

Informe sobre el estado del clima de España 2023



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

AEMet
Agencia Estatal de Meteorología

Informe sobre el estado del clima de España 2023

Documento elaborado en el seno de la Agencia Estatal de Meteorología por Ana Morata Gasca, Juan Andrés García Valero, Ramiro Romero Fresneda, Andrés Chazarra Bernabé, Maite Huarte Ituláin, José Ángel Núñez Mora, César Rodríguez Ballesteros, Teresa Gallego Abaroa, Lourdes Martínez Núñez, Rubén del Campo Hernández, Pedro Pablo Rivas Soriano y Miguel Ángel García Couto.

Han colaborado también: Belinda Lorenzo Mariño, José Vicente Moreno García y Juan Antonio de Cara García.

Imagen de portada:

«Molinos de Viento, Consuegra y Toledo», obtenida del portal pixabay. Su autor es el usuario javierAlamo y la imagen fue publicada el 17 de junio de 2019.



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización

© Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Agencia Estatal de Meteorología
Madrid, 2024

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es/>

NIPO: 666-24-003-2

<https://doi.org/10.31978/666-24-003-2>

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

C/ Leonardo Prieto Castro, 8

28040 Madrid

<http://www.aemet.es/>



@Aemet_Esp



<https://www.facebook.com/AgenciaEstataldeMeteorologia>

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO	1
1. ESTADO DEL CLIMA DE ESPAÑA: AÑO 2023	3
1.1. Temperatura	4
1.1.1. Evolución de las temperaturas durante 2023	5
1.1.2. Episodios de temperaturas extremas	7
1.1.3. Evolución de los récords diarios de temperatura en España	8
1.1.4. Análisis de olas de calor y olas de frío de 2023	10
1.1.5. Evolución de la temperatura superficial del agua del mar	18
1.2. Precipitación	24
1.2.1. Evolución de la precipitación a lo largo de 2023	26
1.2.2. Episodios de precipitaciones intensas	28
1.3. Sequía meteorológica, índice de precipitación estandarizado (SPI) y características agroclimáticas y fenológicas	29
1.3.1. Precipitación por zonas características de AEMET o grandes cuencas	29
1.3.2. Índice de precipitación estandarizado (SPI) por zonas características de AEMET o grandes cuencas	29
1.3.3. Características agroclimáticas y fenológicas del año 2023	32
1.4. Insolación	44
1.4.1. Anomalías significativas de insolación	46
1.5. Gases de efecto invernadero	47
1.6. Descargas eléctricas y tormentas durante 2023	51
1.6.1. Descargas eléctricas	51
1.6.2. Días de tormenta	53
1.7. Fenómenos meteorológicos extremos	55
1.7.1. Principales episodios de fenómenos meteorológicos extremos	55
1.7.2. Borrascas con gran impacto	58
2. DESCRIPCIÓN MENSUAL DE LAS PRINCIPALES CONFIGURACIONES SINÓPTICAS	63
2.1. Enero	64
2.2. Febrero	66
2.3. Marzo	68
2.4. Abril	70
2.5. Mayo	72
2.6. Junio	74
2.7. Julio	76
2.8. Agosto	78
2.9. Septiembre	80
2.10. Octubre	82
2.11. Noviembre	84
2.12. Diciembre	86
AGRADECIMIENTOS	89
ANEXOS	91
A. Olas de calor y frío: definición y metodología. Evolución	91
B. Efemérides climatológicas	105
C. ¿Qué son las normales climáticas?	109
D. Caracterización de la temperatura y la precipitación mediante percentiles	111
E. Referencias	113
F. Lista de siglas y acrónimos	115

INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

El presente Informe sobre el estado del clima de España 2023, es el quinto de una serie de informes anuales publicados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Este informe constituye un análisis que revela las dinámicas climáticas específicas de nuestra región y que, además, es acorde con los hallazgos climáticos globales y regionales delineados por instituciones internacionales en el ámbito meteorológico y climatológico. Este alineamiento subraya la dedicación de AEMET a la precisión científica y el rigor metodológico, asegurando que el trabajo realizado resuene y contribuya constructivamente al corpus global de conocimiento climático.

En la elaboración del informe, se han adoptado metodologías que están en plena sintonía con los estándares internacionales establecidos por la Organización Meteorológica Mundial. Esta alineación metodológica garantiza que los resultados presentados por AEMET sean comparables, fiables y, sobre todo, útiles tanto para el diálogo científico como para la formulación de políticas. Más allá de la metodología, el informe corrobora y complementa las tendencias observadas en informes climáticos globales y regionales, proporcionando una perspectiva única sobre cómo estas tendencias se manifiestan en España. Al hacerlo, no solo se validan las pautas de cambio climático identificadas, sino que se enriquece el entendimiento colectivo con detalles específicos de nuestra región, lo que es vital para adaptaciones y mitigaciones más efectivas a nivel local y regional. Además, este proceso de alineación no es unilateral. Este informe también se beneficia enormemente de la integración de perspectivas globales y regionales, permitiendo interpretar las observaciones meteorológicas y climatológicas en España dentro de un contexto más amplio. Este diálogo continuo entre lo local y lo global refuerza la relevancia del trabajo llevado a cabo y asegura que las conclusiones contribuyan significativamente a la narrativa climática compartida por la comunidad internacional.

La presentación del Informe Anual del Clima de España 2023 es, por tanto, un testimonio del rigor y el compromiso de AEMET con la excelencia en la investigación climática. Al alinear nuestro análisis con los informes de las más prestigiosas organizaciones y servicios meteorológicos, subrayamos no solo la validez de nuestros hallazgos sino también la contribución a un esfuerzo global más amplio para comprender y responder al desafío del cambio climático.

Los datos climatológicos recopilados a través de observaciones detalladas y métodos científicos rigurosos ofrecen una instantánea precisa de las condiciones climáticas de un período determinado. Estos datos no solo capturan variables fundamentales como temperatura y precipitaciones, entre otras, sino que también incluyen mediciones de fenómenos más complejos como la concentración de gases de efecto invernadero, y los cambios en la biodiversidad. La validez de estos datos se asegura mediante protocolos estandarizados de recolección y análisis, y comparaciones interanuales e internacionales, lo que garantiza que los datos climáticos de 2023 sean una fuente confiable para la investigación y la toma de decisiones.

La relevancia de los datos climatológicos de 2023 trasciende el mero registro de condiciones atmosféricas. Estos datos sirven como un indicador crucial de las tendencias a largo plazo en el clima global y regional, proporcionando evidencia de los cambios progresivos en el clima que pueden tener impactos significativos en los ecosistemas, la economía, y la sociedad en su conjunto.

Los datos climáticos presentados proporcionan la base empírica para el desarrollo de políticas de mitigación del cambio climático y estrategias de adaptación. Al entender las tendencias específicas, como el aumento de la frecuencia e intensidad de las olas de calor en España, los formuladores de políticas pueden diseñar medidas específicas para proteger a las poblaciones vulnerables, asegurar recursos hídricos, y promover prácticas agrícolas sostenibles. Asimismo, el análisis detallado de estos datos ayuda a evaluar la efectividad de las políticas existentes y ajustarlas según sea necesario.

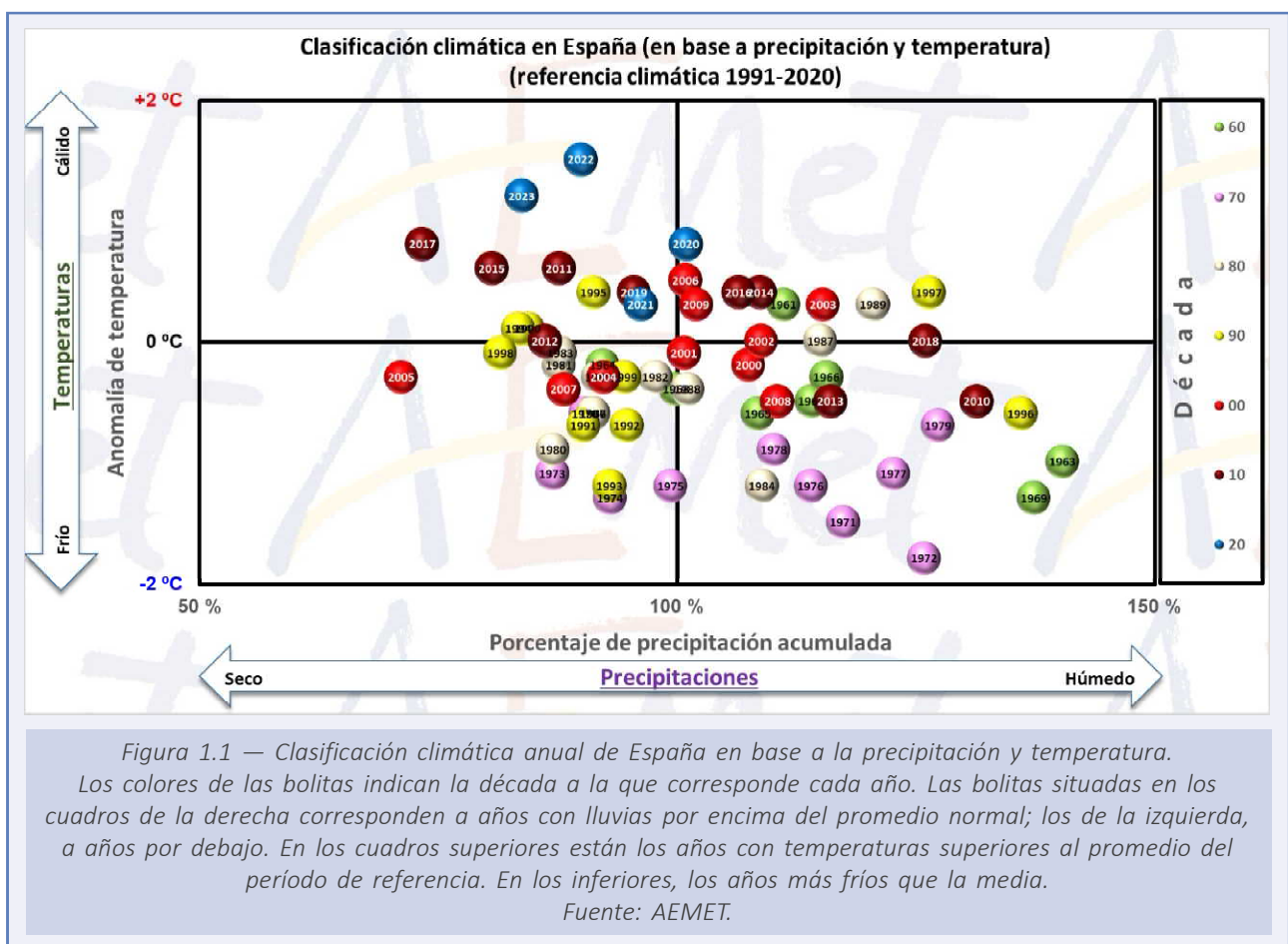
Este año se introduce como novedad el cambio del período de referencia de las normales climáticas, pasando del período anterior 1981-2010 al actual que comprende el decenio 1991-2020. La recalibración decenal de las normales climáticas y el ajuste de sus períodos de referencia constituyen una práctica fundamental para la meteorología y las ciencias climáticas. Este enfoque responde a la necesidad de mantener actualizadas las referencias climáticas en un mundo donde el cambio climático altera rápidamente los patrones atmosféricos y asegura la relevancia de los datos climáticos para aplicaciones socioeconómicas, ambientales y de planificación.

Finalmente, la divulgación de los datos climáticos de 2023 juega un papel vital en la sensibilización sobre el cambio climático. Al presentar información clara y comprensible sobre cómo el clima está cambiando y qué consecuencias podrían tener estos cambios, se fomenta una mayor conciencia y comprensión pública. Esta sensibilización es fundamental para impulsar la acción climática a nivel individual y colectivo, promoviendo cambios en el comportamiento que contribuyan a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a sus impactos.

En resumen, el análisis del clima de 2023 en España se erige como un elemento crítico en la comprensión global del cambio climático, sus impactos, y las respuestas necesarias para enfrentarlo. El documento se organiza de la siguiente manera: Inicialmente, en el Capítulo 1, se examinan las dimensiones espaciales y temporales del clima de España para el año 2023. Este Capítulo incluye una revisión exhaustiva de las principales variables meteorológicas, enfocándose en sus cambios tanto en términos de localización como de tiempo. Posteriormente, el Capítulo 2 presenta una descripción detallada de las configuraciones sinópticas predominantes que marcaron las condiciones climáticas mensuales a lo largo del 2023 en España. Para finalizar, una serie de Anexos aportan detalles adicionales y soportan la información discutida en el Informe del Estado del Clima en España 2023.

