazarra Bernabé *et al.*, 2022; Romero Fresneda *et al.*, 2020). Como ya se ha comentado en la introducción, la anomalía de la temperatura de la superficie del mar registrado durante el verano de 2023, ya son de 1,5 °C superiores a las existentes hace cuatro décadas (CEAM, 2023), de hecho, esas diferencias han aumentado sobre todo a partir de 2010 como se puede apreciar en la Figura 3. Hay que tener en cuenta que los registros del conjunto de observatorios comprendidos entre Cataluña y las provincias mediterráneas de Andalucía muestran que el incremento de las temperaturas ha sido de 0,8 °C en los últimos cien años, con un aumento muy pronunciado a partir de 1980 (Olcina, 2020), por tanto, el calor acumulado en la cuenca marina es superior al calentamiento experimentado en el aire.

Desde 2010 se ha normalizado que durante los meses estivales se registren temperaturas por encima de los 30 °C en diferentes puntos del mar Balear, según la información dispuesta por las boyas

oceanográficas de Puertos del Estado (Ministerios de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023). Estos registros se asemejan más a las temperaturas propias de mares tropicales, de hecho, sus efectos ya se están haciendo notar en la biología marina en los últimos años, como muestran numerosos estudios (Izquierdo-Muñoz *et al.*, 2019; Santana-Garcón *et al.*, 2023; Tsikliras y Stergiou, 2014). Las consecuencias de esta tropicalización también implican tres efectos directos sobre los elementos climáticos de la costa mediterránea española: la pérdida de confort térmico, sobre todo en verano, debido al aumento del número de noches cálidas entre la primavera y el comienzo del otoño; la aparición de precipitaciones intensas debido a la transferencia de calor desde la superficie del mar a la atmósfera en los procesos de convección; y el aumento de los fenómenos extremos.

Figura 3. Anomalía diaria de la temperatura superficial del mar (01/01/1982-30/04/2023).



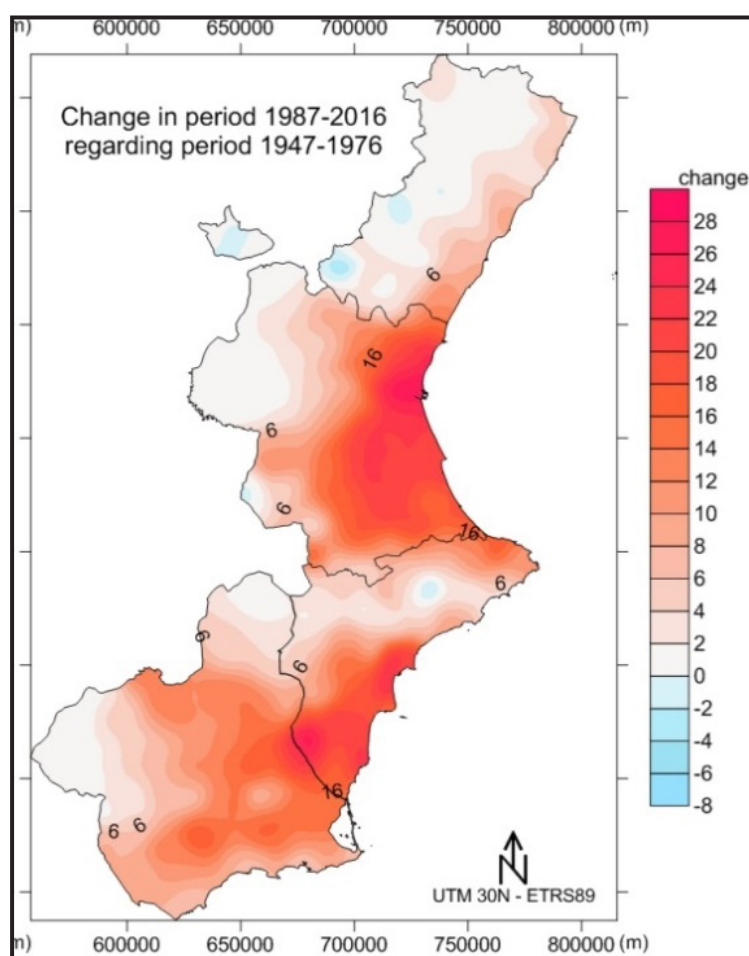
Fuente: CEAM (2023).

3.1. Cambios observados en temperaturas

El aumento de la temperatura media anual a nivel global es innegable y la costa mediterránea española no es una excepción en este proceso. La manifestación más evidente de la pérdida de confort térmico en esta región ha sido el aumento muy notable de las llamadas “noches tropicales”, cuando el termómetro no baja de 20 °C en toda la noche. Olcina *et al.*, (2019) han comprobado el incremento en el número de noches tropicales en el sector central del litoral mediterráneo español (Figura 4). Solo algunas áreas de interior muestran una ligera estabilización o descenso en cuanto a la cantidad de noches por encima de los 20 °C, mientras que en las zonas de valle se ha incrementado notablemente. También hay que tener en cuenta que se están expandiendo en los meses de primavera y otoño, tal y como afirma Nuñez Mora (2020). Son varios los estudios que analizan este hecho a nivel regional, por ejemplo, en la Región de Murcia, Espín Sánchez (2017) señala un aumento notable de las noches tropicales en las áreas litorales y prelitorales de más de 9 noches por década entre 1960 y 2016. En cambio El Kenawy *et al.*, (2011), apunta a un aumento de 0,6 días con noches tropicales por década para el periodo 1960-2010 en el cuadrante

nororiental de la península ibérica. En la Tabla 2 se expone el ejemplo de la ciudad de Alicante, como ciudad costera mediterránea que está sufriendo en las últimas décadas un aumento importante de las noches tropicales y ecuatoriales. Si bien, no son únicamente las noches tropicales la única variable utilizada para calcular este aumento de desconfort térmico. Espín-Sánchez *et al.* (2023) utilizan el Índice de Confort Climático para detallar como en áreas litorales y prelitorales de las provincias de Alicante y Murcia se está perdiendo confort térmico en verano debido a un aumento de la temperatura media y a una reducción de la humedad relativa media y de la velocidad media del viento.

Figura 4. Incremento del número de noches tropicales en la Comunidad Valenciana y Murcia. 1987-2016 con respecto al periodo 1947-1976.



Fuente: Olcina-Cantos *et al.* (2019).

Un factor a tener cuenta, expuesto por Royé y Martí Ezpeleta (2016), es que la cercanía al mar y menor latitud son elementos que están directamente relacionados con la mayor persistencia del calor y del estrés térmico durante las noches cálidas. El caso de la proximidad al mar es particular, ya que con valores de humedad relativa del 70% o más, la temperatura que realmente siente el cuerpo humano es unos 4 - 7° más alta respecto a la lectura del termómetro, según el índice HUMIDEX propuesto por Masterton y Richardson (1979), lo que da lugar a lo que se conoce como stress térmico. No obstante, más allá de los factores naturales también hay que tener en cuenta el papel que ejercen los entornos urbanos a la hora de retener el calor durante el día, que dificulta la bajada de las temperaturas durante las horas sin insolación, dando lugar a lo que se conoce

como el “efecto isla de calor” (Querada et al, 2000). De ahí la necesidad de desarrollar técnicas de mitigación en entornos urbanos, con el fin de equilibrar el balance térmico en las ciudades y, al mismo tiempo, mejorar las condiciones de confort térmico (Katavoutas y Founda, 2019).

Tabla 2. Evolución del número de noches tropicales y ecuatoriales por década en el observatorio de Ciudad Jardín de Alicante (1940-2019).

DÉCADA	NOCHES TROPICALES (>=20°C)	NOCHES ECUATORIALES (>=25°C)
1940	307	1
1950	383	2
1960	318	1
1970	255	0
1980	420	5
1990	599	2
2000	789	12
2010	740	21

Fuente: AEMET. Elaboración propia.

3.2. Cambios observados en precipitaciones

A diferencia de la temperatura, donde se espera un aumento progresivo en todo el planeta, los modelos climáticos apuntan a panorama muy heterogéneo en el caso de las precipitaciones para finales de siglo, con áreas donde se esperan un aumento, y zonas, como es el caso de la cuenca mediterránea, donde se pueden reducir de forma clara (Hausfather, 2018).

