

Tendencias en la temperatura de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”

Trends in temperatures for “Málaga Aeropuerto” weather station

Óscar Noel Gavira-Romero

ogavira@hotmail.com  0000-0001-8048-8314

*Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Avenida Cervantes, 2. Universidad de Málaga,
Campus de Teatinos. 29071 Málaga, España.*

INFO ARTÍCULO

Recibido: 14-03-2025
Revisado: 19-04-2025
Aceptado: 19-10-2025

PALABRAS CLAVE

Clima
Cambio Climático
Efecto Invernadero
Ecología urbana
Cuenca mediterránea
Península Ibérica

KEYWORDS

Climate
Climate Change
Global Warming
Urban ecology
Mediterranean basin
Iberian Peninsula

RESUMEN

El estudio de las temperaturas de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto” demuestra un incremento lineal desde 1971 hasta 2024. Este efecto se observa tanto en las mínimas como en las máximas y en todos los meses del año, siendo mayor en los meses de verano que en los de invierno, y más en las mínimas que en las máximas. Así, la temperatura media anual ha aumentado 2,6 °C desde 1971, a un ritmo de 0,049 °C/año, la media anual de las mínimas 2,9 °C, a un ritmo de 0,055 °C/año, y la media anual de las máximas 2,2 °C, a un ritmo de 0,042 °C/año. El mayor incremento se ha observado en las mínimas de agosto, con 3,9 °C y a un ritmo de 0,074 °C/año, y el menor incremento en las máximas de febrero, con 1,3 °C y a un ritmo de 0,024 °C/año. Según estas tendencias y para 2024, Málaga tendría una temperatura media anual de 19,9 °C, una media anual de las mínimas de 15,3 °C, una media anual de las máximas de 24,5 °C, la media del mes más frío (enero) de 13,2 °C y la media del mes más cálido (agosto) de 28 °C.

ABSTRACT

The study of temperatures from “Málaga Aeropuerto” weather station shows a linear increase from 1971 to 2024. This effect is observed in both minimum and maximum temperatures, and in every month of the year. This increase is also more pronounced in the summer months than in the winter months, and greater in the minimum temperatures than in the maximum temperatures. Thus, the mean annual temperature has increased 2.6 °C since 1971, at a rate of 0.049 °C/year, the annual average of minimum temperatures has increased 2.9 °C, at a rate of 0.055 °C/year, the annual average of maximum temperatures 2.2 °C, at a rate of 0.042 °C/year. The largest increase has been observed in August's minimum temperatures, by 3.9 °C at 0.074 °C/year, while the smallest increase has been found in February's maximum temperatures, by 1.3 °C at 0.024 °C/year. Based on these trends, the expected values for 2024 in Malaga city indicate a mean annual temperature of 19.9 °C, with an average minimum temperature of 15.3 °C, an average maximum temperature of 24.5 °C, an average temperature of 13.2 °C in the coldest month (January), and an average temperature of 28 °C in the hottest month (August).

29



1. INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático es una situación sin precedentes en la historia de la Tierra, por su origen antropogénico, la rapidez de los acontecimientos y por la escala espacial y temporal que alcanza. Las consecuencias del Cambio Climático incluyen un aumento generalizado de las temperaturas, cambios en las precipitaciones, aumento de los desastres naturales, elevación del nivel del mar, etc.; a las que podría añadirse, también, otras no propiamente climáticas como la acidificación de los océanos por el aumento de la concentración de dióxido de carbono. Entre los efectos de estas consecuencias pueden citarse la pérdida de biodiversidad, pérdida de cosechas, problemas sanitarios, migraciones, daños económicos, etc. El calentamiento global es la consecuencia inmediata de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, dióxido de carbono principalmente, y el causante del resto de alteraciones climáticas.

Por este motivo, la Conferencia de las Partes de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP) celebra anualmente, en distintas partes del mundo, encuentros con los que limitar las emisiones de gases de efecto invernadero para contener el aumento de la temperatura del planeta. En el Acuerdo de París, celebrado en 2015 (COP21), se estableció limitar el aumento de la temperatura mundial a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales (1850-1900) para evitar un aumento de 2 °C. Pero, transcurridas ya 29 COPs y a pesar de todos los intentos por impedir el aumento de las temperaturas, las emisiones de gases de efecto invernadero no han dejado de incrementarse año tras año. La organización Meteorológica Mundial emitió un comunicado (25 de enero de 2025) en el que reconocía a 2024 como el año más cálido jamás registrado, superando los niveles preindustriales en más de 1,5 °C, y algunos estudios señalan que la temperatura media actual es la más alta de los últimos 100 000 años (Kaufman & McKay, 2022).

El IPCC dedica a la cuenca del Mediterráneo un capítulo específico en su 6º Informe (IPCC, 2022) en el que pronostica una intensificación del Cambio Climático en esta región, con una elevación de la temperatura superior al promedio mundial (20% para la media anual y un 50% para la media estival) y una reducción de las precipitaciones (4% por grado de calentamiento). En la cuenca mediterránea, todas las tendencias proyectadas exacerban los riesgos relacionados con el clima en múltiples sistemas y sectores, intensificando las presiones actuales sobre los ecosistemas, las economías y sobre la salud y el bienestar humanos (Cramer *et al.*, 2018; MedECC, 2020; IPCC, 2022). Algunos de los impactos ya observados incluyen olas de calor más prolongadas y/o más intensas, sequías, inundaciones, acidificación de los océanos y aumento del nivel del mar, efectos en cascada sobre los ecosistemas marinos y terrestres, impactos en el uso de la tierra y el mar (agricultura, silvicultura, pesca, turismo, etc.), y efectos sobre la salud humana.

Los efectos sobre la salud humana que se prevén son debidos principalmente al aumento de la intensidad, frecuencia y duración de las olas de calor, pero también a la aparición de nuevas enfermedades y a la menor disponibilidad de alimentos (IPCC, 2022). Si bien la cuenca mediterránea no es la región con la tasa de calentamiento más alta esperada en el planeta, se considera particular en comparación con la mayoría de las otras regiones debido a la alta exposición y vulnerabilidad a estos cambios que muestran tanto los ecosistemas como las sociedades humanas, por lo que ha sido definida como un “punto caliente” o “punto crítico” del Cambio Climático (IPCC, 2022).

En la región mediterránea, los entornos urbanos tienen valores de temperatura más elevados que en los rurales debido a que el enfriamiento nocturno es más lento (Royé & Martí, 2015) y, a diferencia de los días calurosos que afectan a la mayor parte del territorio, las noches tropicales aparecen en zonas concretas (Olcina *et al.*, 2023). 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). Este incremento de las noches tropicales y su relación con el aumento de la frecuencia de las olas de calor afecta directamente a la salud humana (Royé *et al.*, 2021) y podría condicionar el diseño de estrategias sanitarias. Se ha estimado que, en los espacios urbanos, las necesidades de enfriamiento posiblemente aumenten entre un 50 y un 278 % en escenarios por debajo de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales, y entre un 134 y un 375 % en escenarios por encima de los 3 °C (Cellura *et al.*, 2018).

Debido a que el impacto del aumento de las temperaturas varía según la región, estudiar las tendencias de la temperatura del aire es una tarea clave en la investigación del Cambio Climático (Giorgi & Lionello, 2008).



Existen numerosos estudios que analizan las tendencias de las temperaturas en toda o la mayor parte de la Península Ibérica, pudiendo citarse, entre otros, los trabajos realizados por Oñate & Pou (1996), Prieto *et al.* (2004), Brunet *et al.* (2006, 2007, 2009), Bermejo & Ancell (2009), del Río *et al.* (2011, 2012), Guijarro (2013), González-Hidalgo *et al.* (2015, 2016, 2020), Bilbao *et al.* (2019), Peña-Angulo & González-Hidalgo (2019), Peña-Angulo *et al.* (2021) y Sandonis *et al.* (2021). Además, existen bastantes estudios regionales en España (ver, por ejemplo, la recopilación realizada por González-Hidalgo *et al.*, 2015), y en Andalucía pueden destacarse los de Esteban-Parra *et al.* (1997), García-Barrón *et al.* (2006), Castro-Díez *et al.* (2007) y Ordóñez (2008). En el espacio urbano destacan los trabajos globales realizados por Bilbao *et al.* (2019) y Roca *et al.* (2023), y estudios concretos centrados en la ciudad de Barcelona (Burgueño *et al.*, 2001, 2002; Serra *et al.*, 2001, 2018, 2020; Martínez *et al.*, 2018; Lana *et al.*, 2022; Arellano-Ramos *et al.*, 2022) y Zaragoza (Cuadrat *et al.*, 1993, 2005, 2022; de la Riva *et al.*, 1997).

Con ánimo de contribuir al conocimiento de los efectos locales del Cambio Climático, se ha realizado este estudio centrado únicamente en las temperaturas, a partir de los datos obtenidos de la estación meteorológica de “Málaga Aeropuerto”.

2. METODOLOGÍA

2.1. Análisis de datos

Los datos de temperaturas de “Málaga Aeropuerto” fueron obtenidos a partir de la aplicación AEMET openData, recogiendo todos los datos diarios desde 1942. Para el cálculo de los distintos parámetros meteorológicos se han seguido las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2018). Así, la temperatura media diaria se calcula a partir de la media entre las temperaturas mínima y máxima; la media mensual como la media de las temperaturas medias diarias; la mínima mensual como la media de las temperaturas mínimas diarias; la máxima mensual como la media de las temperaturas máximas diarias; la temperatura media anual como la media de las temperaturas medias mensuales; las mínimas anuales como la media de las mínimas mensuales; y las máximas anuales como la media de las máximas mensuales. Las medias mensuales se han calculado cuando no han faltado datos durante más de 10 días o cinco o más días consecutivos. La media anual se ha calculado sólo cuando hay valores medios en todos los meses.