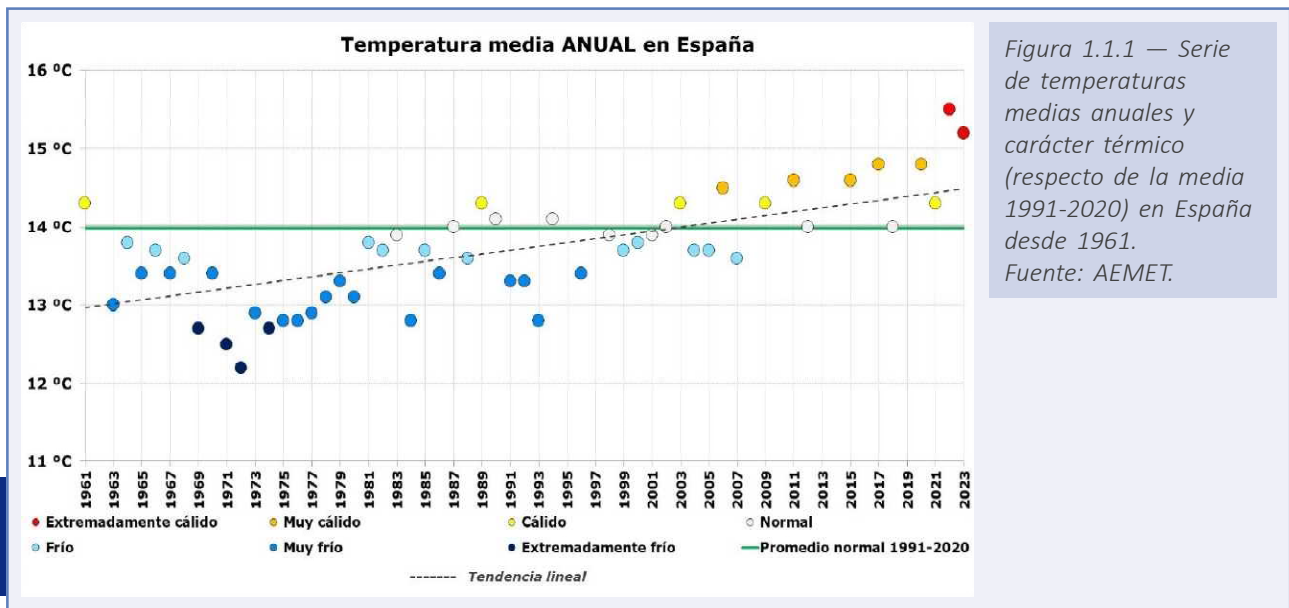
1. ESTADO DEL CLIMA DE ESPAÑA: AÑO 2023

El año 2023 presentó en España carácter extremadamente cálido en cuanto a temperaturas y muy seco en lo que respecta a precipitaciones. En la figura 1.1 se muestra la clasificación de los distintos años en función de su temperatura y precipitación acumulada. El año 2023 se sitúa en el cuadrante superior izquierdo, donde aparecen los años más cálidos y secos con respecto al período de referencia 1991-2020.



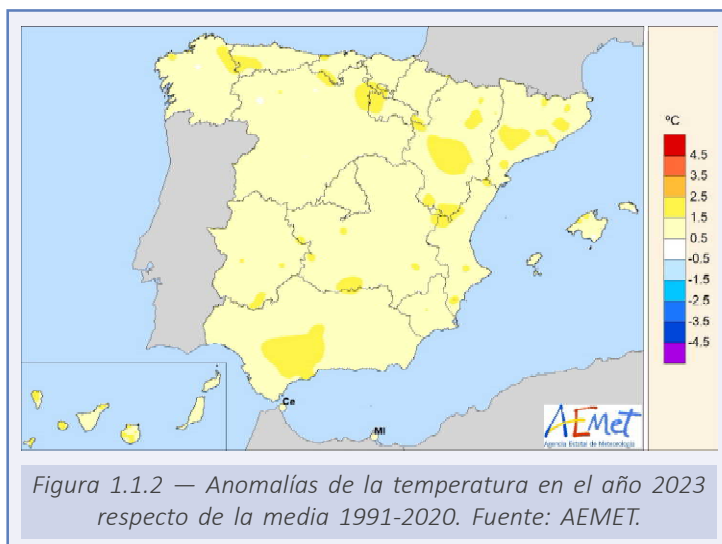
1.1. TEMPERATURA

El año 2023 fue extremadamente cálido en España, con una temperatura media de 15.2 °C (15.2 °C en el promedio de la España peninsular, 18.0 °C en Baleares y 19.8 °C en Canarias), valor que queda 1.2 °C por encima del promedio anual normal (período de referencia 1991-2020). Se ha tratado del segundo año más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, por detrás tan solo de 2022, que resultó 0.3 °C más cálido. Los diez años más cálidos de la serie pertenecen al siglo XXI.



4

Para la estimación de la tendencia en la serie de datos de temperatura media anual en España se ha empleado el estimador de Sen (S_{EN} , 1968); y para el análisis de significación, el test de Mann-Kendall (KENDALL & GIBBONS, 1990). Se ha encontrado una tendencia estadísticamente significativa, con un 95 % de nivel de confianza, de que la temperatura media anual ha ascendido 1.57 °C entre 1961 y 2023 en España.

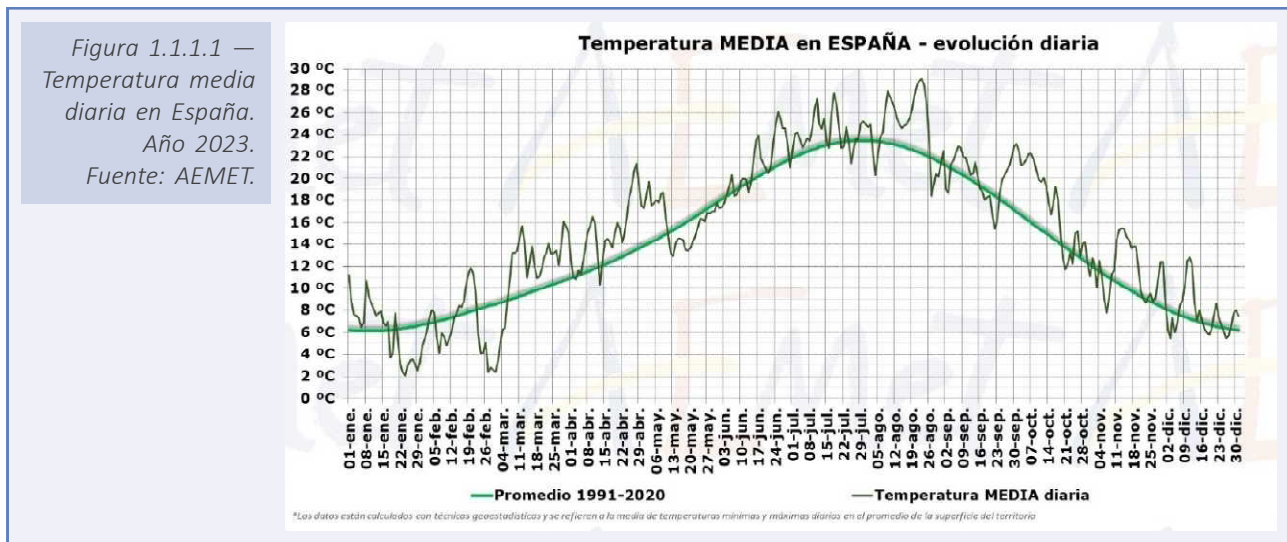


El año fue muy cálido en el sur de Galicia, oeste de Castilla y León, Extremadura y en el centro de Castilla-La Mancha, mientras que resultó extremadamente cálido en el resto de la España peninsular. En Baleares y Canarias fue extremadamente cálido en la mayoría de las zonas. Se observaron anomalías térmicas cercanas a +2 °C en algunas zonas de Cataluña, Aragón, La Rioja y centro de Andalucía. En el resto de la España peninsular se situaron mayoritariamente alrededor de +1 °C. En Baleares tomaron valores en torno a +1 °C, mientras que en Canarias se situaron entre +1 °C y +2 °C.

Las temperaturas máximas diarias quedaron en promedio 1.5 °C por encima del valor normal, mientras que las mínimas se situaron 0.9 °C por encima de la media, resultando una oscilación térmica diaria 0.6 °C superior a la normal.

1.1.1. Evolución de las temperaturas durante 2023

En la figura 1.1.1.1 se ha representado la evolución anual de la temperatura media diaria en España, así como el valor medio diario del período de referencia 1991-2020.



El año comenzó con un mes de enero normal, con una temperatura media en España que se situó 0.1 °C por debajo de la media del mes. Febrero fue también normal, con una anomalía de -0.4 °C.

La primavera (período comprendido entre el 1 de marzo y el 31 de mayo) tuvo un carácter extremadamente cálido, con una temperatura media en España de 14.2 °C, valor que queda 1.7 °C por encima de la media de esta estación, resultando la primavera más cálida desde el comienzo de la serie en 1961. La primavera comenzó con un mes de marzo muy cálido, con una temperatura media que se situó 1.8 °C por encima de la media del mes, resultando el tercer mes de marzo más cálido desde el comienzo de la serie. Abril fue extremadamente cálido, con una temperatura media 2.9 °C por encima de la normal, resultando el mes de abril más cálido de la serie. Mayo fue normal, con una temperatura media 0.4 °C por encima de la media.

El verano (período comprendido entre el 1 de junio y el 31 de agosto) tuvo un carácter muy cálido, con una temperatura media en España de 23.4 °C, valor que queda 1.3 °C por encima de la media de esta estación, resultando el tercer verano más cálido desde el comienzo de la serie. El mes de junio fue cálido, con una temperatura media en la España peninsular que se situó 1.0 °C por encima de la media del mes. Julio resultó muy cálido, con una temperatura media 1.2 °C por encima de la normal, mientras que agosto fue extremadamente cálido, con una temperatura media 1.7 °C por encima de la media, resultando el segundo mes de agosto más cálido de la serie.

El otoño (período comprendido entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre) tuvo un carácter extremadamente cálido, con una temperatura media en la España peninsular de 16.4 °C, valor que queda 1.9 °C por encima de la media de esta estación. Se trató del segundo otoño más cálido desde el comienzo de la serie. El mes de septiembre fue cálido, con una temperatura media que se situó 1.0 °C por encima de la media del mes. Octubre resultó extremadamente cálido, con una temperatura media 2.6 °C por encima de la normal, siendo el segundo mes de octubre más cálido de la serie. Noviembre fue muy cálido, con una temperatura media 2.1 °C por encima de la media, resultando el segundo mes de noviembre más cálido de la serie.

Por último, el mes de diciembre fue cálido, con una temperatura media en España de 7.6 °C, valor que queda 0.7 °C por encima de la media del mes.

En la tabla 1.1.1.1 se adjunta la temperatura media en España de cada mes, la media estacional y la anual, así como el promedio 1991-2020 de cada uno de los períodos, la anomalía térmica, el carácter y el orden que ocupan en la serie ordenada de más a menos cálido dentro de la serie de 63 años de datos que comienza en 1961.

El 68 % de los días de 2023 tuvieron una temperatura media superior al valor normal del período de referencia, mientras que el 31 % tuvieron una temperatura media inferior a ese valor.

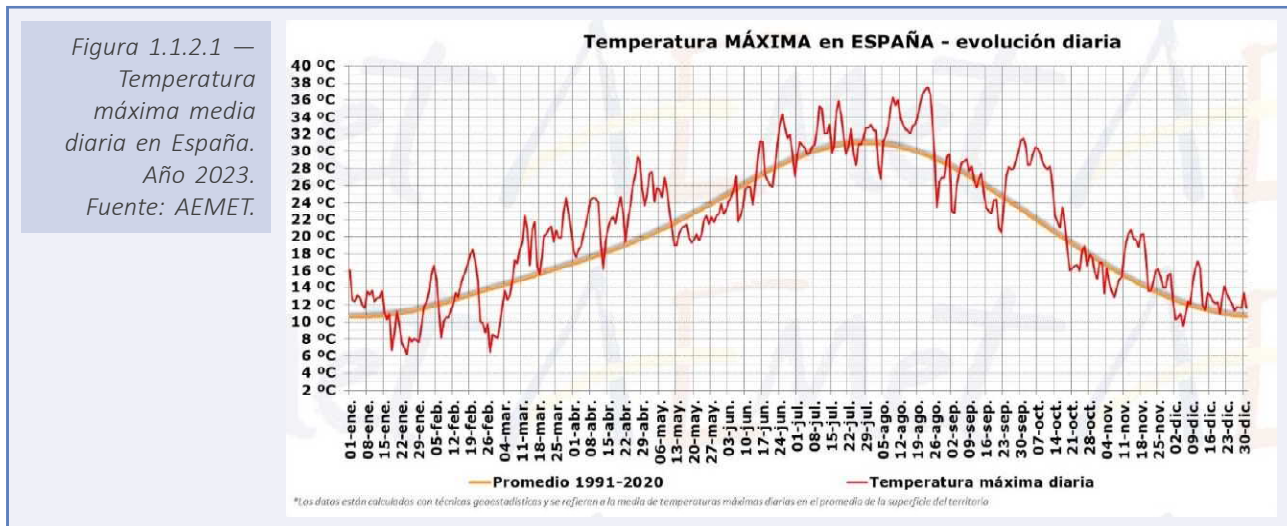
Únicamente los meses de enero y febrero tuvieron una temperatura media inferior al valor climático de referencia, con anomalías de -0.1 °C y -0.4 °C, respectivamente. El resto de los meses la temperatura media fue superior al promedio, destacando abril, que fue el mes de abril más cálido de la serie con una anomalía de +2.9 °C, y los meses de agosto, octubre y noviembre, que fueron los segundos más cálidos de sus series con anomalías de +1.7 °C, +2.6 °C y +2.1 °C, respectivamente.