Son numerosos los estudios centrados en la costa mediterránea que se han llevado a cabo para conocer las tendencias de las últimas décadas. Valdés-Abellán et al. (2017) afirman, tras estudiar las series de precipitación diaria de los últimos 75-80 años, que las precipitaciones en el sureste de la península ibérica se han reducido entre un 0 y 15%, los periodos secos se están prolongando durante más tiempo y el número de días de precipitación está disminuyendo. Por su parte, Sumner et al. (2003) apunta a una reducción anual de las precipitaciones de entre el 6 y el 14% para Andalucía, y un aumento de hasta el 14% para el resto de la costa mediterránea para finales del siglo XXI. Llasat et al. (2021) se centran exclusivamente en las precipitaciones de carácter convectivo y apuntan a un aumento de la precipitación y de los eventos convectivos en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, mientras que en las cuencas internas de Cataluña están aumentando los eventos convectivos pero están disminuyendo las precipitaciones asociadas a estos. Homar et al. (2009) tras analizar la serie de precipitación diaria entre 1951 y 2006 de 18 observatorios situados en las Islas Baleares establece una reducción de la precipitación media anual, un mayor protagonismo de las precipitaciones ligeras y fuertes (hasta 4 mm y más de 64 mm, respectivamente), y una reducción de la proporción de precipitaciones moderadas a intensas (16 a 32 mm) está disminuyendo. Serrano-Notivoli et al. (2018) basándose en el análisis de la variabilidad espacial y temporal de la precipitación diaria en España para el periodo 1950-2012 y en el conjunto de datos diarios reticulares con una resolución de 5 x 5 kilómetros, constatan, 1) un ligero aumento global de la duración de los eventos pluviométricos, particularmente a lo largo de la franja mediterránea; 2) una reducción de la frecuencia de los eventos pluviométricos de acumulados bajos y un aumento de la frecuencia de los eventos altos y muy altos; y 3) una ligera reducción de la intensidad de los eventos únicos (duración de 1 o 5 días), pero una tendencia negativa significativa de la precipitación media y mediana cuando se consideran todos los días de precipitación ($p > 0$), particularmente en la costa mediterránea.

En cuanto a la intensidad de las precipitaciones, Oria Iriarte (2021) ha estudiado como los episodios más extremos, los que se encuentran en torno a los percentiles 98 y 99, ya están aumentando su probabilidad de ocurrencia y que la intensidad de las precipitaciones también se está incrementando en las últimas décadas. Por otro lado, el informe sobre la evolución futura de las precipitaciones intensas en España (CEDEX, 2021), que toma como referencia el periodo 1971-2000 y utiliza las proyecciones climáticas de EURO-CORDEX (horizonte 2100), indica un aumento de la torrencialidad, con lluvias extremas asociadas a episodios cortos en el este peninsular. Los cambios señalados en la intensidad de las precipitaciones en el área mediterránea española están relacionados con las alteraciones que se están experimentando en la circulación atmosférica en las latitudes medias del hemisferio norte. Ello provocaría un aumento de depresiones aisladas en los niveles altos de la atmósfera (DANA), concentrándose principalmente en el Golfo de Cádiz y al Mediterráneo Occidental en su conjunto. Tomando como referencia el nivel de 200 hPa, en Europa el número de DANA por año, entre 1960 y 1990, se mantuvo estable, en casi 30 años. Sin embargo, desde 1990, este número ha aumentado significativamente, actualmente alrededor de 35-40 (Muñoz et al. 2020). De hecho, son estos fenómenos los que provocan en la mayoría de los casos de episodios de precipitación intensa en el este peninsular, los cuales podrían aumentar en las próximas décadas debido al incremento de los procesos termodinámicos en una atmósfera más cálida. Hay que tener en cuenta que ese aumento de la temperatura del mar, que es superior al aumento de la temperatura del aire, ya comentado, conlleva una creciente inestabilidad potencial (Llasat et al., 2021).

También es relevante la modificación estacional de los patrones de precipitación debido a que las lluvias de primavera están disminuyendo a favor de las de otoño. Esto es especialmente significativo en el extremo sur del Sistema Ibérico, donde se encuentran los nacimientos de algunos de los ríos más importantes de España, con sus desembocaduras en el mar Mediterráneo (Júcar, Turia) o en el Atlántico (Tajo). Así se ha señalado en diferentes estudios (De Luis et al., 2010; Miró, 2014) que apuntan a la progresiva extensión territorial de las lluvias típicamente mediterráneas (máximas precipitaciones en otoño) desde la costa mediterránea hacia el interior de la península ibérica, donde el principal pico de precipitaciones generalmente se produce en la primavera (sección oriental de la cordillera ibérica). Este hecho incide directamente en la planificación hidrológica, dado que las lluvias primaverales son determinantes para el normal desarrollo de la actividad agrícola y la acumulación de reservas de agua en embalses y acuíferos, permitiendo paliar el incremento del consumo en los meses más cálidos del año.

Estos cambios en las precipitaciones no sólo se reflejan en las lluvias, sino también en las nevadas. Los estudios en este sentido son bastante escasos y apenas existen referencias, ya que se suelen centrar en áreas de alta montaña con Pirineos y Sierra Nevada, pero no en cotas bajas. No obstante, es necesario comentar algunos trabajos como el de Martínez Ibarra (2010) que tras un análisis documental de más de 100 años (1900-2009) concluye que las nevadas en la costa sureste ibérica muestran una tendencia decreciente, o el de Ginés Llorens (2013), también basado en un análisis bibliográfico que certifica la reducción de nevadas en las últimas décadas en Castellón. No obstante, es necesario destacar que en los últimos años los episodios de nevadas intensas han sido recurrentes en las comunidades mediterráneas españolas, como, por ejemplo el temporal de enero de 2017, que provocó nevadas a nivel del mar en la provincia de Alicante (Jansà Clar, 2018). La Borrasca Gloria, considerada por Oria Iriarte (2020) como el evento más extremo registrado, en cuanto a cantidades de precipitación se refiere acaecido en esta zona, con nevadas de record en la provincia de Castellón y las intensas nevadas registradas en la ciudad de Barcelona en los últimos años (marzo de 2010, febrero de 2018). Estos últimos episodios están relacionados con

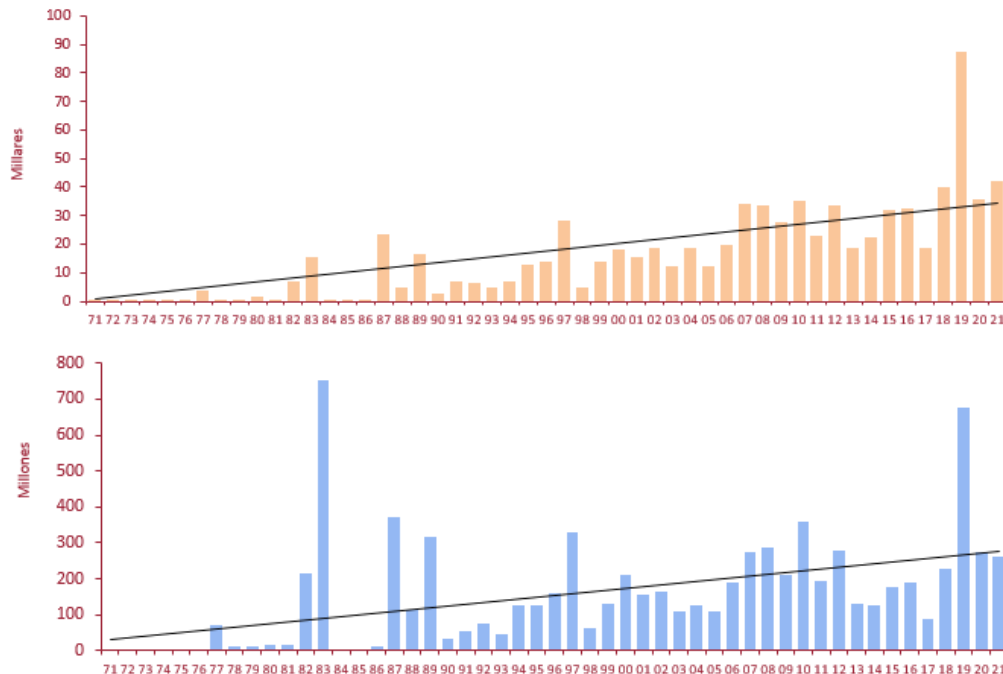
circulaciones de “gota fría” y la entrada de vientos superficiales de levante que, en pocas horas, dejan cantidades muy elevadas de precipitación sólida sobre las montañas mediterráneas.