Según la OMM (2018), las normales climatológicas se calculan a partir de las medias de los datos climatológicos para períodos consecutivos de 30 años, que abarcan desde un año que termina en 1 hasta un año que termina en 0, actualizándose cada diez años. Así, para la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto” y en el año del presente trabajo, las temperaturas normales se calculan a partir de los valores comprendidos entre 1991 y 2020.

A partir de la base de datos de HadCRUT5 se obtuvieron los valores medios anuales de las anomalías en la temperatura mundial, aunque tan sólo se emplearon los datos posteriores al año 1942 para su comparación con la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”. HadCRUT5 ofrece las desviaciones (anomalías) de la temperatura mundial respecto al periodo comprendido entre 1961 y 1990. Igualmente, los datos diarios de horas de luz de la provincia de Málaga se consiguieron del Observatorio Astronómico Nacional. Aunque los datos de horas de luz obtenidos comienzan en el año 1990 y no alcanzan el inicio de la serie de datos de la estación meteorológica, estos valores tienen muy poca variación interanual.

Una vez obtenidos todos los datos se realizó la representación gráfica de los mismos, utilizando una media móvil de 5 años para visualizar cambios en las tendencias anuales y elegir la tendencia de mejor ajuste por regresión lineal. Las tendencias encontradas se analizaron con el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 20, tanto en los datos anuales como en los mensuales. Las regresiones obtenidas fueron evaluadas mediante una prueba de ANOVA, y se analizó la normalidad de los residuos empleando un test de Kolmogorov-Smirnov. Salvo que se indique lo contrario, todos los resultados aquí mostrados son estadísticamente significativos ($p < 0,05$).



2.2. Área de estudio

En la ciudad de Málaga hay instaladas tres estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet): 6155A - "Málaga Aeropuerto", 6156X - "Málaga, Centro Meteorológico", y 6172O - "Málaga, Puerto". Sin embargo, sólo "Málaga Aeropuerto" tiene un registro lo suficientemente largo para su estudio (desde 1942) ya que las otras dos estaciones meteorológicas comenzaron sus registros en tiempos relativamente recientes, desde 2001.

La estación meteorológica 6155A - "Málaga Aeropuerto" está situada en el extremo suroccidental del municipio de Málaga, con coordenadas $36^{\circ}39'58''\text{N}$ - $4^{\circ}28'56''\text{O}$, y a una altitud de 7 msnm. Está asociada al aeropuerto de la provincia y ubicada a escasa distancia del núcleo urbano (7 km hacia el este hasta el centro urbano), aunque inmersa en la conurbación que representa la Costa del Sol, por lo que arroja datos climatológicos de referencia para toda la zona. Es la estación meteorológica de toda la provincia que presenta la serie más larga, comenzando la toma de los datos el 1 de mayo de 1942. La temperatura media es de $18,9^{\circ}\text{C}$ y la precipitación media de 534 mm (datos normales), mientras que los vientos proceden principalmente del oeste (290°).

Respecto a las temperaturas, los datos normales (según OMM, 2018) corresponden al periodo comprendido entre 1991 y 2020, y arrojan valores de temperatura media anual de $18,9^{\circ}\text{C}$, media anual de las mínimas de $14,2^{\circ}\text{C}$, y media anual de las máximas de $23,6^{\circ}\text{C}$, estando la media mensual más fría en enero, con $12,5^{\circ}\text{C}$, y la media mensual más cálida en agosto, con $26,7^{\circ}\text{C}$ (figura 1a y tabla 1). El desfase entre la luz recibida y la temperatura es de 1 mes (Fig. 1b-c), si bien este desfase es mayor en el periodo del verano ya que el solsticio tiene lugar en junio, mientras que la máxima temperatura no se alcanza hasta agosto.

Esto explica que haya 7 meses en los que la temperatura media mensual aumenta dentro del año (de febrero a agosto), con el mayor incremento en el mes de junio ($3,7^{\circ}\text{C}$ de media), y 5 meses en los que la temperatura descende (de septiembre a enero), con el mayor descenso en noviembre ($4,1^{\circ}\text{C}$ de media) (figura 1d). Además, en el momento de los dos equinoccios y, por lo tanto, en condiciones de similar iluminación, la temperatura en primavera es más fresca (en marzo con $14,9^{\circ}\text{C}$) que la temperatura de otoño (en septiembre con $23,8^{\circ}\text{C}$), habiendo una diferencia de $8,9^{\circ}\text{C}$ entre ambos momentos. Estos últimos aspectos, unido a las características pluviométricas de cada estación, tienen importantes consecuencias biológicas y ecológicas.

32

3. RESULTADOS

3.1. Tendencias en la temperatura anual

La evolución de las temperaturas en toda la serie histórica de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto", desde 1942, muestra un primer periodo estable desde 1945 hasta 1968 (sin ninguna tendencia estadísticamente significativa), de unos $18,3^{\circ}\text{C}$ de media, momento a partir del cual se produce un brusco descenso de las temperaturas, alcanzando un mínimo en 1972 (de 17°C) (figura 1e-f). Desde entonces, la temperatura media no ha dejado de aumentar progresivamente, con un máximo observado en 2024 (de $20,3^{\circ}\text{C}$), siguiendo una tendencia lineal que se iniciaría en el año 1971 (según la recta de mejor ajuste) y a un ritmo de $0,049^{\circ}\text{C/año}$ (figura 1e-f). Considerando esta tendencia, la temperatura media anual habría evolucionado desde los $17,3^{\circ}\text{C}$ en 1971 hasta los $19,9^{\circ}\text{C}$ en 2024, lo que representa un incremento de $2,6^{\circ}\text{C}$ en 54 años, y de $1,5^{\circ}\text{C}$ con respecto al periodo estable de 1945-1968. Este aumento de la temperatura desde 1971 también se observa a nivel mundial pero el aumento es mucho menor, de sólo $1,1^{\circ}\text{C}$ (figura 1g). Es decir, por cada grado de aumento de la temperatura media anual mundial, la temperatura media anual de Málaga asciende $2,3^{\circ}\text{C}$ (figura 1h).

Este aumento de las temperaturas también tiene su reflejo en la media de las temperaturas mínimas anuales y en la media de las temperaturas máximas anuales, pero de manera desigual. Mientras que en las mínimas la temperatura ha aumentado $2,9^{\circ}\text{C}$ desde 1971, siguiendo una tendencia de $0,055^{\circ}\text{C/año}$ (figura 1i), la media de las máximas anuales ha aumentado $2,2^{\circ}\text{C}$ en el mismo periodo, a un ritmo de $0,042^{\circ}\text{C/año}$ (figura 1j).