Mes	Temperatura media 2023 (°C)	Promedio normal (1991-2020) (°C)	Anomalía (°C)	Carácter	Orden
Enero	6.1	6.2	-0.1	Normal	27
Febrero	6.8	7.2	-0.4	Normal	34
Marzo	11.7	9.9	+1.8	Muy cálido	3
Abril	14.9	12.0	+2.9	Extremadamente cálido	1
Mayo	16.1	15.7	+0.4	Normal	20
Junio	21.1	20.1	+1.0	Cálido	9
Julio	24.3	23.1	+1.2	Muy cálido	6
Agosto	24.8	23.1	+1.7	Muy cálido	2
Septiembre	20.2	19.2	+1.0	Cálido	16
Octubre	17.4	14.8	+2.6	Extremadamente cálido	2
Noviembre	11.7	9.6	+2.1	Muy cálido	2
Diciembre	7.6	6.9	+0.7	Cálido	16
Invierno	7.5	6.8	+0.7	Cálido	13
Primavera	14.2	12.5	+1.7	Extremadamente cálido	1
Verano	23.4	22.1	+1.3	Muy cálido	3
Otoño	16.4	14.5	+1.9	Extremadamente cálido	2
ANUAL	15.2	14.0	+1.2	Extremadamente cálido	2

Tabla 1.1.1.1. Temperatura media mensual, estacional, anual, promedio normal, anomalía, carácter y orden (1 para el más cálido, 63 para el más frío). Año 2023.

1.1.2. Episodios de temperaturas extremas

En 2023 fueron frecuentes los episodios de altas temperaturas, observándose cuatro olas de calor en la península ibérica y Baleares y tres en Canarias.



En julio hubo dos olas de calor en la península ibérica y Baleares, ambas de corta duración, que se extendieron entre los días 9 a 12 y 17 a 20. En agosto se observaron otras dos olas de calor en la península ibérica y Baleares, más prolongadas e intensas que las de julio, que se extendieron entre los días 6 a 13 y 17 a 25, con temperaturas máximas por encima de los 40.0 °C en gran parte del territorio, llegando a superarse los 45.0 °C en algunos puntos de la provincia de Valencia y de Andalucía los días 10 y 11 de agosto.

En Canarias se registraron también dos olas de calor en agosto: la primera entre los días 10 y 14, en la que se superaron los 40.0 °C en todas las islas, y la segunda, de mayor intensidad, entre el 20 y el 24 de agosto. Hubo, además, una tercera ola de calor en Canarias, entre los días 2 y 17 de octubre, que resultó excepcional por su duración y por lo tardío de las fechas en las que se produjo.

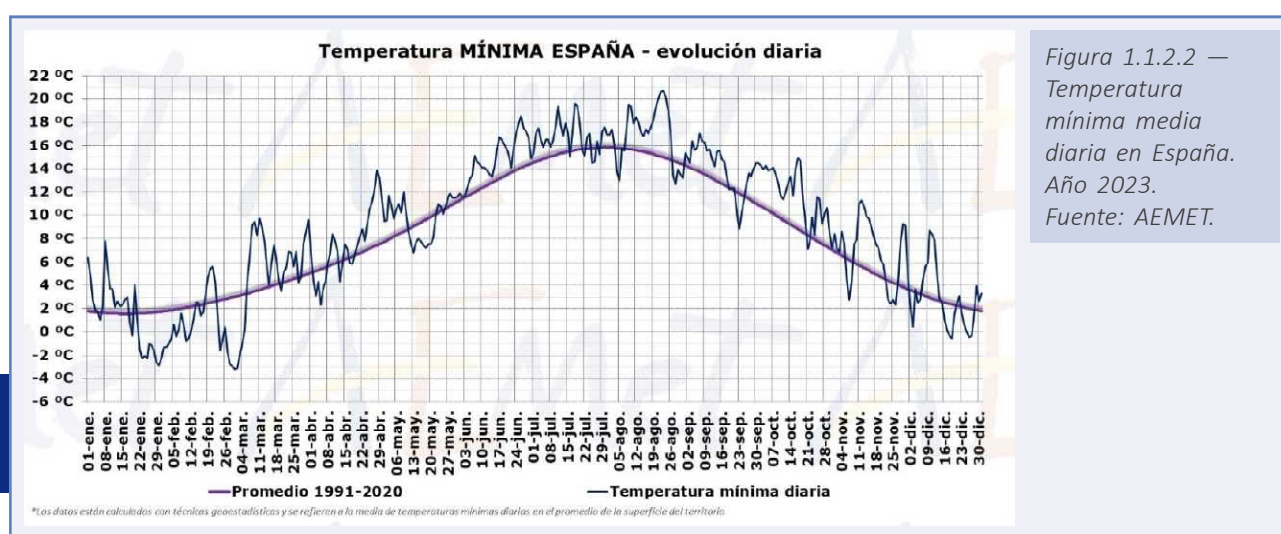
Otro episodio destacado, aunque sin llegar a constituir una ola de calor, fue el intenso y prolongado episodio cálido que se extendió entre el 15 de abril y el 10 de mayo, con temperaturas muy por encima de las habituales para la época del año, durante el cual se alcanzaron las temperaturas más altas de la primavera. Las temperaturas fueron especialmente elevadas entre los días 24 y 29 de abril, debido a la entrada de una masa de aire muy cálido y seco de origen norteafricano, llegando a registrarse valores por encima de 35 °C en numerosos puntos del sur peninsular.

Las temperaturas más altas del año entre observatorios principales correspondieron a Valencia/aeropuerto, donde se registraron 46.8 °C el 10 de agosto, Córdoba/aeropuerto, con 45.0 °C el 11 de agosto, Valencia, con 44.5 °C el 10 de agosto, y Granada/aeropuerto, donde se midieron 44.3 °C el 9 de agosto.

En cuanto a bajas temperaturas, en 2023 hubo varios episodios fríos con temperaturas por debajo de las normales, con dos olas de frío de poca intensidad, la primera entre el 29 y el 31 de enero y la segunda entre el 28 de febrero y el 2 de marzo. Destacó el

episodio que dio comienzo tras el paso de las borrascas Gerard y Fien, que se extendió entre el 18 de enero y el 2 de febrero, y el de los días 24 a 28 de febrero, debido a la borrasca Juliette, que produjo una entrada de aire muy frío de origen polar, en el que se registraron las temperaturas más bajas del invierno. Otros episodios destacados fueron los de los días 1 a 5 de marzo y 12 a 23 de mayo, en los que tanto las temperaturas máximas como las mínimas se situaron muy por debajo de las habituales para la época del año.

Las temperaturas más bajas de 2023 entre observatorios principales correspondieron a Molina de Aragón, donde se registraron -15.8°C el 28 de febrero, Puerto de Navacerrada, con -11.6°C también el 28 de febrero, Soria, con -9.6°C el 24 de febrero, y Teruel, donde se midieron -9.0°C el 30 de enero.



1.1.3. Evolución de los récords diarios de temperatura en España

A partir de los datos diarios calculados con técnicas geoestadísticas, se ha estimado cómo han ido variando con el tiempo los récords diarios de temperatura media en la España peninsular desde 1950, a los que llamaremos «récords de días cálidos y récords de días fríos». No son, por tanto, efemérides de estaciones meteorológicas ni se trata tampoco de evolución de olas de calor, al estar referidos a todo el año y a datos calculados. Sin embargo, sí que muestra una de las consecuencias más evidentes del cambio climático: el incremento del número de días cálidos y, consecuentemente, la mayor frecuencia y duración de los episodios de calor. Justo lo contrario ocurre con los días fríos, que disminuyen notablemente, al igual que la frecuencia y duración de los episodios fríos.

De entre los métodos existentes para estimar el número teórico de récords diarios de días cálidos y fríos en un año, en este informe anual del clima 2023 se ha aplicado el método usado por el servicio de Cambio Climático de Copernicus (Copernicus Climate Change Service (C3S), European State of the Climate 2019, 2020) que asume que, en un clima estacionario, el número anual de récords de días cálidos y días fríos no debería variar demasiado con el paso del tiempo, ajustándose a la misma distribución estadística teórica.

El método parte de la base de que, en el primer año de registros, en nuestro caso 1950, todos los días se producen de forma simultánea récords de días cálidos y fríos (solo hay un registro cada día del primer año de nuestra serie, por lo que ese registro es a la vez el más alto y el más bajo). Así, el número de récords de ese primer año es de 365, tanto en temperaturas altas como bajas. En 1951, el segundo año de nuestra serie, el registro de cada uno de los días del año solo puede ser superior o inferior al del año anterior, por lo que aproximadamente el número de récords del segundo año será $365/2$, tanto para días cálidos como para días fríos. Asimismo, en el tercer año, aproximadamente uno de cada tres días se establecerá un récord, por lo que el número teórico es $365/3$, y así sucesivamente. En general, para una serie que comienza en 1950, el número teórico de récords diarios en el año AAAA en un clima teórico estable sería de $365/(AAAA - 1949)$.

La figura 1.1.3.1 proporciona el número teórico para un clima estacionario y el número real observado de récords de días cálidos y fríos desde 1950 en la España peninsular. Durante los últimos 30 años, el número real de récords de días cálidos es mucho mayor que el valor teórico, y el número de récords de días fríos es mucho menor que el valor teórico, lo cual es coherente con el calentamiento observado en España en las últimas décadas, que presupone una mayor frecuencia en los récords de temperaturas altas frente a los de bajas, si bien los de estas últimas seguirán produciéndose.

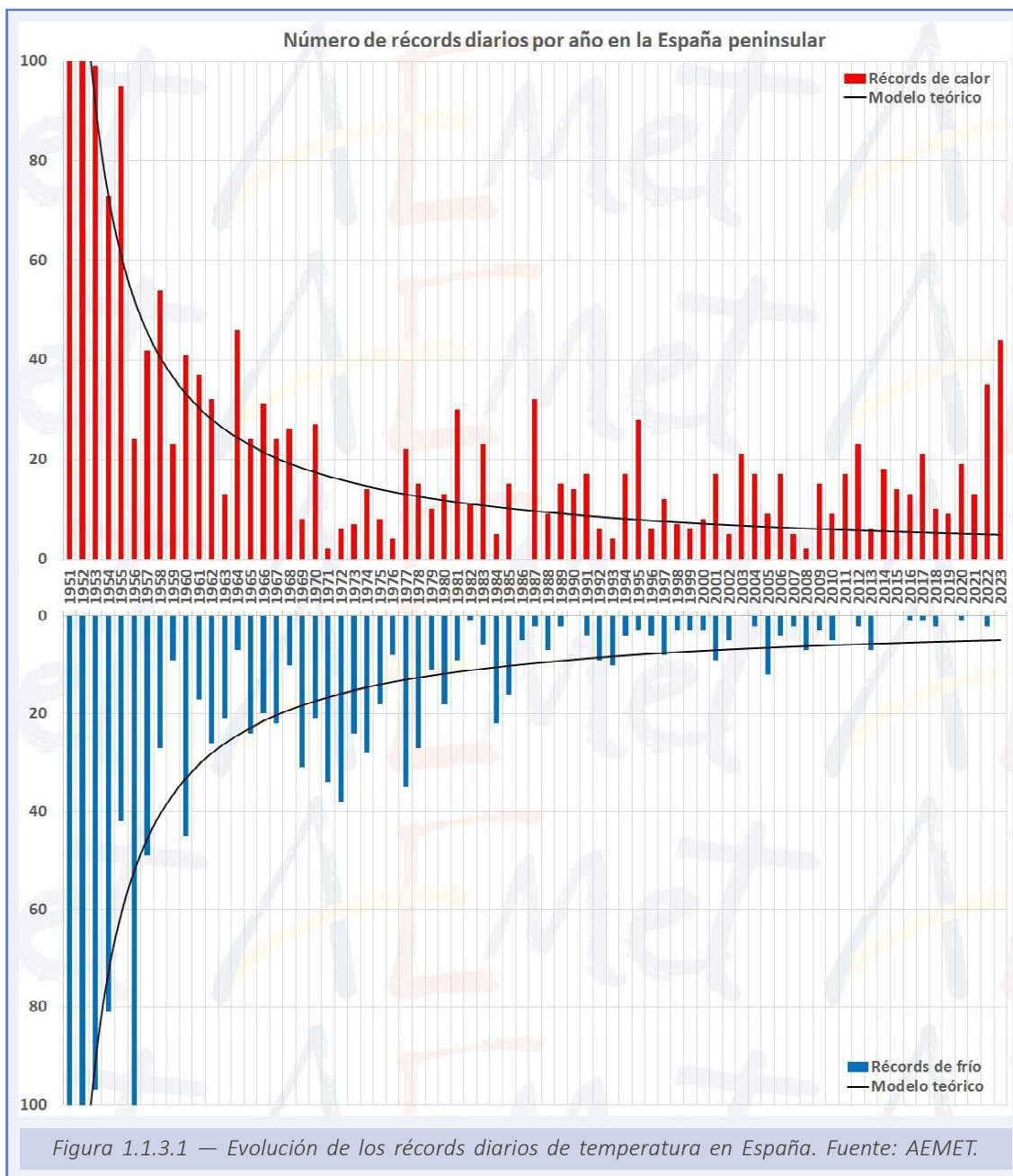
2023 ha sido aún más excepcional que el anterior 2022 en cuanto a récords de días cálidos. Si bien 2023 no supera a 2022 en número de días de ola de calor o en el número de provincias afectadas, en 2023 se produjeron prolongados y anómalos episodios fuera de temporada en primavera y, sobre todo, en otoño. Estos episodios no cumplieron con los criterios establecidos para hablar de ola de calor, pero sí que alcanzaron temperaturas sin precedentes para las fechas en los que se produjeron.