3.3. Incremento de eventos atmosféricos extremos en un territorio de alta exposición

En el litoral mediterráneo se ha comprobado el aumento de episodios de precipitación de gran intensidad horaria, de jornadas de calor prolongado, de temporales marítimos con efectos en la primera línea de costa, así como la génesis más frecuente de nevadas de carácter torrencial en áreas de montaña.

Según la Estadística de Riesgos Extraordinarios recogida por el Consorcio de Compensación de Seguros (2023), las inundaciones (ya sean por embates de mar o por el desbordamiento de cauces) y las tempestades ciclónicas atípicas han supuesto (que en la actualidad incluyen daños por nieve, lluvia, pedrisco y huracanes), desde 1971 hasta 2021, el 93% del total de expedientes realizados por este organismo, lo que supuesto una indemnización total de 10.186.142.988€. Hay que tener en cuenta que Barcelona, Valencia y Alicante (en este orden), son las provincias donde más expedientes se han tramitado en los últimos 50 años, a lo que hay que añadir que las provincias de la fachada mediterránea (desde Málaga hasta Girona) agrupan al 47,6 % del total de expedientes tramitados. Si bien, aunque el coste medio se ha reducido en los últimos años, el número de expedientes y la cantidad de euros destinados a indemnizaciones se ha incrementado en las últimas décadas (Figura 5).

Figura 5. Evolución del número de expedientes e indemnizaciones.



Leyenda: el primer gráfico (naranja) muestra el número total de expedientes registrados por el Consorcio de Compensación de Seguros por año, mientras que el segundo (azul) refleja la cantidad en millones de euros de indemnizaciones pagadas por este organismo entre 1971 y 2021.

Fuente: Consorcio de Compensación de Seguros (2023)

Episodios recientes como la gota fría que dejó importantes inundaciones en el sureste peninsular en 2012 provocando la riada de “San Wenceslao” y las inundaciones provocadas a consecuencias

de una Depresión Aislada en Niveles Altos, que dejaron importantes daños en la cuenca del Segura en septiembre de 2019, se encuentran dentro de los diez principales eventos por volumen de indemnización que ha habido en España en las últimas décadas.

Pradhan et al. (2022) apuntan que los fenómenos climáticos extremos son cada vez más frecuentes, recurrentes y persistentes en Europa. Este hecho podría explicar la continua superación de record en la fachada mediterránea española. Muchos de estos se han producido en series centenarias lo que demuestra que estamos ante unos datos sin precedentes. La mayor parte de ellos tienen como variable protagonistas las temperaturas máximas y mínimas mensuales, que están alcanzando valores cada vez más altos a lo largo de todo el año. Por ejemplo, en julio de 2022 se batió récord de temperaturas máximas medias en la mayoría de los observatorios meteorológicos de las Islas Baleares (AEMET, 2022b). En agosto de 2022, se registró la temperatura más alta registrada en el observatorio de Alicante desde hace 125 años, se batió en record de temperatura mínima más elevada en este mismo observatorio y en el de Valencia, y el aeropuerto de Alicante-Elche superó en dos ocasiones su record de temperaturas máximas en menos de un mes (AEMET, 2022c).

En el caso de las precipitaciones la tónica es similar, con efemérides batidas en los últimos años relacionadas con la intensidad y persistencia de las precipitaciones. De hecho, Oria Iriarte (2019) refleja como en los últimos 50 años ha habido un aumento en el promedio de la cantidad de precipitación diaria de los días muy húmedos en zonas del Mediterráneo, así como una ligera disminución de la duración de los periodos secos en zonas del litoral mediterráneo. En contraposición, el estudio de series climatológicas longevas, como la Murcia-Alcantarilla, que data de 1864, ha permitido comprobar que se ha producido una intensificación de la frecuencia, intensidad y duración de los periodos de sequía durante la segunda mitad del S.XX (Ruiz Álvarez et al., 2016) y se espera que estas puedan seguir incrementándose ante los escenarios de cambio climático previstos (Greve et al. 2018).

Figura 6. Ocupación del dominio público marítimo-terrestre y efectos de temporales marítimos en el litoral mediterráneo español (2017-2022) en Guardamar del Segura (Alicante)



Fuente: Elaboración propia

Por último, nos encontramos ante un aumento de la intensidad de los temporales marítimos en el mediterráneo occidental (Amarouche y Akpınar, 2021), relacionados con depresiones profundas (Makris *et al.*, 2023). Ello ha contribuido a que la vulnerabilidad y la exposición ante eventos atmosféricos de rango extraordinario debido a la implantación de viviendas y equipamientos en áreas indebidamente ocupadas. Un ejemplo de ello se refleja en la Figura 6, que muestra cómo los temporales marítimos acaecidos en los últimos años Guardamar del Segura (Alicante) han provocado continuos destrozos en las viviendas situadas en primera línea de costa.

4. Discusión y conclusiones

Las temperaturas y las precipitaciones muestran cambios que responden, por un lado, a procesos globales, pero también muestran alteraciones relativas a mecanismos regionales, como son la cercanía al mar o los usos del suelo, ya comentados anteriormente. El aumento de las temperaturas es un hecho evidente, no sólo en esta zona de estudio sino también en el resto de la cuenca mediterránea (Miró *et al.*, 2006; Xoplaki *et al.*, 2006; Hertig *et al.*, 2010; Efthymiadis *et al.*, 2011; Simolo *et al.*, 2012; Piccarreta *et al.*, 2014). Además, los cambios proyectados indican que esta tendencia continuará con diferentes magnitudes dependiendo del escenario de cambio climático considerado (Barrera-Escoda *et al.*, 2014; Zittis *et al.*, 2016).

El incremento de las temperaturas mínimas se ha convertido en un factor diferencial en la costa mediterránea española, ya que el número de noches tropicales ha aumentado y la temperatura media de las noches cálidas también muestra una tendencia creciente (Miró *et al.*, 2006; Olcina *et al.*, 2019; Ramos *et al.*, 2012; Royé, 2017). Las razones que explican este incremento podría obedecer a la influencia de tres factores: un mar Mediterráneo cada vez más cálido en términos absolutos, con un alargamiento del periodo de temperaturas templadas (López García, 2015); cambios en los patrones atmosféricos que motivarían el aumento de configuraciones sinópticas que favorecen las advecciones de masas de aire cálidas (Jansà *et al.*, 2016; Sánchez-Lorenzo *et al.*, 2011; Michaelides *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2015); y el papel que ejercen las propias ciudades a la hora de generar las islas de calor urbanas (Querada *et al.*, 2000; Alcoforado y Andrade, 2008).

Las proyecciones apuntan a un continuo aumento de los valores térmicos, lo que es especialmente preocupante si tenemos en cuenta la pérdida de confort climático que ya existe en la actualidad en el área mediterránea española y que conlleva grandes repercusiones a nivel sanitario (Roldán *et al.*, 2016; Ostro *et al.*, 2012) y económico (Olcina y Vera, 2016; Saurí *et al.*, 2013).

Por su parte, las precipitaciones también están experimentando cambios en su tendencia y magnitud. En términos de intensidad, Peñarrocha *et al.* (2022) muestran un aumento del número de extremos en el periodo 1971-1995 en la costa española del Levante. Otros investigadores centran sus objetivos en el análisis de índices de extremos (ETCCDI-Expert Team on Climate Change Detection and Indices) para la detección del cambio climático en España utilizando 12.858 observatorios con alta resolución espacial, mostrando una mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos en la costa mediterránea (Serrano-Notivol *et al.*, 2018). En contraste, para el sureste de España, Valdés-Abellán y Úbeda Müller (2020) seleccionan 6 estaciones de la red AEMET en dicha región y encuentran una tendencia general a la reducción de días > 40 mm/día en 5 de las 6 estaciones. Además, observan que con el aumento del umbral los cambios son más importantes, con una tendencia creciente en una estación y decreciente en el resto. Para la provincia de Alicante, el análisis de los 11 índices de precipitación extrema (ETCCDI) basado en 243 observatorios reconstruidos determinó que los días con precipitación superior a 10 mm y 20 mm

presentan tendencias espaciales diferentes con valores negativos (Moutahir et al., 2014), mientras que Sánchez-Almodóvar (2022) no determina una tendencia porque la serie no presenta significación estadística.