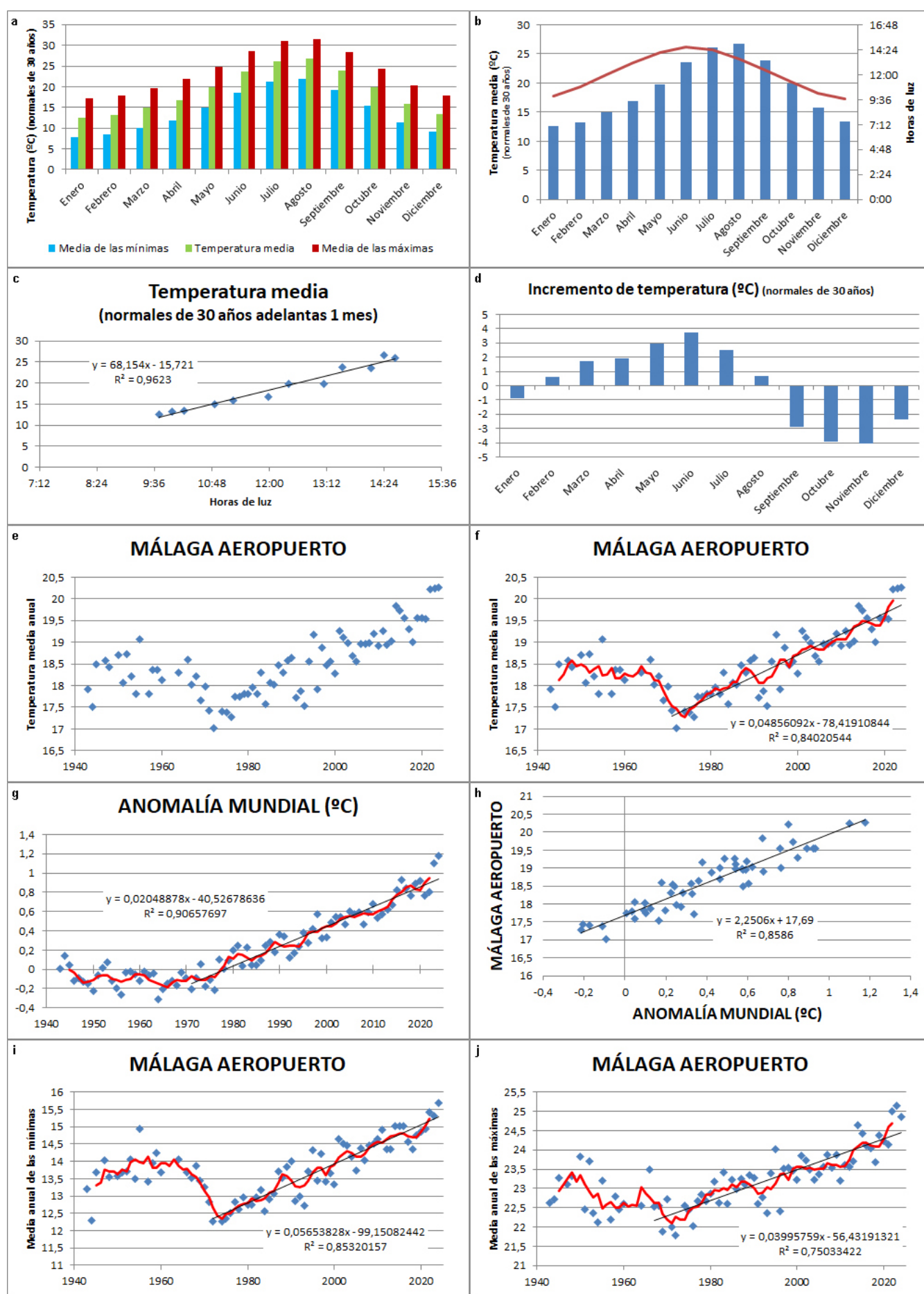


Figura 1. a: Temperaturas medias, mínimas y máximas normales (1991-2020) de la estación meteorológica 6155A - “Málaga Aeropuerto”. b: Normales de las temperaturas medias mensuales (1991-2020) y medias mensuales de las horas de luz para el mismo periodo. c: Relación entre las normales de las temperaturas medias (adelantadas 1 mes) y media de las horas de luz (para el mismo periodo). d: Variación mensual de las normales de las temperaturas medias mensuales. e-f: Evolución de la temperatura media anual de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”; en rojo se representa la media móvil de 5 años. g: Evolución de las anomalías en la temperatura media anual mundial desde 1942; en rojo se representa la media móvil de 5 años. h: Relación entre las anomalías en la temperatura media anual mundial y la temperatura media anual de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto” desde el año 1971. i-j: Evolución de las medias de las temperaturas mínimas y máximas anuales, respectivamente, de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”; en rojo se representa la media móvil de 5 años. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet, HadCRUT5 y el Observatorio Astronómico Nacional.



3.2. Tendencias en las temperaturas mensuales

Esta misma progresión lineal de las temperaturas desde 1971 también se observa en todas las temperaturas mensuales, aunque no con la misma intensidad, incrementándose con las horas de luz, como se muestra en las figuras 2-4, y en las tablas 1 y 2. Cabe resaltar que todas estas tendencias observadas son estadísticamente significativas, aunque no en el mismo grado ya que la regresión explica desde un 9,5% hasta un 70,8% de los datos observados (tabla 1).

Así, para las temperaturas medias mensuales (figura 2), el mayor aumento se produce durante los meses de verano, coincidiendo con el momento de la máxima insolación. Hasta 2022, el mayor incremento de la temperatura media mensual se encontraba en el mes de junio, coincidiendo con el momento de máxima insolación. Sin embargo, los resultados de los últimos dos años han desplazado este mayor incremento a julio, que aumenta a un ritmo de $0,067\text{ }^{\circ}\text{C/año}$, lo que ha supuesto un aumento de $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 54 años. Por el contrario, el menor incremento en la media mensual se ha observado en febrero, con un aumento de $0,029\text{ }^{\circ}\text{C/año}$, lo que ha incrementado la media mensual en $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 54 años. Además de distintas velocidades de aumento de las temperaturas, también se observa que la correlación es menos explicativa en los meses más fríos (15% para febrero) que en los meses más cálidos (67% para julio). Esta distinta tasa parece estar relacionada con la irradiación solar, tal y como se comprueba en la correlación positiva entre ambos parámetros (figura 5a-c).

Al igual que con las temperaturas mínimas y máximas anuales, el mismo fenómeno se observa en las mensuales, ya que las temperaturas mínimas muestran un aumento mayor que las máximas en todos los meses (figura 3-4, tabla 1). Así, el mayor incremento se produce en la temperatura mínima de agosto, que asciende a un ritmo de $0,074\text{ }^{\circ}\text{C/año}$, lo que ha generado un aumento de $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ desde 1971. Aunque los datos hasta 2022 situaban el cambio más rápido en junio, coincidiendo con la máxima insolación, los datos de los últimos años han desplazado este mayor aumento hasta agosto. Por el contrario, el menor incremento ocurre en las máximas de febrero, con $0,024\text{ }^{\circ}\text{C/año}$, lo que supone un incremento de $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la media de las máximas de este mes.

Aunque la temperatura máxima asciende a menor ritmo que la mínima, representa ya un riesgo considerable para los meses de verano, porque la media de las máximas de agosto se ubicaría actualmente en los $32,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, y la media de las máximas absolutas se situarían en $40,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Además, la media de las mínimas absolutas de agosto se situaría ya en $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que normaliza las noches tropicales en este mes. Las máximas de las mínimas de agosto, es decir, las temperaturas nocturnas más altas, alcanzarían de media los $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que aleja la posibilidad de tener un año sin ninguna noche ecuatorial o tórrida (por encima de los $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), mostrando una media actual (según la tendencia) de 5 noches ecuatoriales al año.

Además de estas tendencias largas observadas desde 1971, es posible encontrar otras tendencias más cortas, desde hace unos 30 años, en los meses de septiembre y octubre. Estas tendencias se caracterizan por ascensos más acusados, de $0,081\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ en septiembre y $0,079\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ en octubre, lo que supondría un aumento de $2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 33 años para septiembre y otros $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 35 años para octubre.

Con estos resultados, la situación en 2024 puede valorarse comparando los dos extremos de estas tendencias, es decir, la que habría existido en el momento inicial, en 1971, y la situación final, en 2024, mostrando este último año datos muy acusados (figura 5d-f y tabla 2). Así, si en 1971 la media de ningún mes superaba los $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, en 2024 julio y agosto ya los superarían ampliamente y junio y septiembre se quedan bastante cerca (o ya lo habría alcanzado septiembre si se considera la tendencia más corta) (figura 5d).

En 1971 la media de las mínimas de agosto no alcanzaría los $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que en 2024 ya los superan julio, agosto y septiembre, y junio se queda cerca (figura 5e). Y mientras que en 1971 la media de las máximas de agosto no alcanzaría los $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, en 2024 ya los superarían julio y agosto, estando cerca junio y septiembre (figura 5f). otra observación de esta evolución de las temperaturas estaría en la variación intraanual, concretamente en el descenso estacional de las temperaturas a partir de septiembre, que era más rápido en 1971, con el mayor descenso situado en octubre (con una caída de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que en 2024 este descenso está más contenido y no es hasta noviembre cuando se observa el mayor descenso (de $4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) (figura 5g-h).

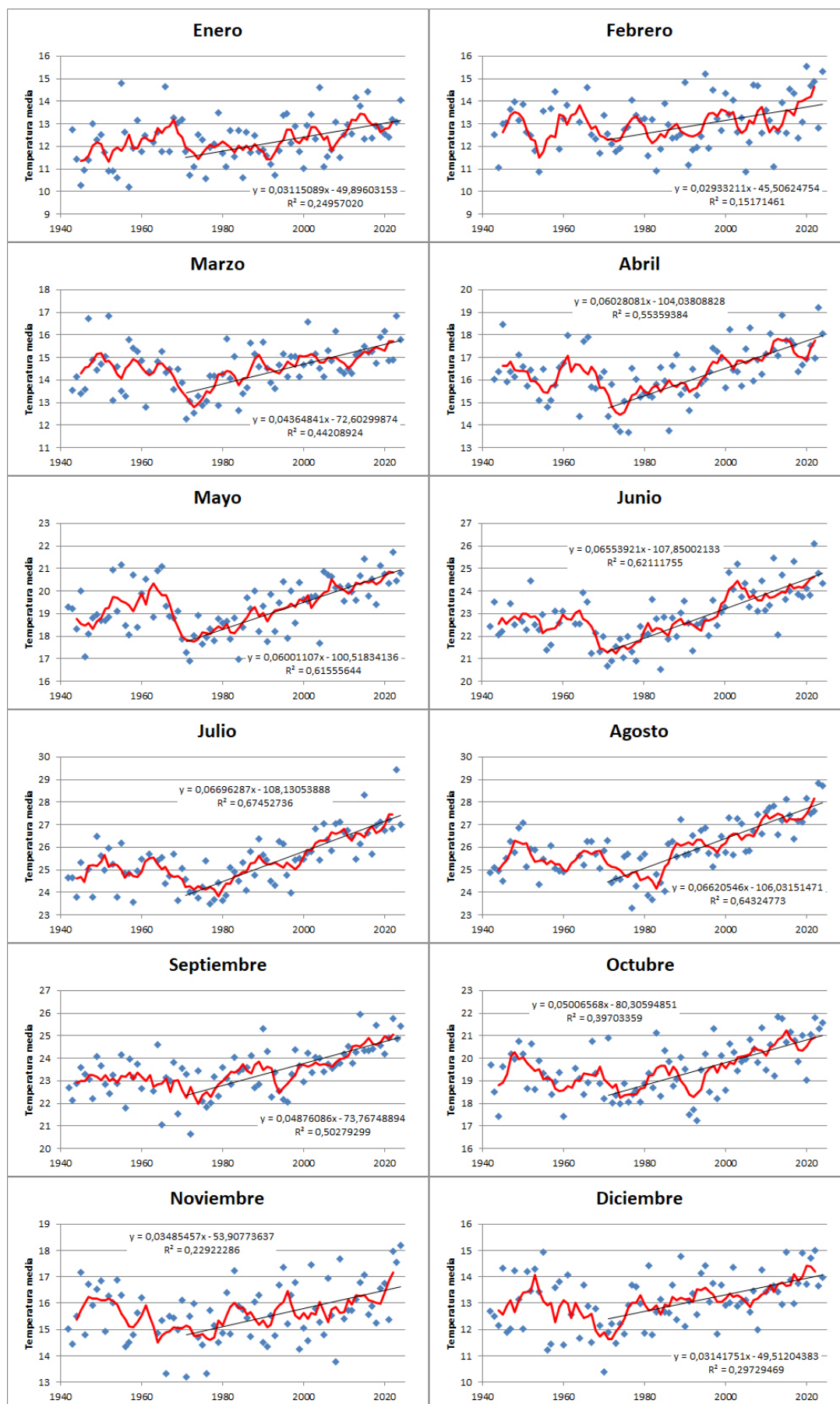


Figura 2. Evolución de las temperaturas medias mensuales (°C) de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”. En rojo se representa la media móvil de 5 años. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet.