En 2023 se registraron 44 récords de días cálidos, que es nueve veces superior al valor esperable según el modelo teórico (4.9 días). En una sencilla operación entre récords registrados y esperados, la proporción de 2023 (9:1) supera a la del año 2022 (7:1) y es más del doble que el tercer año de la serie (4:1 del año 2012). En el otro extremo, en 2023 no hubo ningún récord de días fríos.

De los 44 récords, 4 se produjeron en un mes de invierno (enero, febrero o diciembre); 10 en verano, de los cuales 5 de forma consecutiva entre el 21 y 25 de agosto, durante la ola de calor más intensa del año; 11 en primavera, cuando hubo 5 días consecutivos entre el 25 y el 29 de abril y, finalmente, 19 en otoño, 9 de ellos de forma consecutiva entre el 30 de septiembre y el 8 de octubre y 5 entre el 11 y el 15 de noviembre.

El episodio cálido que se produjo entre el 30 de septiembre y el 8 de octubre es el más anómalo en relación con la temperatura media normal de cada día para la península ibérica desde que hay registros suficientemente precisos y continuos espacialmente. Es también el más extremo de todos en cuanto a persistencia e intensidad computando todos los días del año (ORIA IRIARTE, 2023).

Según el modelo teórico, basado en un clima estable, durante el periodo de 10 años que transcurrió entre 2014 y 2023, se deberían haber producido 53 récords de días cálidos y otros 53 de días fríos (la probabilidad es igual en ambos casos), mientras que la realidad muestra que en los últimos 10 años se produjeron 7 récords de días fríos y 196 de días cálidos, resultando, por tanto, que el número de récords de días cálidos multiplica por 28 al número de récords de días fríos.



1.1.4. Análisis de olas de calor y olas de frío de 2023

En 2023 se registraron siete olas de calor, cuatro de ellas en Península y Baleares y tres en Canarias. El invierno 2022-2023 registró dos olas de frío.

Las olas de calor en Península y Baleares

El verano de 2023, con una temperatura media de 23.4 °C ha sido el tercero más cálido a nivel nacional desde 1961, año en que comienza la serie, superado tan solo por los veranos de 2022, con 24.0 °C y 2003 con 23.6 °C; durante el mismo se han registrado cuatro olas de calor que totalizan 25 días, que como puede comprobarse en el Anexo A, convierten a 2023 en el tercer verano con más días con ola de calor de la serie, igualado con 2017 y superado tan solo por 2022 con 41 días y 2015 con 29.

La primera ola de calor, con una duración de cuatro días, transcurrió entre el 9 y el 12 de julio y afectó a 15 provincias los días 10 y 11, localizadas principalmente en Andalucía, Castilla-La Mancha y Cataluña. La temperatura máxima de la ola fue 39.0 °C y la anomalía de la ola 3.2 °C, valores que, aunque elevados, no están entre los más altos de la serie.

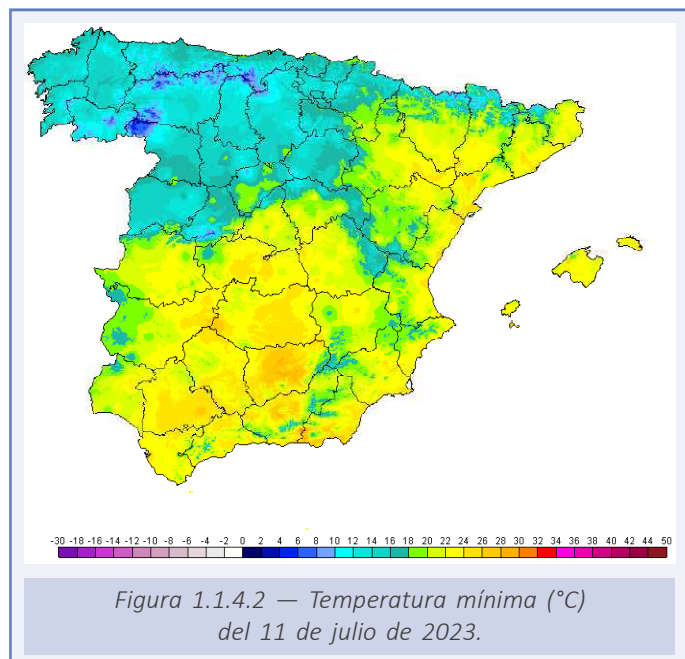
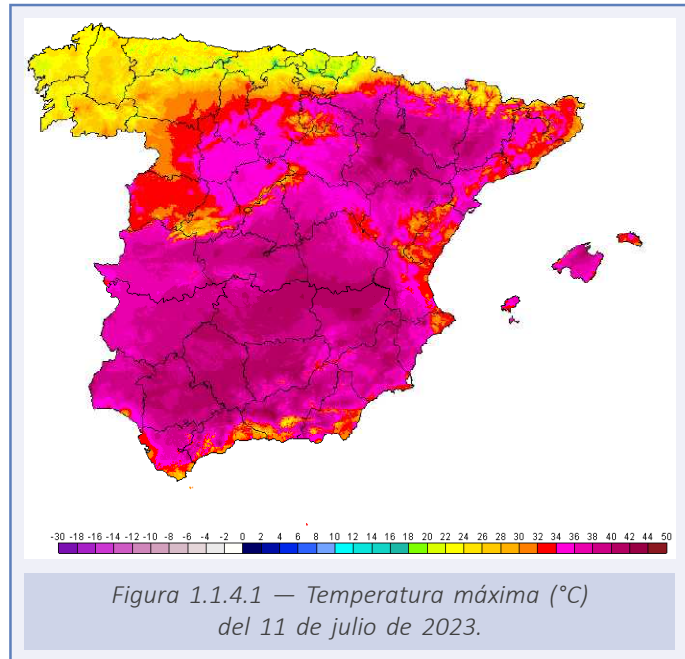
El mapa de la figura 1.1.4.1 reproduce las temperaturas máximas registradas el 11 de julio, día al que corresponde la temperatura máxima de la ola y en él podemos observar cómo los 40 °C se alcanzaron en la mayor parte de la Península, exceptuando el cuadrante noroeste, y en Baleares.

Las temperaturas máximas más elevadas registradas estos días en las estaciones de la red principal de AEMET corresponden a Granada/Aeropuerto con 44.2 °C el día 10, Córdoba/Aeropuerto con 44.0 °C el día 10, Jaén con 43.5 °C también el día 10, Málaga/Aeropuerto con 43.3 °C el día 12, Morón de la Frontera con 43.2 °C el día 10, Albacete/Los Llanos con 42.9 °C el día 11, Almagro/Famet también con 42.9 °C pero registrados el día 10, Granada/Base Aérea con 42.8 °C el día 10, Murcia/Alcantarilla con 42.7 °C el día 10, Murcia con 42.5 °C el día 12.

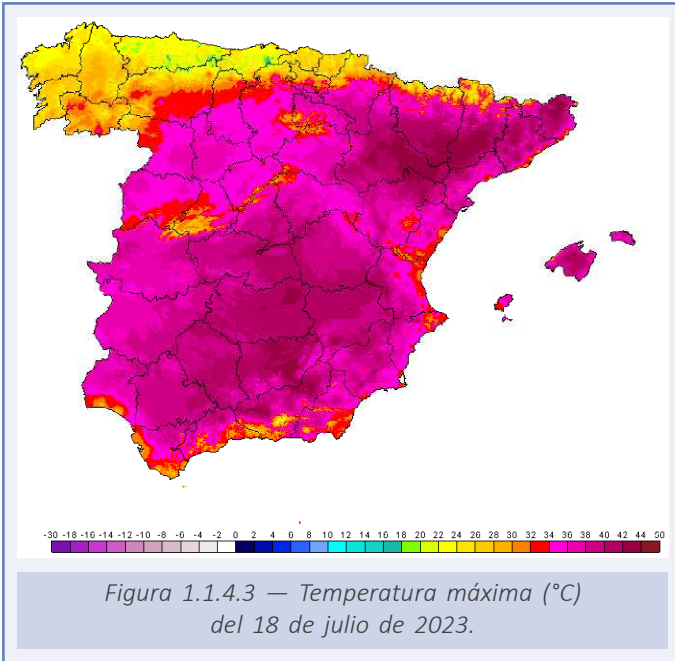
También las noches fueron muy calurosas, como se refleja en el mapa de la figura 1.1.4.2 que reproduce las temperaturas mínimas del día 11 de julio, con mínimas por encima de los 20 °C en gran parte de la Península y de Baleares, quedando por encima de los 25 °C en numerosas estaciones de Baleares, Castilla-La Mancha, Andalucía, Región de Murcia y Cataluña.

Las mínimas más elevadas entre las estaciones de la red principal de AEMET, corresponden a Palma/Puerto con 27.4 °C el día 12, Ceuta con 26.7 °C el día 12, Almería/Aeropuerto con 26.6 °C el día 11, Jaén con 26.1 °C el día 11, Melilla con 26.0 °C el día 12, Alicante con 25.8 °C el día 12 e Ibiza con 25.8 °C el día 12.

La segunda ola de calor del verano de 2023 en la Península y Baleares discurrió entre el 17 y el 20 de julio, con una duración por tanto de 4 días, afectó a 21 provincias los días 18 y 19, tuvo una anomalía de la ola de 3.5 °C y una temperatura máxima de la ola de 38.8 °C. Son valores elevados, pero que al igual que en el caso de la ola anterior, no están entre los más altos de la serie.



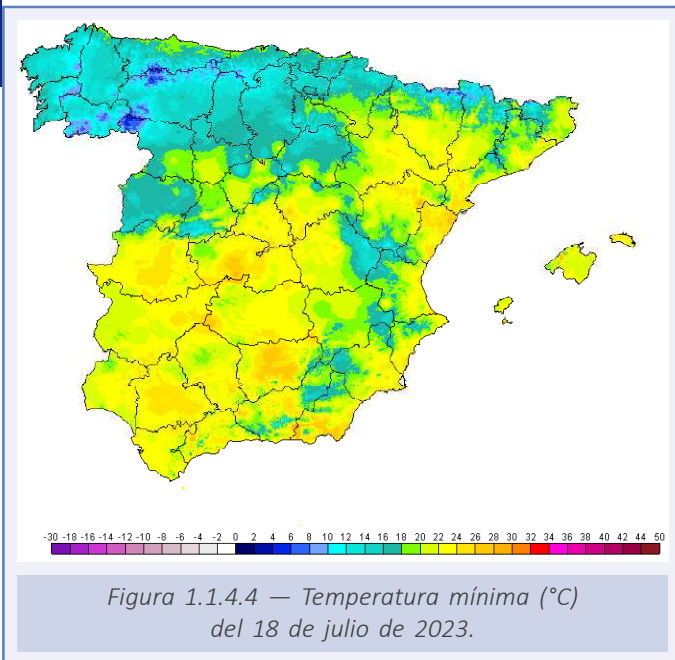
El mapa de la figura 1.1.4.3 reproduce las temperaturas máximas del 18 de julio, que fue el día más cálido de esta segunda ola de calor. También este día se superaron los 40 °C en gran parte de la Península y en Baleares, alcanzándose los valores más elevados en el valle del Ebro, con máximas por encima de los 43 °C.