Las configuraciones atmosféricas de gota fría están incrementando su presencia en latitudes mediterráneas, lo que genera un aumento del factor de riesgo respecto a episodios de lluvias intensas y torrenciales. Miró et al. (2022) indican que estos episodios muestran que un número significativo de las situaciones de precipitación torrencial estuvieron relacionadas con configuraciones de gota fría, tal y como se determinó en el trabajo previo de Muñoz et al. (2020), en el que se destaca que este tipo de situaciones han tenido un incremento de frecuencia del 20% en los últimos años. En el SE de España, para las fechas en las que se registraron precipitaciones superiores a 200 mm (1941-2017), Martín Vide et al. (2021) también obtuvieron una mayor frecuencia para los episodios de “Advección desde el Este con DANA” (52,9%), seguidas de los producidos por vaguadas (17,6%) y, por último, por una baja de núcleo frío (16,2%). Grimalt-Gilabert et al. (2021), sin embargo, para episodios con umbral superior a 200 mm/día, para las Islas Baleares, obtuvieron las frecuencias más altas en la baja Dinámica (26,4%), las vaguadas (24,5%), la advección del E con DANA (24,5%), y la advección desde el NE con DANA (11,3%). En otro estudio para las provincias costeras de Cataluña, en el NE de la península ibérica, se analizaron 304 días con un umbral de 100 mm/día o más (1950-2005), y se identificaron los 7 patrones más frecuentes mediante Análisis de Componentes Principales, entre los que destacan la baja débil de núcleo frío al E, una situación de bloqueo al SE y advección desde el SE, con diferencias respecto al sureste Martín-Vide et al. (2008). En el caso concreto de la Comunitat Valenciana (provincias de Alicante, Valencia y Castellón), un estudio de Martín-Vide (2002) analiza 25 días con precipitaciones superiores o iguales a 200 mm/día (1975-1990), utilizando la clasificación automática de Jenkinson y Collison. El autor concluye que el 56% de los episodios son de tipo ciclónico puro. En la región de Cataluña, el estudio de Gilabert y Llasat (2018) analiza 261 episodios de inundaciones, en el periodo 1900-2010, e identifica 22 tipos sinópticos donde el 45,6% del total de episodios son de tipo ciclónico puro.

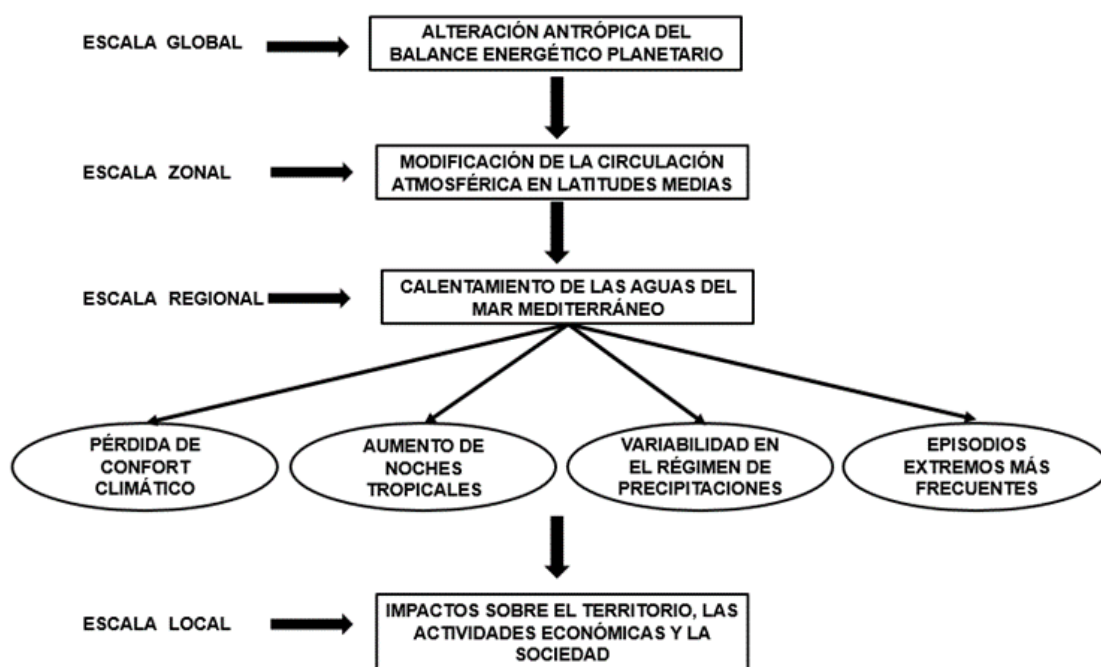
Por otro lado, la mayor presencia de DANAs no justifica exclusivamente ese aumento de las precipitaciones medias en zonas donde predomina el flujo mediterráneo, mientras que están disminuyendo en zonas dependientes del flujo atlántico. Ese incremento parece estar relacionado con una mayor frecuencia de configuraciones sinópticas que dan lugar a una Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO) negativa, es decir a situaciones que favorecen un flujo de viento húmedo sobre el litoral mediterráneo, como, por ejemplo, la presencia de altas presiones sobre Centroeuropa (Martín-Vide y López-Bustins, 2006; López-Bustins y Lemus-Cánovas, 2020). En cambio, esa reducción de precipitaciones en la España atlántica, sobre todo en invierno, obedece a una Oscilación del Atlántico Norte positiva, es decir, a la presencia de profundas borrascas sobre Islandia y a un potente anticiclón sobre las Azores que impide la llegada de inestabilidad a la península ibérica (López-Bustins et al., 2008). Este hecho se ha podido comprobar en Andalucía, una región donde existen regiones dependientes del flujo atlántico, regiones donde imperan ambos flujos y regiones exclusivamente mediterráneas (Halifa-Marín et al., 2021; Hidalgo-Muñoz et al., 2011), pero también en la Demarcación Hidrográfica del Júcar (Gómez et al., 2018).

Hay que tener en cuenta para esta variable el papel que vuelve a jugar un mediterráneo cada vez más cálido, ya que aumentaría las entradas de humedad bajo las trayectorias de advección sobre esta zona y podría provocar un aumento de las precipitaciones convectivas (Llasat et al., 2021). De hecho, son varios los estudios centrados en comprobar esa relación entre un mayor aumento

de nubosidad y precipitaciones con las variaciones de las temperaturas superficiales del mar Mediterráneo (Desbiolles *et al.*, 2021; Berthou *et al.*, 2015; Rainaud *et al.*, 2017).

En este estudio se ha analizado los cambios producidos en las precipitaciones y temperaturas, así como el incremento de los episodios extremos en las últimas décadas en la fachada mediterránea española, como consecuencia del calentamiento climático. De acuerdo con la literatura reciente esta revisión bibliográfica ha identificado una serie de resultados que ponen en común un aumento de las noches tropicales en el litoral mediterráneo, y cómo este hecho está afectando a la pérdida de confort térmico, el incremento de las precipitaciones intensas en algunas áreas concretas y una mayor recurrencia de fenómenos extremos. A consecuencia de ello, se está produciendo un impacto sobre el territorio, las actividades económicas y la sociedad, en general (Figura 7).

Figura 7. Alteración “mediterránea” de los elementos climáticos en el proceso actual de cambio climático en la fachada este de España.



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, aún siguen existiendo puntos de debate entornos a algunas cuestiones, como el posible papel que puede jugar un mar Mediterráneo cada vez más cálido en las precipitaciones y en las temperaturas, es decir, hasta qué punto podíamos hablar de una mediterraneización del área de estudio, y si esos cambios constatados pueden ser debidos a cambios en la circulación atmosférica, o a otros factores ajenos a este mar. Los autores de este manuscrito reconocemos las limitaciones de nuestros resultados debido principalmente a la falta de estudios que integren a todo el litoral mediterráneo de la península ibérica en su conjunto a la hora de analizar las diferentes variables, y a la falta de explicaciones acerca de las causas que explican los cambios en temperaturas y precipitaciones, lo que dificulta la extracción de conclusiones globales y la relación causa-efecto. En el estado actual, identificamos que el conocimiento debe de ser mejorado en seguir estudiando la relación que tiene el mar Mediterráneo sobre el clima de la península ibérica, y como los cambios futuros que puede haber en él pueden condicionar las condiciones climáticas futuras.