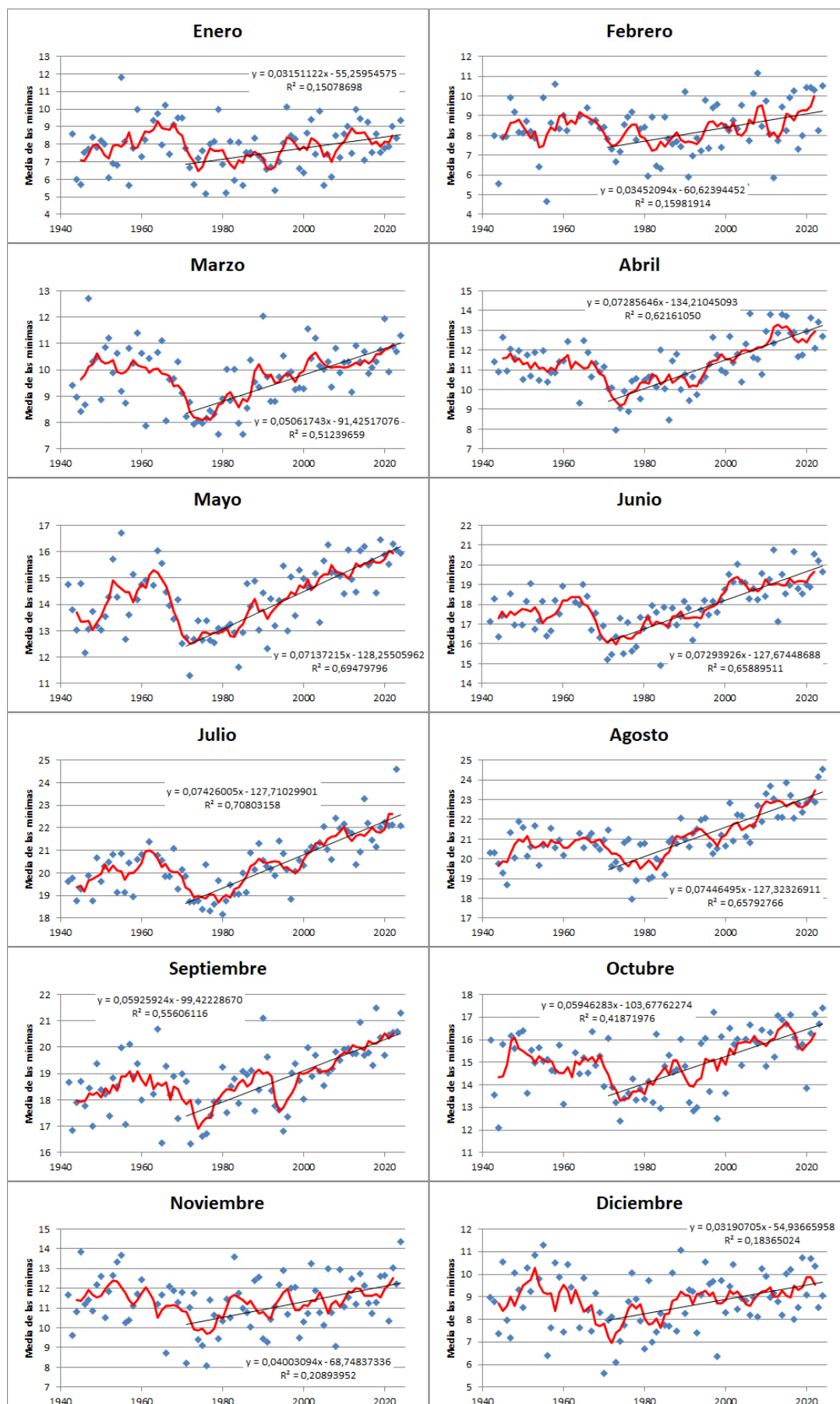


Figura 3. Evolución de las temperaturas mínimas mensuales (°C) de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”. En rojo se representa la media móvil de 5 años. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet.

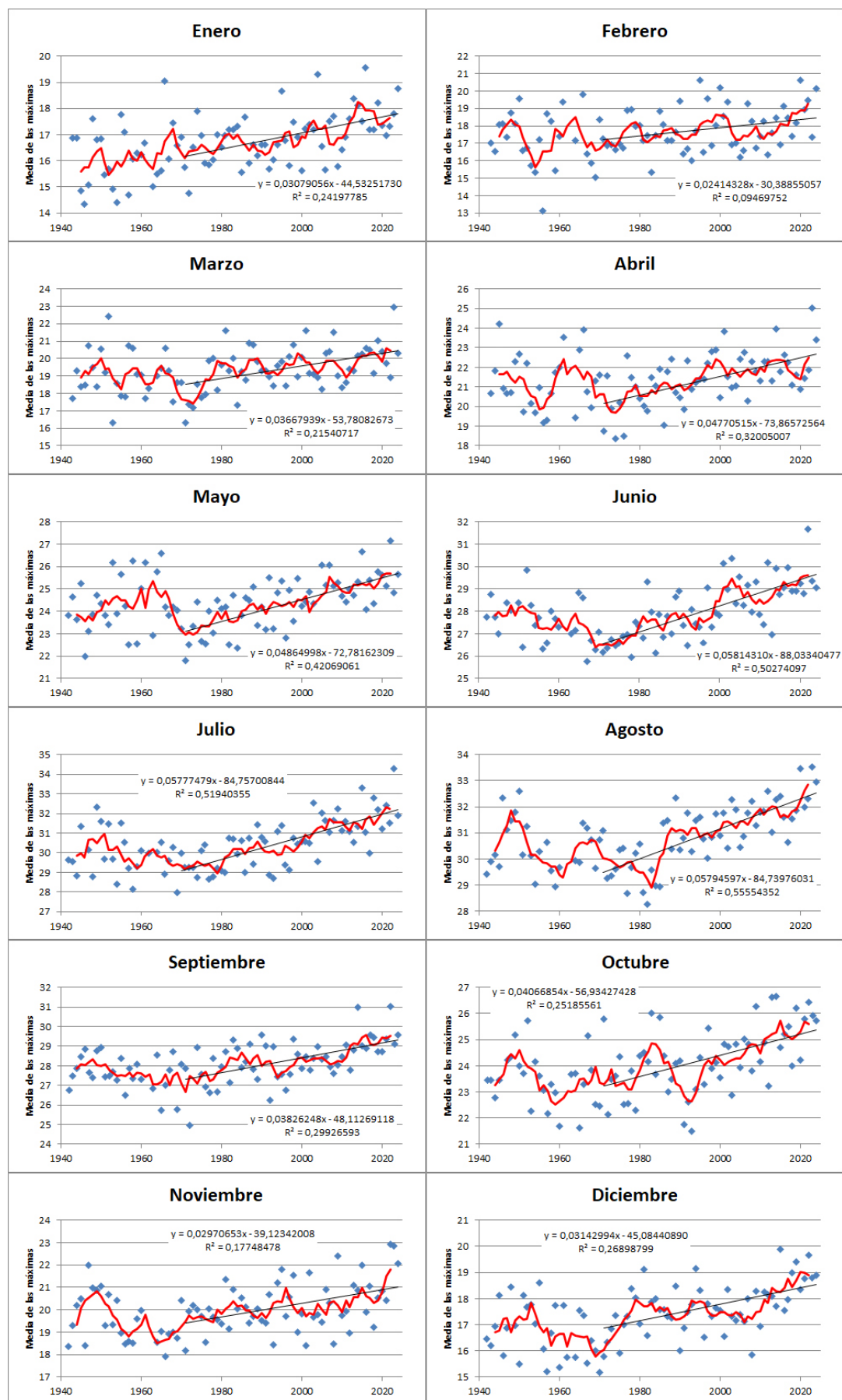


Figura 4. Evolución de las temperaturas máximas mensuales (°C) de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”. En rojo se representa la media móvil de 5 años. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet.



Tabla 1. Se muestran los valores medios mensuales de horas de luz (desde 1990) y las normales en °C de las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales (1991-2020) de la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”. Igualmente, se muestra la tasa de cambio de los valores mensuales (coeficiente de la regresión lineal) en °C/año, para las temperaturas medias, mínimas y máximas, así como, también, el respectivo coeficiente de correlación (R^2).