Cuatro estaciones de la red principal de AEMET registraron durante estos días su temperatura máxima más elevada para un mes de julio, concretamente: Lleida con 43.2 °C el día 18, Toledo con 42.9 °C el día 17, Teruel con 40.2 °C el día 18 y Ceuta, también con 40.2 °C el día 19. A destacar también, aunque no fuesen efemérides de sus series, los 44.5 °C del día 17 en Córdoba/Aeropuerto, los 44.2 °C del día 19 en Málaga/Aeropuerto, los 44.1 °C del día 17 en Granada/Aeropuerto o los 43.9 °C del día 19 en Murcia/Alcantarilla.

También las temperaturas mínimas habidas durante estos días fueron muy elevadas, como pone de manifiesto el mapa de la figura 1.1.4.4, correspondiente al 18 de julio, con termómetros por encima de los 20 °C en gran parte de la Península y Baleares y de los 25 °C en numerosos puntos de Andalucía, sur de Extremadura, Madrid, Castilla-La Mancha, Región de Murcia, Comunitat Valenciana, Aragón y Baleares.

Diez estaciones de la red principal de AEMET alcanzaron durante estos días su temperatura mínima más alta para un mes de julio, destacando Málaga/Aeropuerto con 31.6 °C el día 20; las otras nueve estaciones son: Valencia con 27.5 °C el día 20, Castellón/Almassora con 26.5 °C el día 20, Toledo con 26.4 °C el día 19, Guadalajara con 26.3 °C el día 18, Palma de Mallorca/Son San Juan con 25.9 °C el día 20, Madrid/Barajas con 25.3 °C el día 19, Lleida con 24.9 °C el día 19, Cuenca con 24.7 °C el día 18 y Navacerrada/Puerto con 20.7 °C el día 18.



La tercera ola de calor, con ocho días de duración, tuvo lugar entre el 6 y el 13 de agosto, afectó a 26 provincias el día 10, tuvo una anomalía de la ola de 3.3 °C y una temperatura máxima de la ola de 38.6 °C. El aspecto más destacable de esta tercera ola de calor del verano de 2023 es su duración, ya que sus ocho días la colocan en octava posición, aunque muy lejos de los 26 días de la transcurrida entre el 27 de junio y el 22 de julio de 2015, que con 26 días de duración ocupa el primer lugar y de la que tuvo lugar entre el 9 y el 26 de julio de 2022, que ocupa el segundo lugar con 18 días de duración.

Las temperaturas máximas más elevadas durante esta ola de calor se registraron el día 11 y se representan en el mapa de la figura 1.1.4.5. Los valores más elevados, por encima de los 45°C, los encontramos en el valle del Guadalquivir y por encima de los 40°C en los valles del Tajo y Guadiana.

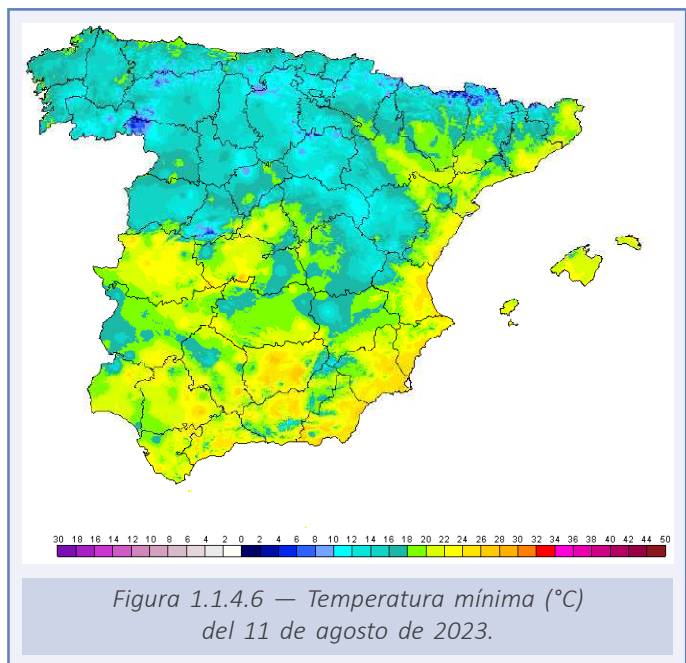
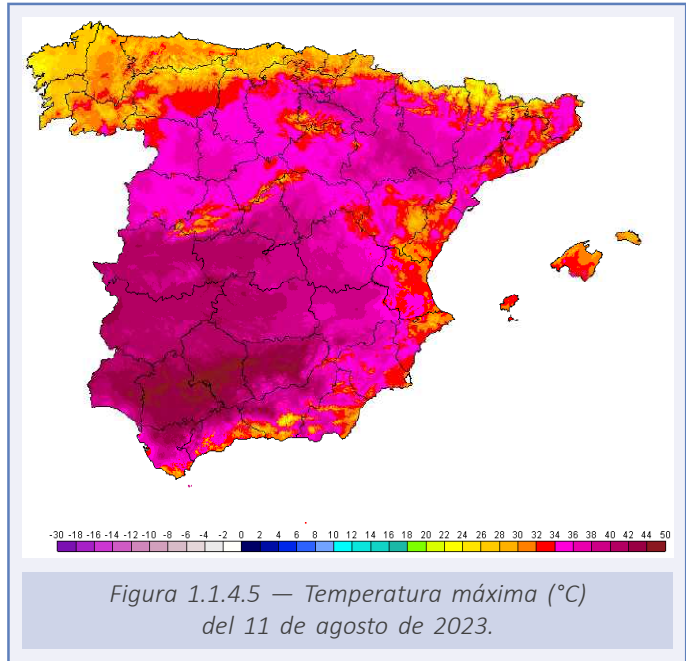
Cuatro estaciones de la red principal de AEMET alcanzaron durante estos días su temperatura máxima absoluta para un mes de agosto: Valencia/Aeropuerto con 46.8°C el día 10, Valencia con 44.5°C el día 10, Ceuta con 39.9°C el día 11 y Soria con 38.9°C el día 9. Otras máximas destacables, aunque no fueron efemérides de su serie, fueron Córdoba/Aeropuerto con 45.0°C el día 11, Granada/Aeropuerto con 44.3°C el día 9 o Sevilla/San Pablo con 43.7°C el día 11.

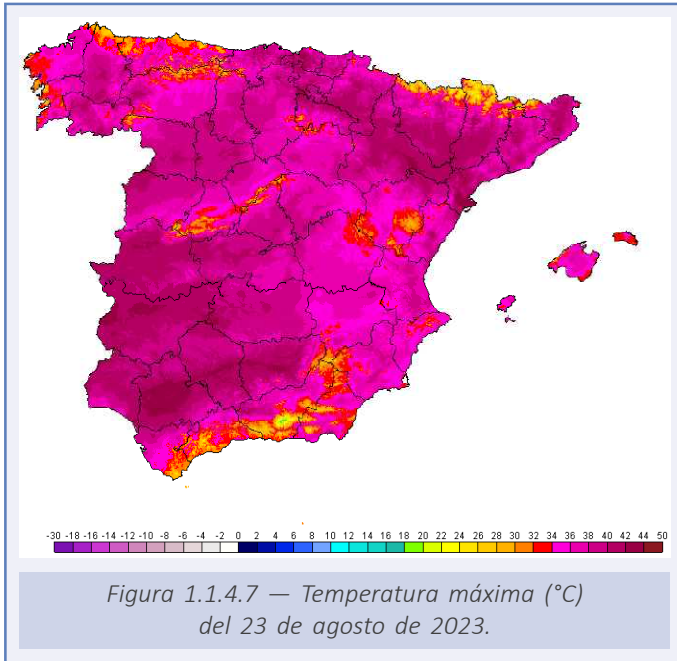
En el mapa de la figura 1.1.4.6 se reproducen las temperaturas mínimas del 11 de agosto, con valores por encima de los 20°C en el centro y sur peninsular, a orillas del Mediterráneo, en el valle del Ebro y en Baleares. Mínimas por encima de los 25°C se dieron en Andalucía, Murcia, Comunitat Valenciana y Baleares.

Entre las estaciones de la red principal de AEMET las temperaturas mínimas más altas las encontramos en Jaén con 27.2°C el día 10, Ciudad Real con 26.8°C el día 10, Murcia/San Javier con 26.7°C el día 11, Murcia/Alcantarilla con 26.6°C el día 11, Murcia con 26.4°C el día 11 o Cáceres con 26.1°C el día 8.

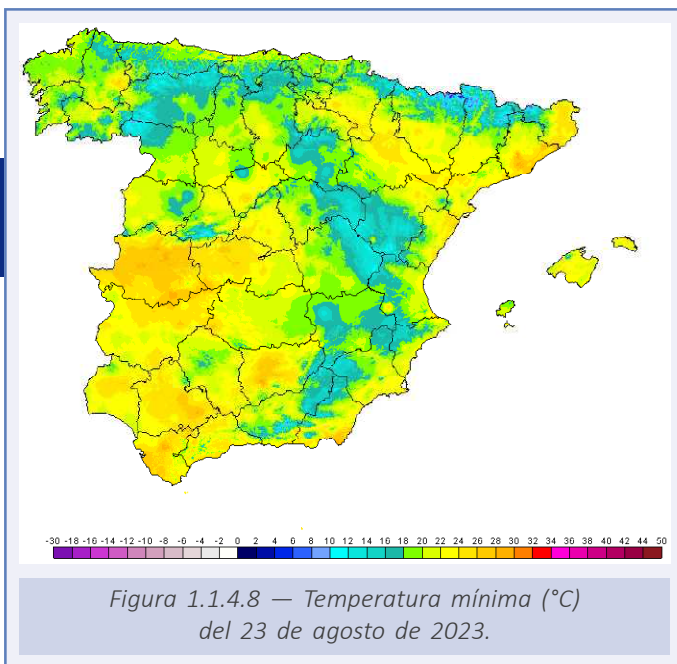
La cuarta ola de calor, con una duración de 9 días, transcurrió entre el 17 y el 25 de agosto, afectó a 39 provincias los días 21, 22, 23 y 24, tuvo una anomalía de la ola de 4.0°C, una temperatura máxima de la ola de 38.7°C y ha sido la más importante de las registradas este verano, ya que por extensión se coloca en tercer lugar tan solo por detrás de las de 2022 con 44 provincias y de la 2012 con 40, por intensidad estaría en cuarta posición, ya que su anomalía de la ola iguala a las de junio de 2019 y agosto de 1987 y tan solo es superada por las de 2022 con 4.5°C y 2021 con 4.1°C y por duración quedaría igualmente en cuarta posición, tan solo superada por las de 2015 con 26 días, 2022 con 18 y 2003 y 2022 con 16.

El mapa de la figura 1.1.4.7 muestra la temperatura máxima del 23 de agosto, que fue el día más cálido de esta intensa y extensa ola de calor. Este día los 40°C se superaron en buena parte de la Península.





Durante estas fechas numerosas estaciones de la red principal de AEMET registraron su temperatura máxima más elevada para un mes de agosto, como por ejemplo Bilbao con 44.0°C el día 23, Tortosa con 43.9°C el día 23, Logroño/Aeropuerto con 43.3°C el día 24, Girona/Costa Brava con 42.5°C el día 23, Pamplona/Aeropuerto con 42.0°C el día 23, Lleida con 41.4°C el día 22, Salamanca/Matacán y Zamora con 41.1°C el día 22 en ambos casos o Ponferrada con 41.0°C el día 23. Además de las estaciones reseñadas, también Santander/Parayas, Valladolid, Valladolid/Villanubla, Burgos/Villafría y Santander/CMT alcanzaron estos días su temperatura máxima más elevada en un mes de agosto.



También las temperaturas mínimas de estos días fueron muy elevadas, como puede verse en el mapa de la figura 1.1.4.8 en el que se representan los valores alcanzados el día 23, con mínimas por encima de los 20°C en la mayor parte de la Península y de Baleares y de los 25°C en numerosos puntos de Extremadura, Andalucía, Murcia, Cataluña, valle del Ebro y Baleares.

Seis estaciones de la red principal registraron durante esta ola de calor su temperatura mínima más elevada en un mes de agosto: Segovia con 25.9°C el día 23, Zaragoza/Aeropuerto con 25.7°C el día 23, Lleida con 24.6°C el día 24, Girona/Costa Brava con 23.7°C el día 23, Santiago de Compostela/Labacolla con 21.0°C el día 23 y Oviedo con 19.6°C el día 21.