Bibliografía

- AEMET (2020). Proyecciones climáticas para el siglo XXI en España. En: *Agencia Estatal de Meteorología*. Recuperado de: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat
- AEMET (2022a). Informe sobre el estado del clima en España 2021. Resumen ejecutivo. Recuperado de: https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Informes_estado_clima/Resumen_ejecutivo_informe_clima_2021.pdf
- AEMET (2022b). Avance climatológico mensual. Julio de 2022 en Illes Balears. En: *Agencia Estatal de Meteorología*. Recuperado de: https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/ccaa/illes-balears/avance_climat_bal_jul_2022.pdf
- AEMET (2022c). Avance climatológico de agosto de 2022 en la Comunitat Valenciana. En: *Agencia Estatal de Meteorología*. Recuperado de: https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/ccaa/comunitat-valenciana/avance_climat_val_ago_2022.pdf
- Alcoforado, M.J., Andrade, H. (2008). Global Warming and the Urban Heat Island. En: J.M. Marzluff, E. Shulenberg, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon, & C. Zumbunnen. *Urban Ecology* (pp. 249-262). Boston, EEUU: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_14
- Amarouche, K., & Akpınar, A. (2021). Increasing Trend on Storm Wave Intensity in the Western Mediterranean. *Climate*, 9(1), 11, 17 pp. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/cli9010011>
- Amengual, A., Homar, V., Romero, R., Brooks, H.E., Ramis, C., Gordaliza, M. & Alonso, S. (2014). Projections of heat waves with high impact on human health in Europe. *Global and Planetary Change*, 119, pp.71-84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.05.006>
- Bailey, H., Hubbard, A., Klein, E.S., Mustone, K.R., Akers, P.D., Marttila, H. & Welker, J.F. (2021). Arctic sea-ice loss fuels extreme European snowfall. *Nature Geoscience* 14, pp. 283-288. doi:<https://doi.org/10.1038/s41561-021-00719-y>
- Barrera-Escoda, A., Gonçalves, M., Guerreiro, D., Cunillera, J. & Baldasano, JM. (2014). Projections of temperature and precipitation extremes in the North Western Mediterranean Basin by dynamical downscaling of climate scenarios at high resolution (1971-2050). *Climatic Change*, 122(4), pp. 567-582. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-013-1027-6>
- Berthou, S., Mailler, S., Drobinski, P., Arsouze, T., Bastin, S., Béranger, K., Flaounas, E., Brossier, C.L., Somot, S. & Stéfanon, M. (2016). Influence of submonthly air-sea coupling on heavy precipitation events in the Western Mediterranean basin. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 142, pp. 453-471. doi: <https://doi.org/10.1002/qj.2717>
- Brunet, M., Jones, P. D., Sigró, J., Saladié, O., Aguilar, E., Moberg, A., Della-Marta, P. M., Lister, D., Walther, A., & López, D. (2007). Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005. *Journal of Geophysical Research*, 112, D12117. doi:10.1029/2006JD008249
- CEAM (2022). *Informe TSM del Mediterráneo (Verano 2022)*. Departamento de Meteorología y Dinámica de Contaminantes. Fundación CEAM. doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12902.91200>
- CEAM (2023). Mediterranean Sea Surface Temperature Trend. En *Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo*. Recuperado de: <http://www.ceam.es/ceamet/SST/SST-trend.html>
- CEDEX (2021). *Impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España*, Madrid. Centro de Estudios Hidrográficos, pp. 404. Recuperado de: https://ceh.cedex.es/web_ceh_2018/Imp_CClimatico_Pmax.htm
- Chazarra-Bernabé, A., Lorenzo-Mariño, B., Rodríguez-Ballesteros, C. & Botey Fullat, R. (2020). *Análisis de las temperaturas en España en el periodo 1961-2018. Volumen 2. Series de temperaturas medias en España a partir de estaciones de referencia (nota técnica 31.2 de AEMET)*. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología. doi: <https://dx.doi.org/10.31978/666-20-004-X>
- Chazarra Bernabé, A., Lorenzo Mariño, B., Romero Fresneda, R. & Moreno García, J.V. (2022). Evolución de los climas de Köppen en España en el periodo 1951-2020. *Notas técnicas de AEMET*, 37. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología. doi: <https://doi.org/10.31978/666-22-011-4>
- Ciscar, J.C., Feyen, L., Ibarreta, D., & Soria, A. (Coords.) (2018). *Climate impacts in Europe Final report of the JRC PESETA III Project*. European Commission. doi: <https://doi.org/10.2760/93257>
- Cohen, J., Zhang, X., Francis, J., Jung, T., Kwok, R., Overland, J., Ballinger, T.J., Bhatt, U.S., Chen, H.W., Coumou, D., Feldstein, S., Gu, H., Handorf, D., Henderson, G., Ionita, M., Kretschmer, M., Laliberte, F., Lee, S., Linderholm,

- H.W., ... Yoon, J. (2018). Divergent consensus on Arctic amplification influence on midlatitude severe winter weather. *Nature Climate Change*, 10, pp. 20–29 (2020). doi: <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0662-y>
- Consorcio de Compensación de Seguros (2023). *Estadística Riesgos Extraordinarios. Serie 1971-2021*. Madrid: Consorcio de Compensación de Seguros. Recuperado de: https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/44193/Estadistica_Riesgos_Extraordinarios_1971_2014/14ca6778-2081-4060-a86d-728d9a17c522
 - Coumou, D., Di Capua, G., Vavrus, S., Wang, L. & Wang, S. (2018). The influence of Arctic amplification on mid-latitude summer circulation. *Nature Communications*, 9, 2959. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05256-8>
 - Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M. C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M.N. & Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8, pp. 972-980, doi: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
 - Cresswell-Clay, N., Ummenhofer, C.C., Thatcher, D.L., Wanamaker, A.D., Rhawn, F.D., Asmeron, Y. & Polyak V.J. (2022). Twentieth-century Azores High expansion unprecedented in the past 1,200 years. *Nature Geoscience*, 15, pp. 548–553. doi: <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00971-w>
 - De Luis, M., Brunetti, M., Gonzalez-Hidalgo, J.C., Longares, L.A. & Martin-Vide, J. (2010). Changes in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946–2005, *Global and Planetary Change*, 74, pp. 27-33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.06.006>
 - Del Río, S., Cano-Ortiz, A., Herrero, L. & Penas, A. (2012). Recent trends in mean maximum and minimum air temperatures over Spain (1961–2006). *Theoretical and Applied Climatology*, 109, pp. 605–626. doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0593-2>
 - Deng K., Ting M., Yang S. & Tan Y. (2018). Increased Frequency of Summer Extreme Heat Waves over Texas Area Tied to the Amplification of Pacific Zonal SST Gradient. *Journal of Climate*, 31, pp. 5629-5647. doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0554.1>
 - Desbiolles, F., Alberti, M., Hamouda, M. E., Meroni, A. N., & Pasquero, C. (2021). Links between sea surface temperature structures, clouds and rainfall: Study case of the Mediterranean Sea. *Geophysical Research Letters*, 48(10), e2020GL091839. doi: <https://doi.org/10.1029/2020GL091839>
 - Efthymiadis, D.; Goodess, C.M. & Jones, P.D. (2011). Trends in Mediterranean gridded temperature extremes and large-scale circulation influences. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, pp. 2199–2214. doi: <https://doi.org/10.5194/nhess-11-2199-2011>
 - El Kenawy, A., López-Moreno, J. I., & Vicente-Serrano, S. M. (2011). Recent trends in daily temperature extremes over northeastern Spain (1960–2006), *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, pp. 2583–2603. doi: <https://doi.org/10.5194/nhess-11-2583-2011>
 - Espín Sánchez, D. (2017). Superación de umbrales meteorológicos, con tendencia cambiante de los valores extremos. In C. Conesa García & P. Pérez Cutillas (Eds.), *Riesgos Ambientales en la Región de Murcia* (pp. 59-84). Murcia, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Recuperado de: <https://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/Umbrales-Murcia.pdf>
 - Espín-Sánchez, D., Olcina-Cantos, J., & Conesa-García, C. (2023). Temporal Changes in Tourists' Climate-Based Comfort in the Southeastern Coastal Region of Spain. *Climate*, 11(11), 230. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/cli11110230>
 - Francis, F.A. & Vavrus, S.J. (2012). Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes, *Geophysical Research Letters*, vol. 39, L06801, doi: <https://doi.org/10.1029/2012GL051000>
 - Gilabert, J. & Llasat, M.C. (2018). Circulation weather types associated with extreme flood events in Northwestern Mediterranean. *International Journal of Climatology*, 38, 1864-1876. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5301>
 - Ginés Llorens, F. (2013). *Olas de aire frío y temporales de nieve en Castellón*. Universitat Jaume I. 45 pp. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10234/63270>
 - Gómez-Martínez, G., Pérez-Martín, M. A., Estrela-Monreal, T., & del-Amo, P. (2018). North Atlantic oscillation as a cause of the hydrological changes in the Mediterranean (Júcar River, Spain). *Water Resources Management*, 32, pp. 2717-2734. doi: <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1954-0>
 - Greve, P., Gudmundsson, L., and Seneviratne, S. I. (2018). Regional scaling of annual mean precipitation and water availability with global temperature change, *Earth System Dynamics*, 9, pp. 227–240. doi: <https://doi.org/10.5194/esd-9-227-2018>
 - Grimalt-Gelabert, M.; Alomar-Garau, G.; Martin-Vide, J. (2021). Synoptic Causes of Torrential Rainfall in the Balearic Islands (1941–2010). *Atmosphere*, 12, 1035. <https://doi.org/10.3390/atmos12081035>