Mes	Horas de luz	T. media (normales)	M. de las mínimas (normales)	M. de las máximas (normales)	T. cambio (T. media)	T. cambio (M. de las Mínimas)	T. cambio (M. de las máximas)	R^2 (T. media)	R^2 (Media de las mínimas)	R^2 (Media de las máximas)
Enero	9:58	12,5	7,9	17,2	0,03115	0,03151	0,03079	0,24957	0,15079	0,24198
Febrero	10:51	13,2	8,4	17,9	0,02933	0,03452	0,02414	0,15171	0,15982	0,09470
Marzo	11:58	14,9	10,1	19,7	0,04365	0,05062	0,03668	0,44209	0,51240	0,21541
Abril	13:08	16,8	11,9	21,8	0,06028	0,07286	0,04771	0,55359	0,62161	0,32005
Mayo	14:08	19,8	14,9	24,7	0,06001	0,07137	0,04865	0,61556	0,69480	0,42069
Junio	14:38	23,6	18,6	28,5	0,06554	0,07294	0,05814	0,62112	0,65890	0,50274
Julio	14:23	26,1	21,2	31,0	0,06696	0,07426	0,05777	0,67453	0,70803	0,51940
Agosto	13:31	26,7	22,0	31,5	0,06621	0,07446	0,05795	0,64325	0,65793	0,55554
Septiembre	12:24	23,8	19,2	28,4	0,04876	0,05926	0,03826	0,50279	0,55606	0,29927
Octubre	11:14	19,9	15,5	24,3	0,05007	0,05946	0,04067	0,39703	0,41872	0,25186
Noviembre	10:13	15,8	11,4	20,2	0,03485	0,04003	0,02971	0,22922	0,20894	0,17748
Diciembre	9:41	13,4	9,1	17,8	0,03142	0,03191	0,03143	0,29012	0,18365	0,26899

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet y el Observatorio Astronómico Nacional.

38

Tabla 2. Valores de las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales (en °C) calculadas para los años 1971 y 2024 a partir de las regresiones lineales, y el correspondiente incremento entre ambos años.

Mes	T. media (1971)	M. de las mínimas (1971)	M. de las máximas (1971)	T. media (2024)	M. de las mínimas (2024)	M. de las máximas (2024)	Incremento (T. media)	Incremento (T. mínima)	Incremento (T. máxima)
Enero	11,5	6,8	16,2	13,2	8,5	17,8	1,7	1,7	1,6
Febrero	12,3	7,4	17,2	13,9	9,2	18,5	1,6	1,8	1,3
Marzo	13,4	8,3	18,5	15,7	11,0	20,5	2,3	2,7	1,9
Abril	14,8	9,4	20,2	18,0	13,3	22,7	3,2	3,9	2,5
Mayo	17,8	12,4	23,1	20,9	16,2	25,7	3,2	3,8	2,6
Junio	21,3	16,1	26,6	24,8	20,0	29,6	3,5	3,9	3,1
Julio	23,9	18,7	29,1	27,4	22,6	32,2	3,5	3,9	3,1
Agosto	24,5	19,4	29,5	28,0	23,4	32,5	3,5	3,9	3,1
Septiembre	22,3	17,4	27,3	24,9	20,5	29,3	2,6	3,1	2,0
Octubre	18,4	13,5	23,2	21,0	16,7	25,4	2,7	3,2	2,2
Noviembre	14,8	10,2	19,4	16,6	12,3	21,0	1,8	2,1	1,6
Diciembre	12,4	8,0	16,9	14,1	9,6	18,5	1,7	1,7	1,7

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet.

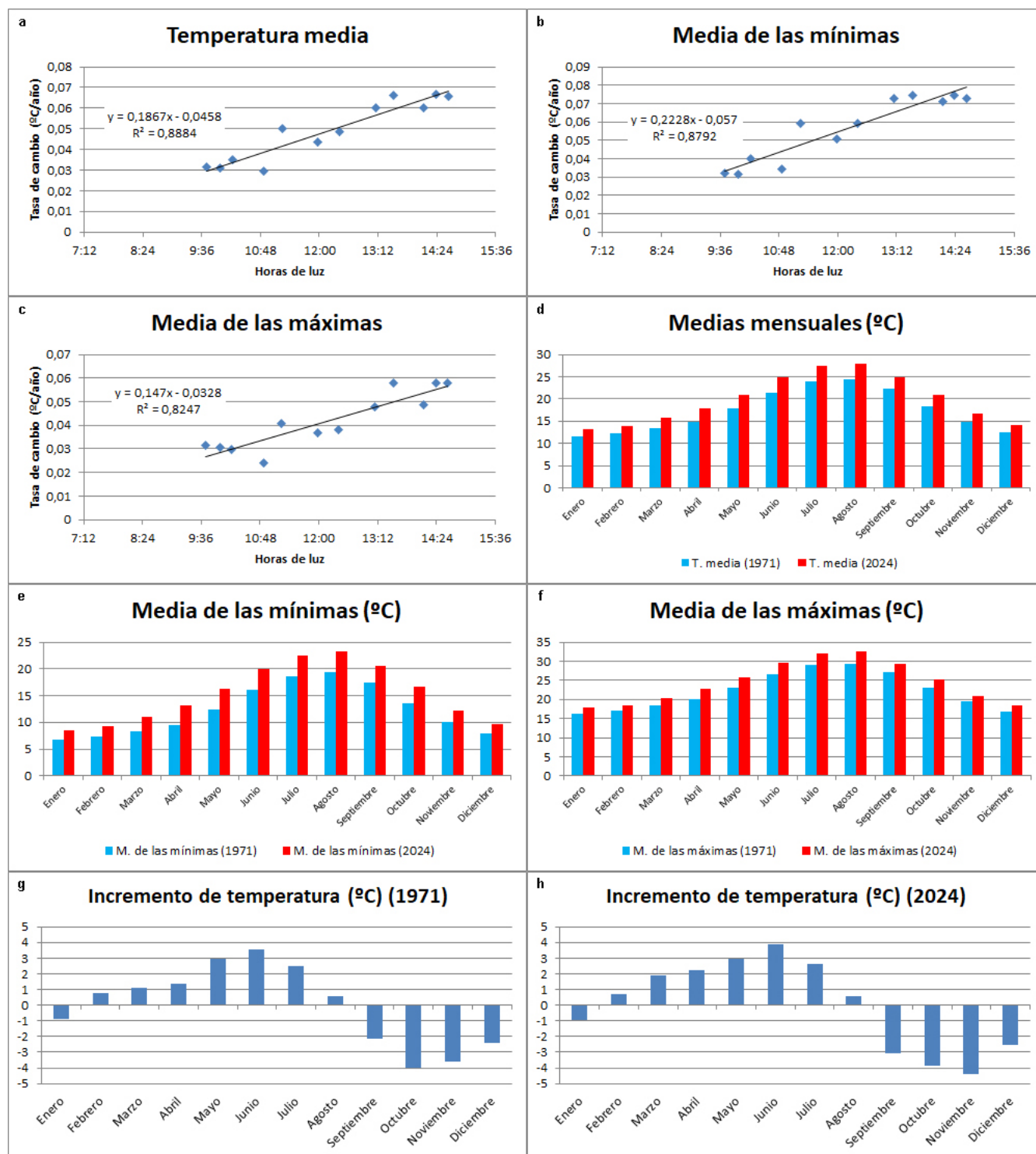


Figura 5. a-c: Relación entre la tasa de aumento (coeficiente de la regresión lineal) de las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales, respectivamente, con las medias mensuales de las horas de luz. d-f: Comparación de las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales, respectivamente, entre 1971 y 2024, según los resultados obtenidos en las regresiones lineales. g-h: Variación intraanual de las temperaturas medias mensuales en 1971 y 2024, respectivamente, según los resultados obtenidos. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet y el Observatorio Astronómico Nacional.



4. DISCUSIÓN

Los efectos del Cambio Climático tienen una distribución bastante irregular, siendo más acusados en determinadas regiones del mundo (Jones *et al.*, 1999), como la mediterránea. Este mayor incremento de las temperaturas respecto a la media mundial ha sido puesto de manifiesto en toda la región íberobalea por diversos estudios, como los de Castro *et al.* (2005), Morales *et al.* (2005), Brunet *et al.* (2007), Ordóñez (2008), Sandonis *et al.* (2021), Arellano *et al.* (2025), etc.; y los datos de temperaturas aportados por la estación meteorológica de “Málaga Aeropuerto” corroboran también este mayor aumento.

Esta tendencia progresiva marca su punto de inicio en 1971, como señalan algunos estudios (Ordóñez, 2008; PAGES 2k Consortium, 2013; Sandonis *et al.*, 2021; Arellano-Ramos *et al.*, 2022; IPCC, 2023; Arellano *et al.*, 2025). El PAGES 2k Consortium (2013) ha calificado el periodo posterior específicamente a 1971 como el más cálido de los últimos 1400 años. Sandonis *et al.* (2021) señalan al año 1971 a partir del cual se inicia el periodo de mayor aumento de las temperaturas en la España peninsular. El IPCC (2023) sitúa en 1971 el momento a partir del cual la actividad humana es, con mayor probabilidad, la principal causa del aumento de las temperaturas, y el periodo a partir de 1970 en el que más está aumentando la temperatura desde los últimos 2000 años.