Las olas de calor en Canarias

En Canarias, el verano de 2023, con una temperatura media de 23.4°C ha sido el más cálido desde 1961, año en que comienza la serie analizada, superando al de 2012, que con una temperatura media de 23.1°C ocupa el segundo lugar. En 2023 se han registrado tres olas de calor en Canarias, que totalizan 26 días, lo que sitúa a 2023 como el segundo año con más días de ola de calor, superado tan solo por 2012 con 27.

La primera ola de calor tuvo una duración de cinco días y transcurrió entre el 10 y el 14 de agosto. Afectó a las dos provincias, tuvo una temperatura máxima de la ola de 33.0°C y una anomalía de la ola de 3.6°C. No fue una ola de calor especialmente intensa, siendo su duración el aspecto más destacable.

El mapa de la figura 1.1.4.9 reproduce las temperaturas máximas del 12 de agosto que resultó ser el día más cálido de esta primera ola de calor. Este día se alcanzaron los 40 °C en numerosas estaciones del archipiélago.

Entre las estaciones de la red principal de AEMET La Gomera/Aeropuerto registró récord de temperatura máxima para un mes de agosto con 42.8 °C el día 12. Otros valores destacables fueron los 40.9 °C del día 11 en Tenerife/Los Rodeos o los 40.5 °C del día 12 en Lanzarote/Aeropuerto.

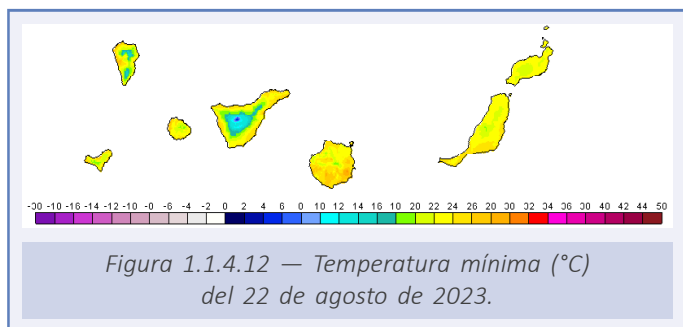
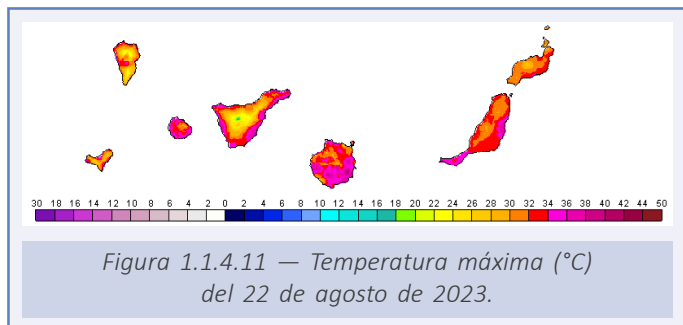
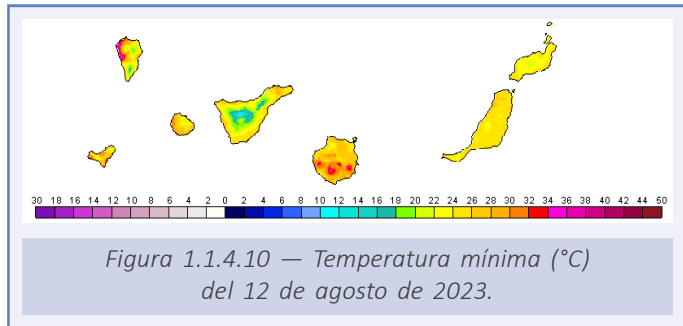
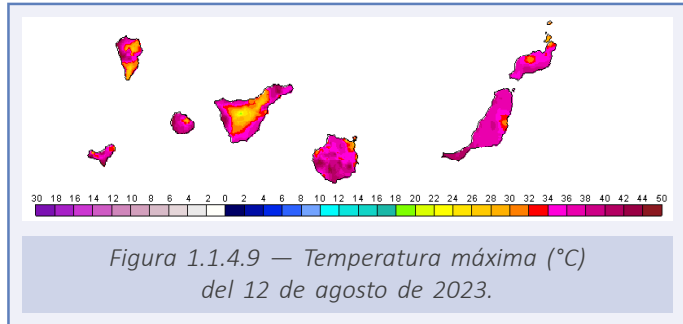
El mapa de la figura 1.1.4.10 muestra las temperaturas mínimas del día 12, con valores por encima de los 25 °C en numerosas estaciones repartidas por todas las islas, e incluso de los 30 °C en estaciones de La Palma, El Hierro y Gran Canaria. Entre las estaciones de la red principal de AEMET destacan los 28.5 °C de La Gomera/Aeropuerto el día 12, los 26.5 °C de Santa Cruz de Tenerife el día 11 o los 26.3 °C de Tenerife/Sur el día 11.

La segunda ola de calor tuvo también una duración de cinco días, discurrió entre el 20 y el 24 de agosto, afectó a las dos provincias y resultó en conjunto más intensa que la anterior. La temperatura máxima de la ola fue 33.5 °C y la anomalía de la ola 4.5 °C. Aunque no está entre las más destacables de la serie, sí se trata de una ola de calor notable tanto por duración como por intensidad.

La temperatura máxima de la ola se registró el día 22, fecha a la que corresponde el mapa de la figura 1.1.4.11. Entre las estaciones de la red principal destacan los 38.3 °C del día 22 en Santa Cruz de Tenerife, los 38.0 °C de Fuerteventura/Aeropuerto el día 22, los 35.3 °C de Tenerife/Sur el día 20 o los 35.2 °C de Lanzarote/Aeropuerto el día 21.

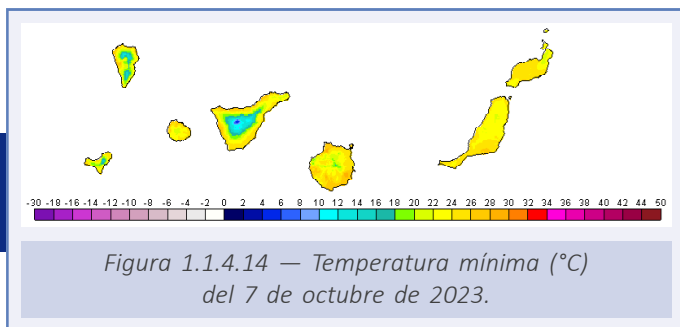
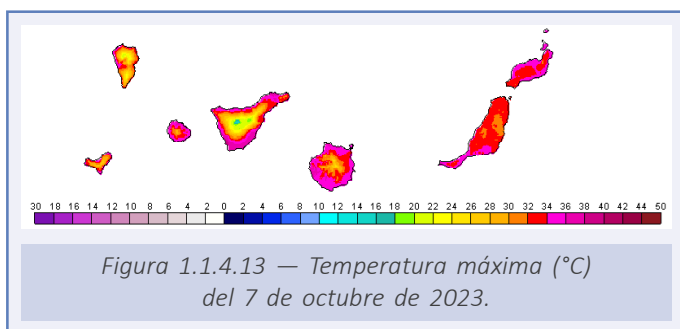
Las noches fueron también muy cálidas, como se refleja en el mapa de la figura 1.1.4.12 que representa las temperaturas mínimas del 22 de agosto. Los valores más elevados entre la red de estaciones principales de AEMET los encontramos en Santa Cruz de Tenerife con 27.8 °C el día 23, Tenerife/Sur con 25.9 °C el día 20 y La Gomera/Aeropuerto con 25.6 °C el día 22.

La tercera ola de calor afectó a las dos provincias y ha sido sin duda la más destacable, ya que, con una duración de dieciséis días, es hasta el momento la más larga de toda la serie, dándose además la circunstancia de ser bastante tardía, ya que se ha registrado entre el 2 y el 17 de octubre. La temperatura máxima de la ola ha sido de 33.9 °C y su



anomalía de la ola 4.1 °C, valores elevados, sobre todo habiéndose registrado en octubre, aunque no están entre los más destacados de la serie.

El mapa de la figura 1.1.4.13 muestra las temperaturas máximas del 7 de octubre, día al que corresponde la temperatura máxima de la ola. Se superaron los 35 °C en numerosas estaciones ubicadas principalmente en zonas de costa. Tres estaciones de la red principal de AEMET en Canarias han registrado durante estos días su temperatura máxima más alta para un mes de octubre: Tenerife/Sur con 39.4 °C el día 3, La Gomera/Aeropuerto con 36.3 °C el día 4 y El Hierro/Aeropuerto con 35.4 °C el día 10. Este último récord es especialmente destacable ya que es la temperatura máxima más elevada de cualquier mes, dándose la circunstancia de que antes de esta ola de calor el récord de la serie era de 34.2 °C registrados el 16 de octubre de 1983 y durante esta ola de calor dicho récord se ha superado en seis ocasiones, los días 6, 7, 8, 10, 11 y 15 con unas máximas de 35.2 °C, 35.1 °C, 34.5 °C, 35.4 °C, 34.7 °C y 34.5 °C respectivamente.



Las temperaturas mínimas también fueron muy elevadas, con valores entre 25 y 30 °C en zonas costeras. Seis estaciones de la red principal de AEMET en Canarias han alcanzado durante esta ola de calor su temperatura mínima más alta para un mes de octubre: La Gomera/Aeropuerto y Gran Canaria/Aeropuerto con 27.8 °C el día 9 en ambas estaciones, Lanzarote/Aeropuerto con 27.6 °C el día 8, El Hierro/Aeropuerto con 26.2 °C el día 11, Santa Cruz de Tenerife con 26.1 °C el día 8 y Tenerife/Los Rodeos con 25.5 °C el día 9. En el mapa de la figura 1.1.4.14 se representan las temperaturas mínimas del 7 de octubre.

día 8 y Tenerife/Los Rodeos con 25.5 °C el día 9. En el mapa de la figura 1.1.4.14 se representan las temperaturas mínimas del 7 de octubre.

Análisis de olas de frío registradas en España en 2023

El invierno 2022-2023 (período comprendido entre el 1 de diciembre de 2022 y el 28 de febrero de 2023) ha tenido carácter cálido, con una temperatura media para el conjunto del país de 7.5 °C, valor que queda 0.7 °C por encima de la media de esta estación (período de referencia 1991-2020). Ha sido el duodécimo invierno más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, y el sexto más cálido del siglo XXI.

En el invierno 2022-2023 se han registrado dos olas de frío. La primera, de 3 días de duración, transcurrió entre el 29 y el 31 de enero; afectó a 13 provincias el día 13, localizadas fundamentalmente en el este peninsular. La temperatura mínima de la ola fue 3.5 °C y la anomalía de la ola -1.2 °C. Ha sido una ola de frío poco destacable, ya que tanto su duración, como su extensión o su anomalía están entre las menos importantes de la serie.

En el mapa de la figura 1.1.4.15 se representan las temperaturas mínimas del día 29, que fue el más frío del episodio, con heladas que se extendieron por la práctica totalidad de la Península, descendiendo por debajo de los -10 °C en estaciones de la sierra

de Gredos, Sierra Nevada, sistema Ibérico y los Pirineos. Entre las estaciones de la red principal de AEMET destacan las temperaturas mínimas de Molina de Aragón con -10.8°C el día 30 y -9.9°C el 31, Navacerrada con -9.6°C el día 29, Calamocha con -9.4°C el día 30 o Daroca con -9.2°C también el día 30.

Las precipitaciones fueron escasas y la nieve solo hizo acto de presencia en la cordillera Cantábrica, con espesores acumulados entre 5 y 15 cm, y en los Pirineos con espesores algo más elevados, que oscilaron entre 15 y 30 cm. En el sistema Central, Navacerrada registró un espesor de nieve acumulado de 7 cm durante estos tres días.