- Guijarro, J.A. (2002). Tendencias de la precipitación en el litoral mediterráneo español. En Guijarro Pastor, J.A. (Ed.). *El agua y el clima* (pp. 237-246). Madrid, Publicaciones de la Sociedad Española de Climatología. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/9143>
- Halifa-Marín, A., Lorente-Plazas, R., Pravia-Sarabia, E., Montávez, J. P., & Jiménez-Guerrero, P. (2021). Atlantic and Mediterranean influence promoting an abrupt change in winter precipitation over the southern Iberian Peninsula. *Atmospheric Research*, 253, 105485. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105485>
- Ham, YG. & Na, HY. (2017). Marginal Sea Surface Temperature Variation as a Pre-Cursor of Heat Waves over the Korean Peninsula. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 53(4), pp. 445-455. doi: <https://doi.org/10.1007/s13143-017-0047-y>
- Hatfield, J.L. & Prueger, J.H. (2015). Temperature extremes: effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, pp. 4-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Hausfather, Z. (2018). Explainer: What climate models tell us about future rainfall. En *Carbon Brief*. Retrieved from: <https://www.carbonbrief.org/explainer-what-climate-models-tell-us-about-future-rainfall/>
- Hertig, E., Seubert, S. & Jacobeit, J. (2010). Temperature extremes in the Mediterranean area: Trends in the past and assessments for the future. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, pp. 2039–2050. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-2039-2010>
- Hidalgo-Muñoz, J. M., Argüeso, D., Gámiz-Fortis, S. R., Esteban-Parra, M. J., & Castro-Díez, Y. (2011). Trends of extreme precipitation and associated synoptic patterns over the southern Iberian Peninsula. *Journal of Hydrology*, 409(1-2), pp. 497-511. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.08.049>
- Homar, V., Ramis, C., Romero, R. & Alonso, S. (2010). Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain). *Climatic Change*, 98, pp. 199–211. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9664-5>
- IPCC (2014). *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- IPCC (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. En T. W. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor (Ed.), *Summary for Policymakers*, (pp. 3–24). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>
- IPCC (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. In press. Recuperado de: <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- IPCC (2021). *Climate Change 2021. The Physical Science Basis*. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Recuperado de: https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf
- Jansà, A., Homar, V., Romero, R., Alonso, S., Guijarro, J.A. & Ramis, C. (2017). Extension of summer climatic conditions into spring in the Western Mediterranean area. *International Journal of Climatology*, 37, pp. 1938-1950. <https://doi.org/10.1002/joc.4824>
- Jansà Clar, A. (2018). Temporal mediterráneo de lluvia, nieve y viento (Ene 2017). Santos Burguete, Carlos (ed.), *Física del caos en la predicción meteorológica* (pp. 795-803). Madrid, España: Agencia Estatal de Meteorología. doi: <https://dx.doi.org/10.31978/014-18-009-X.52>
- Katavoutas, G. & Founda, D. (2019). Intensification of thermal risk in Mediterranean climates: evidence from the comparison of rational and simple indices. *International Journal of Biometeorology*, 63, pp. 1251–1264. doi: <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01742-w>
- Katz, RW & Brown, BG. (1992). Extreme events in a changing climate: variability is more important than averages. *Climatic Change*, 21, pp. 289-302. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00139728>
- Keellings, D. & Waylen, P. (2012). The stochastic properties of high daily maximum temperatures applying crossing theory to modelling high-temperature event variables. *Theoretical and Applied Climatology*, 108, pp. 579-590. doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0553-2>

- Kim, B.M., Son, S.W., Min, S.K., Jeong, J.H., Kim, S.J., Zhang, X., Shim, T. & Yoon, J.H. (2014). Weakening of the stratospheric polar vortex by Arctic sea-ice loss. *Nature Communications*, 5, 4646. doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms5646>
- Izquierdo-Muñoz, A., Rubio-Portillo, E. & Ramos-Esplá A.A. (2019). “Monitoring Tropical Signals in the Tabarca Island MPA. Anthozoans as global warming indicators.” Conference Abstract: XX Iberian Symposium on Marine Biology Studies (SIEBM XX). Braga, 9-12 de septiembre. doi: 10.3389/conf.fmars.2019.08.00124
- Llasat, M. C., del Moral, A., Cortès, M., & Rigo, T. (2021). Convective precipitation trends in the Spanish Mediterranean region. *Atmospheric Research*, 257, 105581. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105581>
- Lopez-Bustins, J. A., Martin-Vide, J., & Sanchez-Lorenzo, A. (2008). Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns. *Global and Planetary Change*, 63(2-3), 171-176. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.002>
- Lopez-Bustins, J. A., & Lemus-Canovas, M. (2020). The influence of the Western Mediterranean Oscillation upon the spatio-temporal variability of precipitation over Catalonia (northeastern of the Iberian Peninsula). *Atmospheric Research*, 236, 104819. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104819>
- López García, M. J. (2015). Recent warming in the Balearic Sea and Spanish Mediterranean coast. Towards an earlier and longer summer. *Atmósfera*, 28(3), pp. 149-160. doi: <https://doi.org/10.20937/ATM.2015.28.03.01>
- Makris, C. V., Tolika, K., Baltikas, V. N., Velikou, K., & Krestenitis, Y. N. (2023). The impact of climate change on the storm surges of the Mediterranean Sea: Coastal sea level responses to deep depression atmospheric systems. *Ocean Modelling*, 181, 102149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2022.102149>
- Martín León, F. (2018). Analizando el concepto de noche tropical. En *Revista del Aficionado a la Meteorología*, Recuperado de: <https://www.tiempo.com/ram/449791/analizando-el-concepto-de-noche-tropical/>
- Martín León, F. (2019). “Los inviernos serán más cálidos, pero también con irrupciones más frías”. *Revista del Aficionado a la Meteorología*. Recuperado de: <https://www.tiempo.com/ram/507091/los-inviernos-seran-mas-calidos-pero-tambien-con-irrupciones-mas-frias/>
- Martín-Vide, J. (2002). Aplicación de la clasificación sinóptica automática de Jenkinson y Collison a días de precipitación torrencial en el este de España. In *La información climática como herramienta de gestión ambiental bases de datos y tratamiento de series climatológicas: Reunión Nacional de Climatología (7th 2002 Albarracín, España)* (pp. 123-128).
- Martin-Vide, J., & Lopez-Bustins, J. A. (2006). The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 26(11), pp. 1455-1475. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.1388>
- Martin-Vide, J., Sanchez-Lorenzo, A., Lopez-Bustins, J. A., Cordobilla, M. J., Garcia-Manuel, A. and Raso, J. M. (2008). Torrential rainfall in northeast of the Iberian Peninsula: synoptic patterns and WeMO influence. *Advances in Science and Research*, 2, pp. 99-105. doi: <https://doi.org/10.5194/asr-2-99-2008>
- Martín-Vide, J., Moreno-García, M. C. and López-Bustins, J. A. (2021). Synoptic causes of torrential rainfall in south-eastern Spain (1941-2017). *Geographical Research Letters*, 47(1), pp. 143-162. doi: <https://doi.org/10.18172/cig.4696>
- Martínez Ibarra, E. (2010). “Análisis de las nevadas acontecidas en la costa de la región natural del SE ibérico durante el periodo 1900-2009”. En *Clima, ciudad y ecosistemas: ponencias y conferencias invitadas al VII Coloquio de la Asociación Española de Climatología* (pp. 199-208). Actas del VII Coloquio de la Asociación Española de Climatología, Madrid, 24-26 de noviembre de 2010. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8519>
- Masterton, J. M., & Richardson, F. A. (1979). *Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity*. Downsview, Canada: Environment Canada.
- MedECC (2020). *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report* [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France. doi: 10.5281/zenodo.4768833
- Michaelides, S., Karacostas, T., Sánchez, J L., Retalis, A., Pytharoulis, I., Homar, V., Romero, R., Zanis, P., Gianakopoulos, C., Bühl, J., Ansmann, A., Merino, A., Melcón, P., Lagouvardos, K., Kotroni, V., Bruggeman, A., López-Moreno, JI., Berthet, C., Katragkou, E., Tymvios, F., Hadjimitsis, DG., Mamouri, RE., & Nisantzi, A. (2018). Reviews and perspectives of high impact atmospheric processes in the Mediterranean. *Atmospheric Research*, 208, pp. 4-44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.11.022>
- Ministerios de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2023). Oceanografía. En *Puertos del Estado*. Recuperado de: <https://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