Diversos estudios realizados en España sitúan en la década de 1970 un cambio de tendencia con tasas de aumento más elevadas (de Castro *et al.*, 2005; Morales *et al.*, 2005; Castro-Díez *et al.*, 2007; Brunet *et al.*, 2007; González-Hidalgo *et al.*, 2016; Bilbao *et al.*, 2019; Lana *et al.*, 2022). Este periodo de mayor incremento viene precedido por otro periodo, entre 1940-1950 y 1970-1974, en el que las temperaturas anuales no aumentaron sino que disminuyeron ligeramente (Morales *et al.*, 2005; Bladé & Castro-Díez, 2010; Guijarro 2013; González-Hidalgo *et al.*, 2015, 2016, 2020; Peña-Angulo & González-Hidalgo, 2019). A pesar de todo, se ha descrito un hiato climático entre 1990 y 2010 (Fyfe *et al.*, 2013; González-Hidalgo *et al.*, 2016, 2020; Folland *et al.*, 2018; Peña-Angulo & González-Hidalgo, 2019; Peña-Angulo *et al.*, 2021; Sandonis *et al.*, 2021), por el cual las temperaturas se habrían estabilizado. Dicho hiato parece insinuarse en los datos brutos de las temperaturas de Málaga (figura 1e) pero, una vez aplicada la media móvil y la regresión lineal, éste se muestra como una oscilación más en una tendencia rectilínea creciente que explica el 84% de la variabilidad (figura 1f).

40

Pese a que resulta evidente que hay un periodo de aumento de las temperaturas que se inicia en la década de 1970, no todos los estudios siguen este criterio, lo que dificulta la comparación entre diferentes fuentes, territorios, escalas o métodos, ya que, en toda serie de datos del clima, la tendencia está condicionada por la longitud del periodo y la elección del año de inicio (Liebmann *et al.*, 2010; González-Hidalgo *et al.*, 2016). Así, se ha comprobado que los resultados presentados en este trabajo son bastante similares a otros que han establecido un periodo de estudio similar, especialmente si han sido iniciados cerca del año 1971. Brunet *et al.* (2007), en su análisis del territorio ibérico español para todo el periodo comprendido entre 1850 y 2005, señalan un aumento de 0,010 °C/año, aunque reconocen un subperiodo entre 1973 y 2005 con un incremento de 0,048 °C/año, un dato casi coincidente con lo observado en Málaga (0,049 °C/año).

Arellano *et al.* (2025), en su análisis del territorio íberobalea (1971-2022), señalan un aumento promedio para todo el territorio estudiado de 0,042 °C/año, similar o ligeramente menor al resultado aquí presentado. Ordóñez (2008) también reconoce un incremento de 0,040 °C/año como valor más frecuente (moda) para todo el territorio andaluz siendo su periodo de estudio 1971-2005. Más diferente es el valor indicado por del Río *et al.* (2011) que señalan para la región de Málaga un incremento comprendido entre 0,024 y 0,027 °C/año, posiblemente debido al efecto de incluir datos anteriores a 1971 dentro del periodo estudiado (1961-2006). Resultado similar han presentado Bilbao *et al.* (2019) para el territorio ibérico español, señalando una tasa de aumento de 0,022 °C/año para el periodo 1950-2011. Sandonis *et al.* (2021) analizan, para España peninsular, dos periodos de longitud diferente pero que se inician en 1971.

Así, el periodo 1971-2000 tiene una tasa de aumento de 0,059 °C/año mientras que en el periodo 1971-2015 la tasa es de 0,037 °C/año. Si bien el primer periodo (1971-2000) tiene un aumento más acusado y excluye la oscilación ocurrida entre 2000 y 2015 (de un estancamiento y posterior aumento de las temperaturas), el segundo periodo (1971-2015) sí la incluye, pero no alcanza los 0,040 °C/año de otros estudios (Brunet *et al.*, 2007; Ordóñez, 2008; Arellano *et al.*, 2025). Para el caso de Málaga, la tasa de



aumento para ese mismo periodo (1971-2015) no es muy diferente a los datos actualizados a 2024, con un incremento de 0,047 °C/año. Los mismos autores (Sandonis *et al.*, 2021) reconocen que sus valores son inferiores a los mostrados por otras bases de datos, posiblemente debido al efecto de ponderar todo el territorio estudiado. No obstante, Sandonis *et al.* (2021) argumentan que el hiato climático observado en torno al año 2000 perdura hasta el 2015, hecho que no se corrobora con los datos observados y que, tal vez, podría corregirse con una actualización de los mismos.

En el análisis de las temperaturas mínimas y máximas, los resultados obtenidos para la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”, en los que las mínimas aumentan más que las máximas, no coinciden con lo aportado por Brunet *et al.* (2007) ni por Arellano *et al.* (2025) para la región española peninsular y la íberobalear, respectivamente, que muestran un aumento mayor en las temperaturas máximas respecto a las mínimas, con el consiguiente aumento de la amplitud térmica diaria. Este aumento de la amplitud térmica observado en la Península Ibérica se repite en varios estudios regionales de España (Abaurrea *et al.*, 2001; Brunet *et al.*, 2001; Galán *et al.*, 2001; Horcas *et al.*, 2001; Morales *et al.*, 2005). No obstante, en las zonas meridional y mediterránea de la Península Ibérica sí que se ha constatado un mayor aumento de las temperaturas mínimas respecto a las máximas, con la consecuente reducción de la amplitud térmica diaria (Brunet *et al.*, 2005; Ordóñez, 2008; González-Hidalgo *et al.*, 2015), por lo que el comportamiento de las mínimas y máximas de Málaga coincide con lo observado en esta región.

A nivel mundial, la tendencia general tiende a una contracción de la amplitud térmica, con un mayor aumento de las temperaturas mínimas respecto a las máximas (Karl *et al.*, 1991, 1993; Easterling *et al.*, 1997; Vose, 2005; Mohamed & El-Mahdy, 2021; Doan *et al.*, 2022), aunque se han reconocido algunas regiones del planeta en las que la amplitud térmica diaria se incrementa (Folland *et al.*, 2001): centro de Canadá, partes del sur de África, el suroeste de Asia, Europa y las islas tropicales occidentales del Pacífico. Es tentador asignar este mayor incremento de las temperaturas mínimas directamente a los gases de efecto invernadero, por retener durante la noche mayor cantidad del calor adquirido durante el día. Sin embargo, no hay evidencias claras de que este aumento asimétrico esté relacionado directamente con los gases de efecto invernadero (Karl *et al.*, 1993). De hecho, la situación en gran parte del territorio íberobalear muestra un comportamiento contrario (Brunet *et al.*, 2007; Arellano *et al.*, 2025). También se han atribuido otras causas como aerosoles, humo, precipitación, humedad del suelo, efectos de la circulación atmosférica o el efecto isla de calor urbano (Karl *et al.*, 1993; Easterling *et al.*, 1997; Vose, 2005; Makokha & Shisanya, 2010).

A pesar de la dificultad en identificar la causa del mayor aumento de las temperaturas mínimas, algunos estudios señalan al aumento de la nubosidad como el principal responsable (Karl *et al.*, 1991, 1993; Vose, 2005; Doan *et al.*, 2022). Para el caso de Málaga, su ubicación a orillas del Mar Mediterráneo puede provocar un aumento de la humedad relativa del aire que podría explicar este mayor aumento de las temperaturas mínimas, al no ser infrecuentes los episodios de días bochornosos. El caso más representativo se evidenció en el año 2024, el año más cálido de toda la serie histórica estudiada hasta el momento (media anual de 20,3 °C), con máximas elevadas pero ya superadas en años anteriores (media de las máximas de 24,9 °C, máxima absoluta de 42,2 °C y media de las máximas de agosto de 32,9 °C), pero con mínimas marcando récords históricos (15,7 °C para la media anual), especialmente en agosto: mínima absoluta de 21,9 °C, media de las mínimas de 24,5 °C, y 12 días con noches tórridas. La amplitud térmica alcanzada en agosto de 2024 tuvo una media de 8,4 °C, con hasta 7 días con menos de 6 °C, llegando a alcanzar los 4,6 °C de amplitud térmica (26 de agosto).

En cuanto a las tendencias mensuales y/o estacionales, dado que no todos los estudios analizan un periodo similar, no es posible realizar muchas comparaciones con otros territorios. Resulta, cuando menos, llamativo el resultado aportado por Brunet *et al.* (2007) para todo el periodo 1850-2005, en el que señalan al otoño y el invierno como los momentos de mayor incremento de las temperaturas, situación que se invierte para el subperiodo de 1973-2005, con el mayor incremento en primavera y verano. El estudio de las temperaturas en Andalucía realizado por Ordóñez (2008) en el periodo 1971-2005 también muestra un mayor aumento de las temperaturas en primavera. Si bien los resultados que aquí se presentan no han sido evaluados por estaciones, el promedio de aumento de los meses de primavera y verano (0,054 °C/año y 0,066 °C/año, respectivamente) es mayor que el promedio de los meses de otoño e invierno (0,044 °C/año y 0,031 °C/año, respectivamente), considerando las estaciones del año meteorológicas, es decir, con meses completos.



Otra consecuencia del efecto invernadero se observa en el otoño porque es el momento en el que se disipa el calor acumulado durante el verano. Como consecuencia del Cambio Climático, parece haber cambiado el momento del mayor descenso de la temperatura, estando durante el inicio del periodo estudiado (1971) en el mes de octubre (figura 5g), mientras que en 2024 esa mayor caída se retrasaría hasta noviembre (figura 5h). Esta situación aumenta la importancia de los meses de septiembre y octubre, puesto que se está conteniendo más calor en estos meses y puede confirmar las tendencias más cortas (desde hace 30 años) y más intensas observadas en este periodo, a lo que habría que añadir los efectos sobre la precipitación, que no se contemplan en este trabajo.

Pese a esta mayor contención de calor que se está observando en el periodo otoñal, finalmente termina por disiparse bastante del calor acumulado, por lo que los inviernos se resisten a ser mucho más cálidos que el resto del año, perdiéndose en muchos casos la percepción social del Cambio Climático en esta época del año. Sin embargo, la temperatura invernal sigue aumentando, aunque a un ritmo bastante menor.