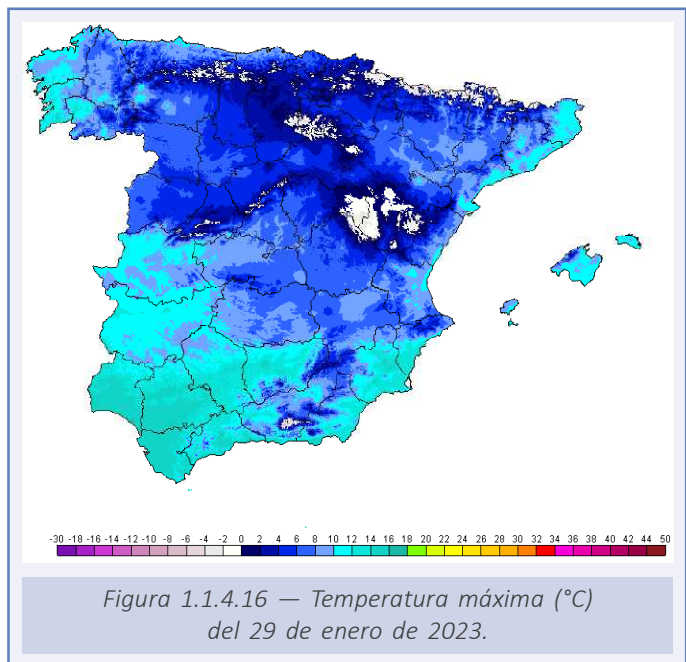
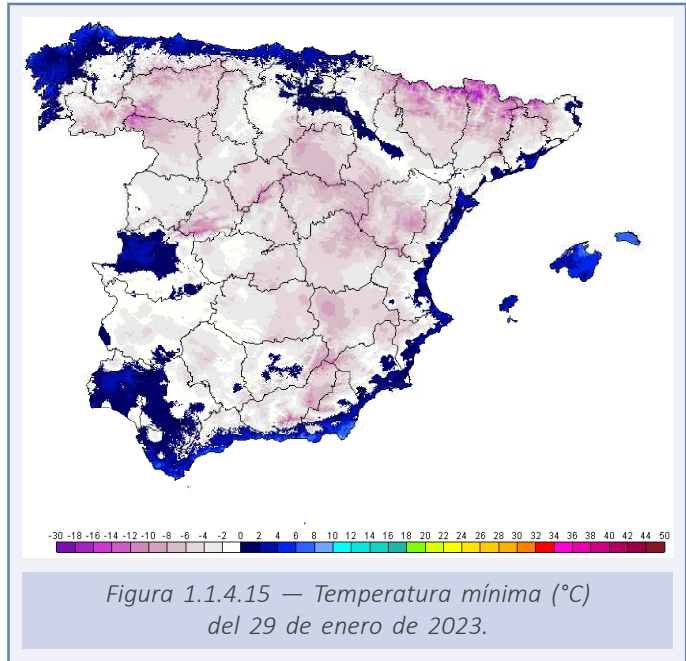
Las temperaturas máximas también fueron frías en gran parte del país, como pone de manifiesto el mapa de la figura 1.1.4.16 que reproduce las del día 29. En él podemos ver como en algunas zonas de montaña no se sobrepasaron los 0°C .

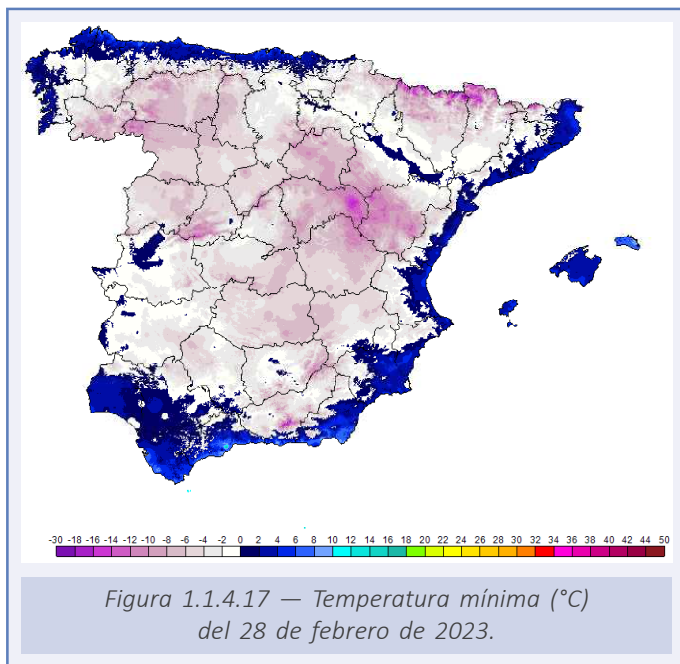
Entre las estaciones de la red principal de AEMET, las temperaturas máximas más bajas registradas durante estos tres días corresponden a los observatorios de: Puerto de Navacerrada, con -2.0°C , Molina de Aragón con -0.1°C , Calamocha con 1.1°C , Burgos Villafría con 1.4°C y Ávila con 2.2°C , mínimas todas ellas correspondientes al día 29.

La segunda ola de frío tuvo una duración de 3 días y se registró entre el 28 de febrero y el 2 de marzo. Alcanzó su máxima extensión el 2 de marzo con 14 provincias; la temperatura mínima de la ola fue -5.1°C y la anomalía de la ola -2.0°C . Al igual que la ola de frío precedente ha sido poco destacable, tanto por su duración, como por su extensión o su anomalía.

Durante estos tres días apenas se registró precipitación y la nieve prácticamente no hizo acto de presencia.

El mapa de la figura 1.1.4.17 muestra las temperaturas mínimas del 28 de febrero, que fue el día más frío del episodio, con heladas que afectaron a casi toda de la Península, dándose las más intensas, igual que en la ola de frío anterior, en estaciones de la sierra de Gredos, Sierra Nevada, sistema Ibérico y los Pirineos. Entre las estaciones de la red principal de AEMET las temperaturas mínimas más bajas se midieron en Molina de Aragón con -15.8°C el 28 de febrero y -11.5°C el 1 de marzo, Calamocha con -11.8°C

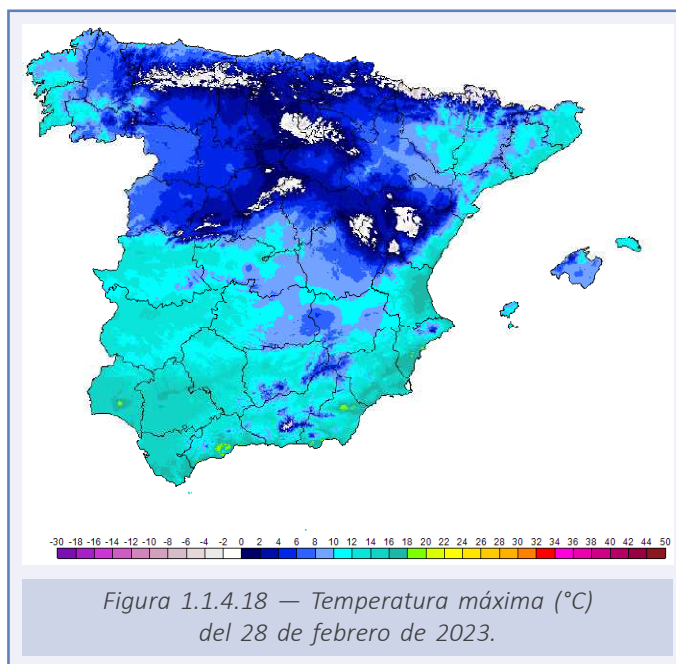




el 28 de febrero, Navacerrada con -11.6°C el 28 de febrero y -10.7°C el 1 de marzo y Daroca con -10.7°C el 28 de febrero y -9.5°C el 1 de marzo.

También las temperaturas máximas fueron muy bajas en buena parte del país, tal como refleja el mapa de la figura 1.1.4.18 correspondiente al 28 de febrero, con zonas de montaña por debajo de los 0°C .

Entre las estaciones de la red principal de AEMET, las máximas más bajas correspondieron a Navacerrada con -5.9°C el 1 de marzo y -5.6°C el 28 de febrero, Molina de Aragón con 1.4°C el 1 de marzo, Calamocha con 2.1°C el 1 de marzo, Burgos Villafría con 2.1°C el 28 de febrero y 3.8°C el 1 de marzo y Vitoria Gasteiz con 3.7°C el 28 de febrero.



1.1.5. Evolución de la temperatura superficial del agua del mar

Para este informe se ha analizado la evolución de la temperatura superficial del agua del mar utilizando los datos mensuales y diarios (a las 12 UTC) de los reanálisis ERA5 de C3S (HERSBACH *et al.*, 2020). Se ha calculado también la anomalía anual con respecto al promedio del período 1991-2020 y la anomalía en las zonas costeras (desde el litoral hasta 20 millas mar adentro) de cada una de las islas y provincias con mar, así como de las zonas marítimas circundantes al territorio español, cuyos límites son los indicados en la figura 1.1.5.1, en la que se representa la temperatura media de la superficie del mar del año 2023.

Por primera vez desde 1940, la temperatura media de las aguas circundantes a España (aguas costeras y zonas marítimas), superó los 20 °C. La temperatura media fue de 20.4 °C, que es 1.1 más que el valor medio del último período normal (19.3) y 0.6 más que los registros de 2022, que es el segundo año con la temperatura más alta (figura 1.1.5.2.a).

En las zonas costeras, la temperatura media también ha sido la más alta de la serie, cinco centésimas por debajo del umbral de los 20 °C y con una anomalía de +1.0 °C con respecto al promedio normal (figura 1.1.5.2.b).

Todas las zonas marítimas y costeras tuvieron durante 2023 una anomalía positiva de la temperatura superficial del agua del mar (tabla 1.1.5.1 y figura 1.1.5.3). En Canarias, se superó la anomalía de +1.2 en las islas de la provincia de Santa Cruz de Tenerife y +1.1 en las de Las Palmas. También en gran parte del Cantábrico, la anomalía media fue superior a +1.1 °C.

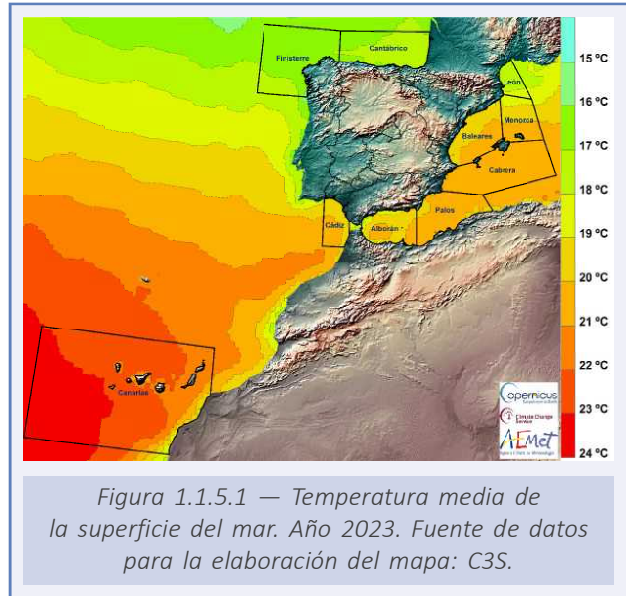
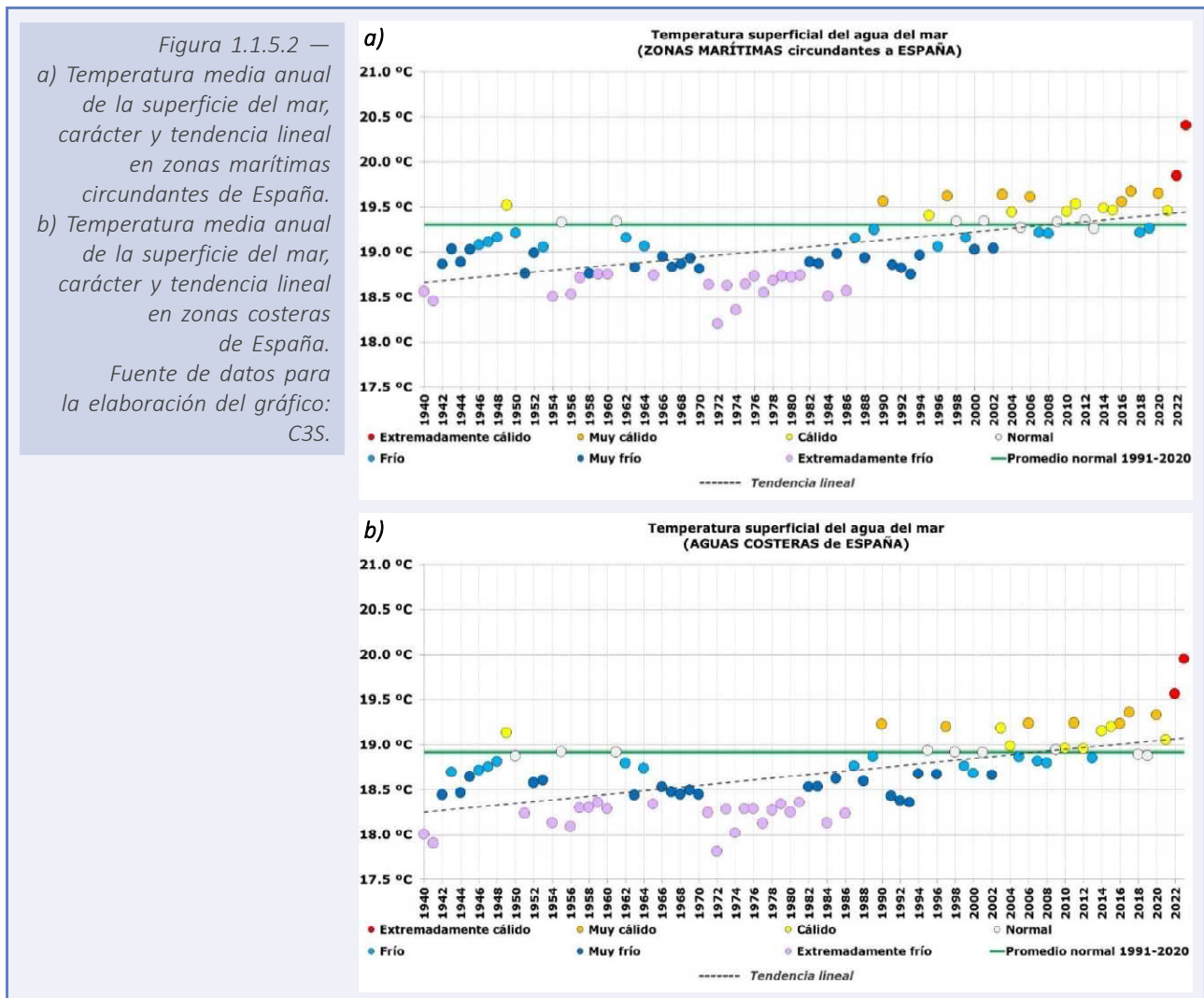