- Miró, J.J.; Estrela, M.J. & Millán, M. (2006). Summer temperature trends in mediterranean area (Valencia region). *International Journal of Climatology*, 2, pp.1051–1073. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.1297>
- Miró, J. (2014). *Downscaling estadístico de series climáticas mediante redes neuronales: reconstrucción en alta resolución de la temperatura diaria para la Comunidad Valenciana. Interpolación espacial y análisis de tendencias (1948-2011)* (Tesis doctoral). Universidad de Alicante, Alicante. Recuperado de: <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/36538>
- Miró, J. J., Estrela, M. J., Caselles, V., & Gómez, I. (2018). Spatial and temporal rainfall changes in the Júcar and Segura basins (1955–2016): Fine-scale trends. *International Journal of Climatology*, 38(13), 4699–4722. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5689>
- Miró, J.J., Estrela, M.J., Olcina-Cantos, J. & Martin-Vide, J. (2021). Future Projection of Precipitation Changes in the Júcar and Segura River Basins (Iberian Peninsula) by CMIP5 GCMs Local Downscaling. *Atmosphere*, 12, 879. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos12070879>
- Miró, J. J., Lemus-Canovas, M., Serrano-Notivoli, R., Olcina Cantos, J., Estrela, M. J., Martin-Vide, J., Sarricolea, P. and Meseguer-Ruiz, O. (2022). A component-based approximation for trend detection of intense rainfall in the Spanish Mediterranean coast. *Weather and Climate Extremes*, 38(100513). doi: <https://doi.org/10.1016/J.WACE.2022.100513>
- Moutahir, H., de Luis, M., Serrano-Notivoli, R., Touhami, I., & Bellot, J. (2014). Analisis de los eventos climáticos extremos en la provincia de Alicante, Sureste de España. *Cambio Climático y Cambio Global*, 9(October), pp.457-466. doi: <https://doi.org/10.13140/2.1.1999.4564>
- Muñoz, C., Schultz, D. & Vaughan, G. (2020). A Midlatitude Climatology and Interannual Variability of 200- and 500-hPa Cut-Off Lows. *Journal of Climate*, 33 (6), pp. 2201-2222. doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0497.1>
- Núñez Mora, J.A. (2020). Noches muy cálidas en las ciudades mediterráneas. En *AemetBlog*. Recuperado de: <https://aemetblog.es/2020/07/03/noches-muy-calidas-en-las-ciudades-mediterraneas/>
- Olcina Cantos, J. y Vera Rebollo, J.F. (2016). Adaptación del sector turístico al cambio climático en España. La importancia de las acciones a escala local y en empresas turísticas. *Anales de Geografía*, 36 (2), pp. 321-352. <https://doi.org/10.5209/AGUC.53588>
- Olcina Cantos, J., & Miró Pérez, J.J. (2017). *Actividad turística y cambio climático en la Comunidad Valenciana*. Alicante: Universidad de Alicante, Instituto Universitario de Investigaciones Turísticas; Valencia: Agència Valenciana del Turisme. doi: <http://dx.doi.org/10.14198/2017-Actividad-Turistica-ComValenciana>
- Olcina Cantos, J., & Biener Camacho, S. (2019). ¿Está cambiando el clima valenciano? Realidades e incertidumbres. In J. Olcina & E. Moltó (Eds.), *Climas y tiempos del País Valenciano* (pp. 162- 170). Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante.
- Olcina-Cantos, J.; Serrano-Notivoli R.; Miró J.; Meseguer-Ruiz O. (2019). Tropical nights on the Spanish Mediterranean coast, 1950-2014. *Climate Research* 78 (3), pp. 225-236. doi: <https://doi.org/10.3354/cr01569>
- Olcina-Cantos, J. (2020). Clima, canvi climàtic i riscos climàtics al litoral mediterrani. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66, pp. 159-182, Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/view/373299>
- Oriá Iriarte, P. (2019). Extremos climáticos relacionados con la precipitación durante los últimos 50 años en España: Evolución de las distribuciones y tendencias. En: *AemetBlog*. Recuperado de: <https://aemetblog.es/2019/07/06/extremos-climaticos-relacionados-con-la-precipitacion-durante-los-ultimos-50-anos-en-espana-evolucion-de-las-distribuciones-y-tendencias/>
- Oriá Iriarte, P. (2020). ¿Ha sido Gloria la mayor borrasca mediterránea de los últimos tiempos? *Selección del blog de AEMET 2020*. p. 35-44. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/12832>
- Oriá Iriarte, P. (2021). ¿Está aumentando la frecuencia o la intensidad de las precipitaciones extremas en el Mediterráneo? *Calendario Meteorológico 2021*. AEMET. Recuperado de: <https://aemetblog.es/2021/05/02/esta-aumentando-la-frecuencia-o-la-intensidad-de-las-precipitaciones-extremas-en-el-mediterraneo/>
- Ostro, B., Barrera-Gómez, J., Ballester, J., Basañaga, X. & Sunyer, J. (2012). The impact of future summer temperature on public health in Barcelona and Catalonia, Spain. *International Journal of Biometeorology*, 56, pp. 1135–1144. doi: <https://doi.org/10.1007/s00484-012-0529-7>
- Pastor, F., Valiente, J.A. & Palau, J.L. (2017). Sea surface temperature in the Mediterranean climatology, trends and spatial patterns (1982–2016). *Pure and Applied Geophysics*, 175, pp. 4017–4029. doi: <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1739-z>