5. CONCLUSIONES

En la ciudad de Málaga se está observando un incremento lineal de las temperaturas desde 1971 en todos los parámetros relacionados (tanto en medias anuales como mensuales, y tanto en máximas como en mínimas). Sin embargo, el Cambio Climático está teniendo en esta ciudad mayores efectos que los observados en otras partes del mundo. Así, mientras que en el planeta la temperatura media ha subido 1,1 °C desde 1971 hasta 2024, en la ciudad de Málaga han subido 2,6 °C. Este incremento es desigual porque el mayor aumento se encuentra en las temperaturas mínimas, tanto en las medias anuales como en las mensuales, lo cual coincide con lo observado en otras partes del mundo pero no con la mayor parte del territorio íberobaleár, donde están subiendo más las máximas que las mínimas. Así, la media anual de las mínimas ha aumentado 2,9 °C desde 1971 hasta 2024, a un ritmo de 0,055 °C/año, mientras que la media anual de las máximas ha aumentado 2,2 °C, a un ritmo de 0,042 °C/año.

Por meses, el mayor incremento se produce en los meses de verano y el menor incremento en los meses de invierno, de modo que el mayor incremento se ha observado en la temperatura mínima de agosto, que ha aumentado 3,9 °C desde 1971 hasta 2024, a un ritmo de 0,074 °C/año, y el menor incremento en las máximas de febrero, que ha aumentado 1,3 °C, a un ritmo de 0,024 °C/año. De este modo, pese al efecto del Cambio Climático, se demuestra que no se evita el frío invernal aunque sí se confirma que las temperaturas están subiendo más lentamente. Cabe concluir que este análisis sólo permite confirmar un incremento de las temperaturas observado desde el año 1971 hasta 2024, y que este incremento es mayor que la media mundial, pero no permite realizar predicciones futuras de las temperaturas para la ciudad de Málaga, aunque es importante tener en cuenta este análisis porque los modelos climatológicos señalan que este incremento de las temperaturas va a continuar e, incluso, podría acentuarse.

42

Agradecimientos

Al foro de The Oil Crash por las discusiones que han motivado este estudio; al Observatorio Astronómico Nacional por facilitar los datos de horas de luz, especialmente los más antiguos; al Dr. Jesús Olivero por la ayuda prestada en el análisis estadístico; a Rocío Caparrós por la revisión de los textos en inglés; y a la revisión anónima por la información aportada que ha enriquecido considerablemente el contenido de este trabajo.

Declaración responsable y conflicto de intereses

El autor declara que este trabajo no presenta ningún tipo de conflicto de interés con relación a su publicación.



REFERENCIAS

- Abaurrea, J., Asín, J., Erdozain, o., & Fernández, E. (2001). Climate variability analysis of temperature series in the Medium Ebro River Basin. In M. Brunet & D. López (Eds.) *Detecting and Modelling Regional Climate Change* (pp. 109–118). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_10
- Arellano-Ramos, B., Roca-Cladera, J., Serra, C., Martínez, M. D., Lana, X., & Biere-Arenas, R. (2022). olas de Calor en la ciudad de Barcelona. 1971-2020. *ACE: Architecture, City and Environment*, 17(50). <http://dx.doi.org/10.5821/ace.17.50.11684>
- Arellano, B., Zheng, Q., & Roca, J. (2025). Analysis of Climate Change Effects on Precipitation and Temperature Trends in Spain. *Land*, 14(1), 85. <https://doi.org/10.3390/land14010085>
- Bermejo, M., & Ancell, R. (2009). observed changes in extreme temperatures over Spain during 1957–2002, using weather types. *Rev. Climatol.*, 9, 45–61.
- Bilbao, J., Román, R., & De Miguel, A. (2019). Temporal and Spatial Variability in Surface Air Temperature and Diurnal Temperature Range in Spain over the Period 1950–2011. *Climate*, 7(1), 16. <https://doi.org/10.3390/cli7010016>
- Bladé, I., & Castro-Díez, Y. (2010). Tendencias atmosféricas en la Península ibérica durante el periodo instrumental en el contexto de la variabilidad climática. In F. F. Pérez & R. Boscolo (Eds.), *Clima en España: pasado, presente y futuro* (pp. 25-42). Informe de evaluación del cambio climático regional para la Red Temática CLIVAR-España, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, o., Sigró, J., & López, D. (2001). A Differential response of Northeastern Spain to asymmetric trends in diurnal warming detected on a global scale. In M. Brunet & D. López (Eds.), *Detecting and Modelling Regional Climate Change* (pp. 95–107). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_9
- Brunet, M., Saladié, o., Jones, P., Sigró, J., Aguilar, E., Moberg, A., Lister, D., Walther, A., Lopez, D. & Lamarza, C. (2006). The development of a new dataset of spanish daily adjusted temperature series. *Internacional Journal of Climatology*, 26, 1777-1802.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1029/2006JD008249>
- Brunet, M., Casado, M. J., de Castro, M., Galán, P., López, J.A., Martín, J. M., Pastor, A., Petisco, E., Ramos, P., Ribalaygua, J., Rodríguez, E., Sanz, I., & Torres, E. (2009). *Generación de escenarios de cambio climático regionalizados para España*. Informe realizado para la Agencia Estatal de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente).
- Burgueño, A., Lana, X., & Serra, C. (2001). Episodios significativamente cálidos y fríos registrados en el observatorio Fabra, Barcelona. In A.J. Pérez Cueva, E. López Baeza & J. Tamayo Carmona (Eds.), *El tiempo del clima* (pp. 303-312). Asociación Española de Climatología.
- Burgueño, A., Lana, X., & Serra, C. (2002). Significant hot and cold events at the Fabra observatory, Barcelona (NE Spain). *Theoretical and applied climatology*, 71, 141-156. <https://doi.org/10.1007/s007040200001>
- Castro-Díez, Y., Esteban-Parra, M. J., Staudt, M., & Gámiz-Fortis, R. (2007). Cambios Climáticos observados en la Temperatura y la Precipitación en Andalucía en el Contexto de la Península Ibérica y Hemisférico. In A. Sousa, L. García-Barrón & V. Jurado (Eds.), *El cambio climático en Andalucía: evolución y consecuencias medioambientales* (pp. 55–77). Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- Cellura, M., Guarino, F., Longo, S., & Tumminia, G. (2018). Climate change and the building sector: modelling and energy implications to an office building in southern Europe. *Energy Sustain. Dev.*, 45, 46-65. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.001>
- 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(11), 972-980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
- Cuadrat, J. M., de la Riva, J., López, F., & Martí, A. (1993). El medio ambiente urbano en Zaragoza. observaciones sobre la isla de calor. *Anales Universidad Complutense*, 13, 127-138. <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC9393110127A>



- Cuadrat, J. M., Vicente-Serrano, S., & Saz, M. A. (2005). Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): la isla de calor y sus factores condicionantes. *Boletín de la AGE*, (40), 311-327. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2019>
- Cuadrat, J. M., Serrano-Notivoli, R., Barrao, S., Saz, M. Á., & Tejedor, E. (2022). Variabilidad temporal de la isla de calor urbana de la ciudad de Zaragoza (España). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 48(1), 97-110. <https://doi.org/10.18172/cig.5022>
- de Castro, M. & Martin-Vide, J., & Alonso, S. (2005). El clima de España: Pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. In J.M. Moreno Rodríguez (Dir./Coord.), *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (pp. 1-64). Informe final sobre una "Evaluación preliminar general sobre los impactos en España por efecto del cambio climático" para el Ministerio de Medio Ambiente y la Universidad de Castilla-La Mancha.
- de la Riva, J., Cuadrat, J. M., López, F., & Martí, A. (1997). Aplicación de las imágenes Landsat TM al estudio de la isla de calor térmica de Zaragoza. *Geographicalia*, 35, 24-36. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.1997351701
- del Río, S., Herrero, L., Pinto-Gomes, C., & Penas, A. (2011). Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961–2006. *Global and Planetary Change*, 78(1–2), 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.05.012>
- del Río, S., Cano-Ortiz, A., Herrero, L., & Penas, A. (2012). Recent trends in mean maximum and minimum air temperatures over Spain (1961–2006). *Theor Appl Climatol* 109, 605–626. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0593-2>
- Doan, Q., Chen, F., Asano, Y., Gu, Y., Nishi, A., Kusaka, H., & Niyogi, D. (2022). Causes for Asymmetric Warming of Sub-Diurnal Temperature Responding to Global Warming. *Geophysical Research Letters*, 49. <https://doi.org/10.1029/2022GL100029>
- Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., Salinger, M. J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., & Folland, C. K., (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 277(5324), 364-367. <https://doi.org/10.1126/science.277.5324.364>
- Esteban-Parra, M. J., Rodrigo, F. S., & Castro-Díez, Y. (1997). Estudio de las variaciones climáticas en Almería. In A. Navarro & L. García-Rosell (Coord.), *Recursos naturales y medio ambiente del Sureste peninsular* (pp. 489–501). Instituto de Estudios Almerienses.
- Folland, C. K., & Karl, T. R. (Coord.) (2001). Observed Climate Variability and Change. In J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson (Eds.), *Climate Change 2001: The scientific basis* (pp. 99–182). Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Folland, C. K., Boucher, O., Colman, A., & Parker, D. E. (2018). Causes of irregularities in trends of global mean surface temperature since the late 19th century. *Science Advances*, 4, eaao5297. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5297>
- Fyfe, J. C., Gillett, N. P., & Zwiers, F. W. (2013). overestimated global warming over the past 20 years. *Nat. Clim. Change*, 3, 767–769. <https://doi.org/10.1038/nclimate1972>
- Galán, E., Cañada, R., Fernández, F., & Cervera, B. (2001). Annual temperature evolution in the southern plateau of Spain from the construction of regional climatic time series. In M. Brunet & D. López (Eds.) *Detecting and Modelling Regional Climate Change* (pp. 119–131). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_11
- García-Barrón, L., Morales, J., Jurado, V., & Sousa, A. (2006). Caracterización temporal del régimen térmico intra anual en Andalucía occidental. In J. M. Cuadrat Prats, M. A. Sánchez, S. M. Vicente Serrano, S. Lanjeri, M. de Luis Arrillaga, & J. C. González Hidalgo (Eds.), *Clima, Sociedad y Medio Ambiente* (pp. 625–633). Zaragoza: Sociedad Española de Climatología.
- Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Glob. Planet. Chang.*, 63, 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>
- Gonzalez-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M., & Cortesi, N. (2015). MOTEDAS: a new monthly temperature database for mainland Spain and the trend in temperature (1951–2010). *Int. J. Climatol.*, 35, 4444-4463. <https://doi.org/10.1002/joc.4298>
- Gonzalez-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M. & Cortesi, N. (2016). Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland (1951–2010): from warming to hiatus. *Int. J. Climatol.*, 36, 2405-2416. <https://doi.org/10.1002/joc.4519>
- Gonzalez-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Beguería, S., & Brunetti, M. (2020). MOTEDAS century: A new high-resolution secular monthly maximum and minimum temperature grid for the Spanish mainland (1916–2015). *Int. J. Climatol.*, 40, 5308–5328. <https://doi.org/10.1002/joc.6520>