- Peñarrocha, D., Estrela, M. J., & Millán, M. (2002). Classification of daily rainfall patterns in a Mediterranean area with ex-treme intensity levels: The Valencia region. *International Journal of Climatology*, 22, pp. 677–695. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.747>
- Perkins-Kirkpatrick, SE. & Gibson, PB. (2017). Changes in regional heatwave characteristics as a function of increasing global temperature. *Scientific Reports* 7, 12256. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12520-2>
- Piccarreta, M., Lazzari, M. and Pasini, A. (2015). Trends in daily temperature extremes over the Basilicata region (southern Italy) from 1951 to 2010 in a Mediterranean climatic context. *International Journal of Climatology*, 35, pp. 1964–1975. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.4101>
- Piticar, A. (2018). Changes in heat waves in Chile. *Global and Planetary Change*, 169, pp. 234–246. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.08.007>
- Pradhan, P., Seydewitz, T., Zhou, B., Lüdeke, M. K., & Kropp, J. P. (2022). Climate extremes are becoming more frequent, co-occurring, and persistent in Europe. *Anthropocene Science*, 1(2), 264–277. doi: <https://doi.org/10.1007/s44177-022-00022-4>
- Purich, A., Cowan, T., Cai, W., van Rensch, P., Uotila, P., Pezza, A., Bosch, G. & Perkins, S. (2014). Atmospheric and Oceanic Conditions Associated with Southern Australian Heat Waves: A CMIP5 Analysis. *Journal of Climate*, 27, pp. 7807–7829. doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00098.1>
- Quereda-Sala, J., Gil-Olcina, A., Pérez-Cueva, A., Olcina-Cantos, J., Rico-Amorós, A. & Montón Chiva, E. (2000). Climatic warming in the Spanish Mediterranean: natural trend or urban effect. *Climatic Change* 46, pp. 473–483. doi: <http://doi.org/10.1023/A:1005688608044>
- Rainaud, R., Brossier, C. L., Ducrocq, V., & Giordani, H. (2017). High-resolution air–sea coupling impact on two heavy precipitation events in the Western Mediterranean. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 143(707), pp. 2448–2462. doi: <https://doi.org/10.1002/qj.3098>
- Ramos, M.C., Balasch, J.C. & Martínez-Casasnovas, J.A. (2012). Seasonal temperature and precipitation variability during the last 60 years in a Mediterranean climate area of Northeastern Spain: a multivariate analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 110, pp. 35–53. doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0608-z>
- Roldán, E., Gómez, M., Pino, M. R., Pórtoles, J., Linares, C., & Díaz, J. (2016). The effect of climate-change-related heat waves on mortality in Spain: uncertainties in health on a local scale. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 30, pp. 831–839. doi: <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1068-7>
- Romero Fresneda, R., Moreno García, J.V., Martínez Núñez, L., Huarte Ituláin, M.T., Rodríguez Ballesteros, C. & Botey Fullat, R. (2020). Comportamiento de las precipitaciones en España y Periodos de sequía (Periodo 1961–2018). *Nota técnica 32 de AEMET*. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología. doi: <https://dx.doi.org/10.31978/666-20-006-0>
- Royé, D., & Martí Ezpeleta, A. (2015). Analysis of tropical nights on the Atlantic coast of the Iberian peninsula. A proposed methodology. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, 69. Recuperado de: <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1923/1839>
- Royé, D. (2017). The effects of hot nights on mortality in Barcelona, Spain. *International Journal of Biometeorology*, 61, pp. 2127–2140. doi: <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1416-z>
- Royé, D., Sera, F., Tobías, A., Lowe, R., Gasparrini, A., Pascal, M., de'Donato, F., Nunes, B. & Teixeira, JP. (2021). Effects of Hot Nights on Mortality in Southern Europe. *Epidemiology*, 32(4), pp. 487–498. doi: 10.1097/EDE.0000000000001359
- Ruiz Álvarez, V., Belmonte Serrato, F., García Marín, R. & Ruiz Álvarez, M. (2016). Análisis y evolución temporal de las secuencias pluviométricas secas de larga duración en la Región de Murcia (1864– 2015). En *X Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio* (pp. 335–344). Alicante: Universidad de Alicante. Instituto Interuniversitario de Geografía. Recuperado de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/57999/1/2016_X-Congreso-AEC-Alicante_31.pdf
- Sánchez-Almodóvar, E. (2022). Análisis de eventos extremos de precipitación en la provincia de Alicante (1981–2020). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 94, pp. 39. doi: <https://doi.org/10.21138/bage.3325>
- Sanchez-Lorenzo, A., Pereira, P., Lopez-Bustins, J.A., & Lolis, C.J. (2011). Summer night-time temperature trends on the Iberian Peninsula and their connection with large-scale atmospheric circulation patterns. *International Journal of Climatology*, 32, pp. 1326–1335. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.2354>
- Santana-Garcon, J., Bennett, S., Marbà, N., Vergés, A., Arthur, R. & Alcoverro, T. (2023). Tropicalization shifts herbivore pressure from seagrass to rocky reef communities. *Proceedings of the Royal Society B*, 290(1990), 11 pp. doi: <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1744>

- Santos, J.A., Pfahl, S., Pinto, J.G. & Wernli, H. (2015). Mechanisms underlying temperature extremes in Iberia: a Lagrangian perspective. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 67(1), 26032. doi: 10.3402/tellusa.v67.26032
- Sanz, M.J., & Galán, E. (2021). *Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado de: https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/impactosyriesgoscespanawebfinal_tcm30-518210_0.pdf
- Saurí, D., Olcina, J., March, H., Martín-Vide, J., Vera, F., Padilla, E. & Serra-Llobet, A. (2011). Case Study Mediterranean Coast of Spain. En: *Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies*. Applied research project 2012/1/4. Final Report. Annex 4. Recuperado de: <https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/Final%20Report%20Case%20Study%20Spain.pdf>
- Saurí, D., Olcina, J., Fernando Vera, J., Martín-Vide, J., March, H., Serra-Llobet, A. and Padilla, E. (2013). Tourism, Climate Change and Water Resources: Coastal Mediterranean Spain as an Example. En P. Schmidt-Thomé & S. Greiving (Eds.), *European Climate Vulnerabilities and Adaptation: A spatial planning perspective* (pp. 231-252)-Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118474822.ch13>
- Serrano-Notivoli, R., Beguería, S., Saz, M. A. y De Luis, M. (2018). Recent trends reveal decreasing intensity of daily precipitation in Spain. *International Journal of Climatology*, 38, pp. 4211-4224. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5562>
- Simolo, C., Brunetti, M., Maugeri, M. & Nanni, T. (2014) Increasingly warm summers in the Euro-Mediterranean zone: mean temperatures and extremes. *Regional Environmental Change*, 14, pp. 1825-1832. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0373-7>
- SOCIB (2023). Sub-regional Mediterranean Sea Indicators. En *Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears*. Recuperado de: https://apps.socib.es/subregmed-indicators/ocean_temperature.htm
- Steiner, A. K., Ladstädter, F., Randel, W. J., Maycock, A. C., Fu, Q., Claud, C., Gleisner, H., Haimberger, L., Ho, S.P., Keckhut, P., Leblanc, T., Mears, C., Polvani, L.M., Santer, B.D., Schimdt, T., Sofieva, V., Wing, R. & Zou, C. Z. (2020). Observed temperature changes in the troposphere and stratosphere from 1979 to 2018. *Journal of Climate*, 33(19), pp. 8165-8194. doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0998.1>
- Stendel, M., Francis, J., White, R., Williams, P. D., & Woollings, T. (2021). The jet stream and climate change. En T.M. Letcher (Ed.), *Climate change: Observed Impacts on Planet Earth, Third Edition* (pp. 327-357). Amsterdam, Países Bajos: Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109008>
- Sumner, G.N., Romero, R., Homar, V., Ramis, C., Alonso, S. & Zorita, E. (2003). An estimate of the effects of climate change on the rainfall of Mediterranean Spain by the late twenty first century. *Climate Dynamics*, 20, pp. 789-805. <https://doi.org/10.1007/s00382-003-0307-7>
- Teichmann, C., Bülow, K., Otto, J., Pfeifer, S., Rechid, D., Sieck, K. & Jacob, D. (2018). Avoiding Extremes: Benefits of Staying below +1.5°C Compared to +2.0° C and +3.0°C Global Warming. *Atmosphere*, 9, 115. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos9040115>
- Tsikliras A.C. & Stergiou, K.I. (2014) Mean temperature of the catch increases quickly in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 515, pp. 281-284. doi: <https://doi.org/10.3354/meps11005>
- Tian, J., Liu, J., Wang, J., Li, C., Nie, H., Yu, F. (2017). Trend analysis of temperature and precipitation extremes in major grain producing area of China. *International Journal of Climatology*, 37(2), pp. 672-687. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.4732>
- Valdes-Abellan, J., Pardo, M.A. and Tenza-Abril, A.J. (2017). Observed precipitation trend changes in the western Mediterranean region. *International Journal of Climatology*, 37, pp. 1285-1296. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.4984>
- Valdés-Abellán, J. y Úbeda Müller, M. (2020). Revisión de los eventos máximos diarios de precipitación en el dominio climático de la Marina Alta y la Marina Baja (Alicante). In M. I. López-Ortiz & J. (eds. Melgarejo (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 109-126). Universitat d' Alacant. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10045/109017>
- Wang, L., Wang, W.J., Wu, Z., Du, H., Shen, X. & Ma, S. (2018). Spatial and temporal variations of summer hot days and heat waves and their relationships with large-scale atmospheric circulations across Northeast China. *International Journal of Climatology*, 38, (15), pp. 5633-5645. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5768>
- Xoplaki, E., Luterbacher, J., & González-Rouco, J.F. (2006). Mediterranean summer temperature and winter precipitation, large-scale dynamics, trends. *Nuovo Cimento*, 29C, pp. 45-54. doi: 10.1393/ncc/i2005-10220-4

- Ye, L., Yang, G., Van Ranst, E., Tang, H. (2013). Time-series modelling and prediction of global monthly absolute temperature for environmental decision making. *Advances in Atmospheric Sciences*, 30, pp. 382–396. doi: <https://doi.org/10.1007/s00376-012-1252-3>
- Zittis, G., Hadjinicolaou, P., Fnais, M. & Lelieveld, J. (2016). Projected changes in heat wave characteristics in the eastern Mediterranean and the Middle East. *Regional Environmental Change*, 16, pp.1863-1876. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0753-2>

Agradecimientos

Los autores agradecen el trabajo de los revisores de este artículo.

Contribución de autorías

Los tres autores han contribuido en la conceptualización y metodología del trabajo; en la obtención y análisis de la revisión bibliográfica; redacción de la discusión y conclusiones.

Financiación

Aquí se especificarán las ayudas y financiación recibidas para la investigación y publicación del trabajo.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.