- Guijarro, J. A. (2013). Tendencias de la Temperatura. In C. García-Legaz Martínez & F. Valero Rodríguez (Eds.), *Fenómenos meteorológicos adversos en España* (pp. 313–323). AMV ediciones.
- Horcas, R., Rasilla, D., & Fernández, F. (2001). Temperature variations and trends in the Segura River Basin. An exploratory analysis. In M. Brunet & D. López (Eds.), *Detecting and Modelling Regional Climate Change* (pp. 133–142). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_12
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Jones, P. D., New, M., Parker, D. E., Martin, S., & Rigor, I. G. (1999). Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev. Geophys.*, 37(2), 173–199. <https://doi.org/10.1029/1999RG900002>
- Karl, T., Kukla, G., Razuvayev, V., Changery, M., Quayle, R., Heim, R., Easterling, D., & Fu, C. (1991). Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change. *Geophysical Research Letters*, 18, 2253–2256. <https://doi.org/10.1029/91GL02900>
- Karl, T., Knight, R., Gallo, K., Peterson, T., Jones, P., Kukla, G., Plummer, N., Razuvayev, V., Lindseay, J., & Charlson, R. (1993). A new perspective on recent global warming: asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 74, 1007–1023. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1993\)074<1007:ANPORG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1993)074<1007:ANPORG>2.0.CO;2)
- Kaufman, D. S., & McKay, N. P. (2022). Technical Note: Past and future warming – direct comparison on multi-century timescales. *Clim. Past*, 18, 911–917. <https://doi.org/10.5194/cp-18-911-2022>
- Lana, X., Serra, C., & Martinez, M. D. (2022). The effects of the climatic change on daily maximum and minimum temperatures along 102 years (1917–2018) recorded at the Fabra observatory, Barcelona. *Theoretical and Applied Climatology*, 149(3), 1373–1390. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04096-3>
- Liebmann, B., Dole, R. M., Jones, C., Bladé, I., & Allured, D. (2010). Influence of choice of time on global surface temperature trend estimated. *Bulletin American Meteorological Society*, 91, 1485–149. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3030.1>
- Makokha, G. L., & Shisanya, C. A. (2010). Trends in Mean Annual Minimum and Maximum Near Surface Temperature in Nairobi City, Kenya. *Advances in Meteorology*, 2010(1). <https://doi.org/10.1155/2010/676041>
- Martínez, M. D., Pons, X. L., De Larrocha, C. S., Roca, J., Arellano, B., Arenas, R. B., & Moix, M. (2018). Características de la isla de calor urbana en Barcelona (NE España) en el periodo 2006–2017. In *Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual (CTV)*, 5–7 de septiembre. Mendoza, Argentina. <https://doi.org/10.5821/ctv.8252>
- MedECC (2020). Summary for policymakers. In W. Cramer, J. Guiot & K. Marini (Eds.), *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report* (pp. 11–40). Marseille, France: Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP.
- Mohamed, M., & El-Mahdy, M. E. (2021). Evaluation of climate change impact on extreme temperature variability in the Blue Nile Basin, Ethiopia. *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.*, 10(1), 45–54. <https://doi.org/10.5194/gi-2020-34>
- Morales, C. G., Ortega, M. T., Labajo, J. L. & Piorno, A. (2005). Recent trends and temporal behavior of thermal variables in the region of Castilla-Leon (Spain). *Atmósfera*, 18, 71–90.
- Olcina Cantos, J., Martí Talavera, J., & Sánchez Almodóvar, E. (2024). Evolución reciente de precipitación y temperatura en la región mediterránea de la Península Ibérica: revisando la señal del calentamiento global a escala regional. *Cuadernos Geográficos*, 63(2), 51–73. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v63i2.28374>
- OMM (2018). *Guía de prácticas climatológicas. OMM-Nº 100*. organización Meteorológica Mundial.
- Oñate, J., & Pou, A. (1996). Temperature variations in Spain since 1901: a preliminary analysis. *International Journal of Climatology*, 16, 805–815. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199607\)16:7<805::AID-JOC48>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199607)16:7<805::AID-JOC48>3.0.CO;2-Z)
- Ordoñez, P. (2008). *Análisis del estado del clima en Andalucía mediante índices climáticos atmosféricos*. Congreso Nacional de Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible, 1–5 diciembre. Madrid.
- PAGES 2k Consortium (2013). Continental-scale temperature variability during the past two millennia. *Nature Geosci*, 6, 339–346. <https://doi.org/10.1038/ngeo1797>
- Peña-Angulo, D., & González-Hidalgo, J.C. (2019). Creación de una base de datos de la temperatura media estacional para el análisis de su tendencia y variabilidad espacial. *Avances Investigación en Ingeniería*, 16(1), 101–110. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5170>



- Peña-Angulo, D., Gonzalez-Hidalgo, J. C., Sardonís, L., Beguería, S., Tomas-Burguera, M., López-Bustins, J. A., Lemus-Canovas, M., & Martin-Vide, J. (2021). Seasonal temperature trends on the Spanish mainland: A secular study (1916–2015). *Int. J. Climatol.*, 41, 3071–3084. <https://doi.org/10.1002/joc.7006>
- Prieto, L., Herrera, R. G., Díaz, J., Hernández, E., & del Teso, T., (2004). Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain. *Global and Planetary Change*, 44 (1–4), 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.06.005>
- Roca, J., Arellano, B., Zhang, X. (2023). Global Warming in Spanish Cities (1971–2022). In *Proceedings of the EGU General Assembly 2023*. Comunicación EGU23-16349, 24-28 de abril. Vienna, Austria. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-16349>
- Royé, D. (2017). The effects of hot nights on mortality in Barcelona, Spain. *International Journal of Biometeorology*, 61, 2127–2140. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1416-z>
- 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), 569–572. <https://doi.org/10.21138/bage.1900>
- Royé, D., Sera, F., Tobías, A., Lowe, R., Gasparrini, A., Pascal, M., deDonato, F., Nunes, B., & Teixeira, J. P. (2021). Effects of Hot Nights on Mortality in Southern Europe. *Epidemiology*, 32(4), 487–498. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001359>
- Sandonis, L., González-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., & Beguería, S. (2021). Mean temperature evolution on the Spanish mainland 1916–2015. *Clim Res*, 82, 177–189. <https://doi.org/10.3354/cr01627>
- Serra, C., Burgueño, A., & Lana, X. (2001). Analysis of maximum and minimum daily temperatures recorded at Fabra observatory (Barcelona, NE Spain) in the period 1917–1998. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 21(5), 617–636. <https://doi.org/10.1002/joc.633>
- Serra de Larrocha, C., Lana Pons, F. J., Martínez Santafé, M. D., Roca Cladera, J., Arellano Ramos, B., Biere Arenas, R. M., & Moix Bergadà, M. (2018). Temperatura del aire en la región metropolitana de Barcelona a partir de la temperatura en superficie MODIS y de datos topogeográficos. In *Libro de proceedings, CTV 2018: XII Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual: “Ciudades y Territorios Inteligentes”: UNCuyo, Mendoza, 5-7 septiembre 2018* (pp. 357–368). Centre de Política de Sol i Valoracions, CPSV/Universitat Politècnica de Catalunya, UPC. <https://doi.org/10.5821/ctv.8251>
- Serra, C., Lana, X., Martínez, M. D., Roca, J., Arellano, B., Biere, R., Moix, M. & Burgueño, A. (2020). Air temperature in Barcelona metropolitan region from MODIS satellite and GIS data. *Theor. Appl. Climatol.*, 139, 473–492. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02973-y>
- Vose, R. S., Easterling, D. R., & Gleason, B. E. (2005). Maximum and minimum temperature trends for the globe: an update through 2004. *Geophysical Research Letters*, 32(23). <https://doi.org/10.1029/2005gl024379>