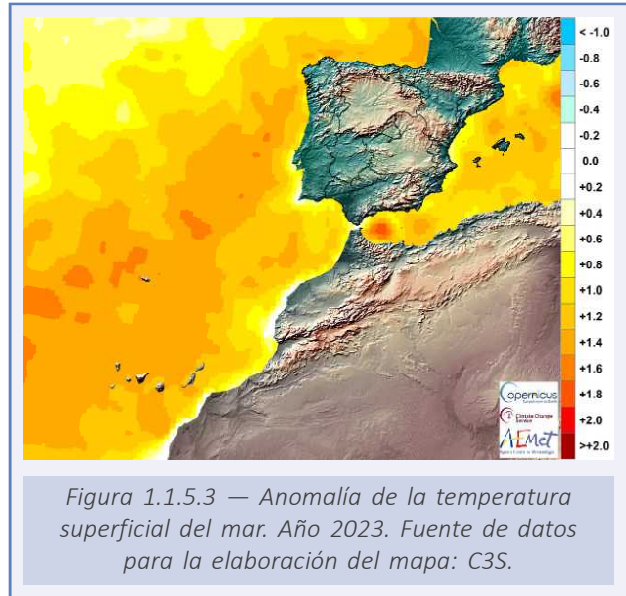
Figura 1.1.5.1 — Temperatura media de la superficie del mar. Año 2023. Fuente de datos para la elaboración del mapa: C3S.



Provincia, isla o ciudad autónoma	Promedio anual 2023 (°C)	Promedio normal (1991-2020) (°C)	Anomalía (°C)	Orden
Zonas costeras				
A Coruña	16.4	15.4	+1.1	1
Alacant/Alicante	20.2	19.4	+0.8	2
Almería	19.8	18.9	+0.9	1
Asturias	17.0	15.9	+1.1	1
Barcelona	19.3	18.3	+1.0	2
Bizkaia	17.4	16.3	+1.1	1
Cádiz	19.1	18.5	+0.6	1
Cantabria	17.4	16.3	+1.1	1
Castelló/Castellón	19.8	19.2	+0.6	4
Ceuta	19.1	18.1	+0.9	1
El Hierro	22.7	21.5	+1.2	1
Fuerteventura	21.7	20.5	+1.2	1
Gipuzkoa	17.7	16.5	+1.2	1
Girona	18.3	17.3	+1.0	2
Gran Canaria	21.9	20.6	+1.2	1
Granada	18.8	18.0	+0.8	1
Huelva	19.4	18.6	+0.8	1
Ibiza y Formentera	20.6	19.5	+1.1	2
La Gomera	22.5	21.2	+1.2	1
La Palma	22.3	21.0	+1.3	1
Lanzarote	21.5	20.4	+1.2	1
Lugo	16.9	15.7	+1.2	1
Málaga	19.0	18.1	+0.9	1
Mallorca	20.5	19.5	+1.1	2
Melilla	19.8	18.8	+1.0	1
Menorca	20.3	19.2	+1.1	2
Murcia	20.1	19.3	+0.8	2
Pontevedra	16.3	15.2	+1.1	1
Tarragona	19.5	18.7	+0.8	4
Tenerife	21.9	20.6	+1.3	1
València/Valencia	19.9	19.2	+0.6	2
Zona	Promedio anual 2023 (°C)	Promedio normal (1991-2020) (°C)	Anomalía (°C)	Orden
Zonas marítimas				
España	20.4	19.3	+1.1	1
Alborán	19.7	18.6	+1.1	1
Baleares	19.9	19.0	+0.9	2
Cabrera	20.6	19.6	+1.0	2
Cádiz	20.0	19.1	+0.9	1
Canarias	22.6	21.4	+1.2	1
Cantábrico	17.2	16.1	+1.1	1
Finisterre	16.7	15.6	+1.0	1
León	17.9	17.0	+0.9	2
Menorca	19.7	18.7	+1.1	2
Palos	20.2	19.2	+0.9	1

Tabla 1.1.5.1. Temperaturas medias (en °C) de la superficie del mar en 2023 en aguas costeras por provincia, isla o ciudad autónoma y por zonas marítimas; sus anomalías respecto a sus valores medios en el período de referencia; y el orden de mayor a menor en los 84 años de la serie. Fuente de datos: C3S.

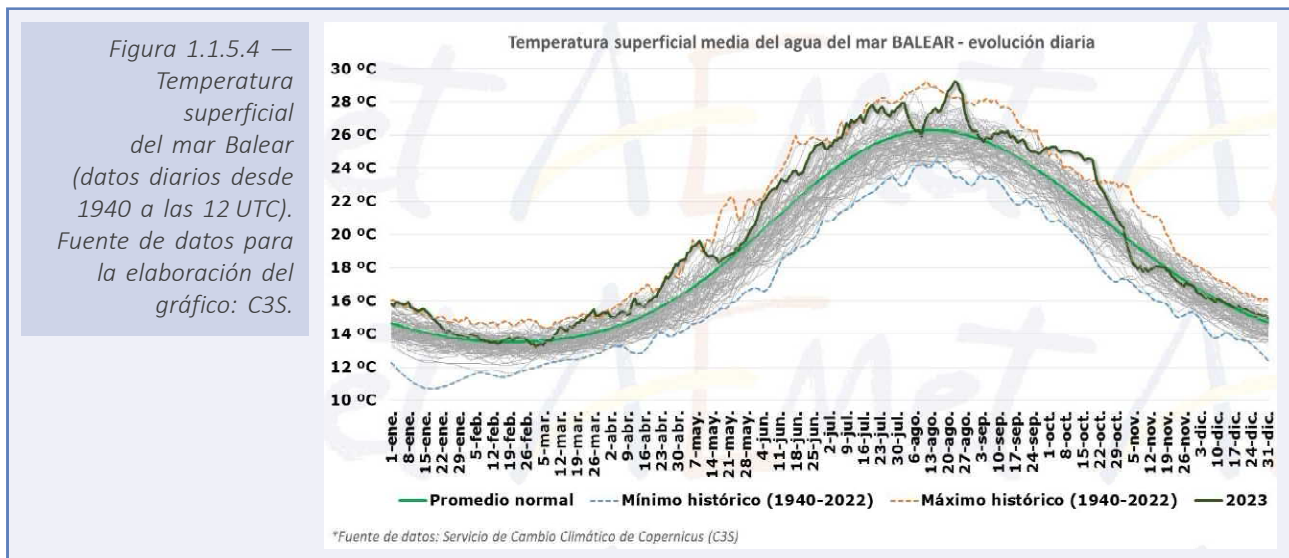
En el otro extremo, la anomalía fue inferior a +1 °C en las aguas costeras de todas las provincias peninsulares del Mediterráneo y en la ciudad autónoma de Ceuta. Esta menor anomalía en las costas mediterráneas peninsulares se explica por el acusado descenso de temperatura que se produjo a final de octubre y se prolongó durante gran parte de noviembre, de forma que la temperatura media del agua en el mes de noviembre en la costa de Almería es la más baja desde, al menos, 1940 y en Granada, Alicante, Castellón y Murcia es el segundo valor más bajo, solo por detrás de los registros de noviembre de 1976 (por detrás de noviembre de 2019 en el caso de Granada).



Climáticamente, los valores más altos de temperatura del agua del mar en España se suelen alcanzar a mitad de agosto en el mar Balear y en la zona marítima de Cabrera, entre las islas Baleares y la costa de la Comunitat Valenciana y Tarragona. En zonas costeras del Mediterráneo, el año 2023 tuvo la particularidad de que registró dos máximos de temperatura próximos o ligeramente superiores a 29 °C; el primero entre el 31 de julio y el 2 de agosto en el litoral sur de Alicante, y el segundo máximo, muy tardío, entre el 22 y el 24 de agosto, en aguas costeras de Mallorca, Ibiza, Formentera y Castellón.

El máximo de temperatura en los 56 000 km² de superficie de la zona marítima del mar Balear que se registró entre el 18 y el 27 de agosto, no solo no tiene precedentes en fecha tan avanzada del verano, sino que la temperatura media de los días 23 y 24, con 29.2 °C y 29.1 °C, respectivamente, son el segundo y tercer valor más alto de la serie, solo por detrás de los 29.3 °C registrados el 11 de agosto de 2022 (figura 1.1.5.4).

En la evolución diaria de temperatura en el Mediterráneo, destacó el brusco descenso en las aguas costeras peninsulares a final de octubre y que se prolongó durante gran parte de noviembre. En la red de boyas de Puertos del Estado, los registros más bajos de la serie histórica de temperatura del agua del mar en el mes de octubre se registraron el día 30



en las boyas de cabo de Gata (14.83 °C) y cabo de Palos (17.33 °C) y el día 31 en las de Valencia (17.31 °C) y Tarragona (18.71 °C) y en el mes de noviembre, los días 5 y 6 en la boya de cabo de Gata (14.25 °C), el día 5 en la de Barcelona (13.9 °C) y el día 30 en la de Valencia (15.43 °C) registraron los mínimos históricos de sus respectivas series.

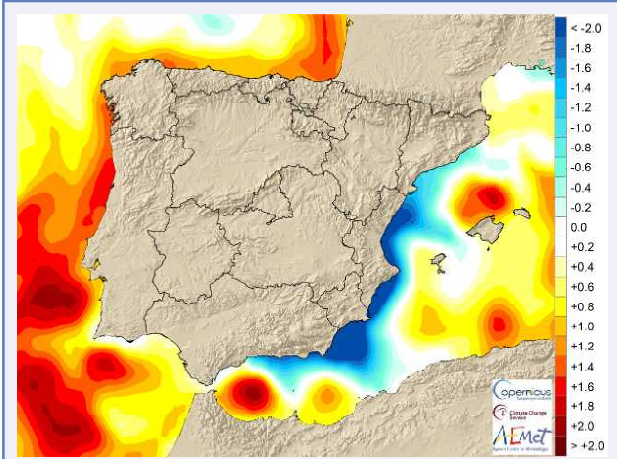


Figura 1.1.5.5 — Anomalía de la temperatura superficial del mar. Noviembre de 2023. Fuente de datos para la elaboración del mapa: C3S.

Este acusado enfriamiento que dio lugar a una anómala temperatura del agua del mar junto a las costas del Mediterráneo peninsular fue provocado por una intensa y anómala circulación de vientos terrales, que facilitaron el enfriamiento superficial del mar por surgencia de aguas frías profundas.

En el año 2023, la situación más anómala en cuanto a la temperatura del mar se produjo en zonas atlánticas. Esta gran anomalía en zonas marítimas españolas es coherente con las observaciones de todo el Atlántico Norte que, según el Servicio de Cambio Climático de Copernicus¹, tuvo temperaturas excepcionales de junio a diciembre, con anomalías mensuales muy por encima del promedio para la época del año y numerosos récords diarios. La temperatura diaria más alta

de la superficie del mar en el Atlántico Norte se registró el 31 de agosto de 2023, que con 25.19 °C supera por casi cuatro décimas al anterior récord de 24.81 °C, establecido en septiembre de 2022.

En la zona marítima de Canarias, todos los días del año tuvieron una temperatura del mar superior a lo normal y 173 de los 365, el 47 %, registraron récord diario de temperatura en el promedio de los 456 000 km² de la zona marítima (figura 1.1.5.6).

Los mínimos anuales en aguas costeras españolas, con valores ligeramente inferiores a 12 °C, se registraron en el litoral cantábrico entre el 1 y el 8 de marzo.

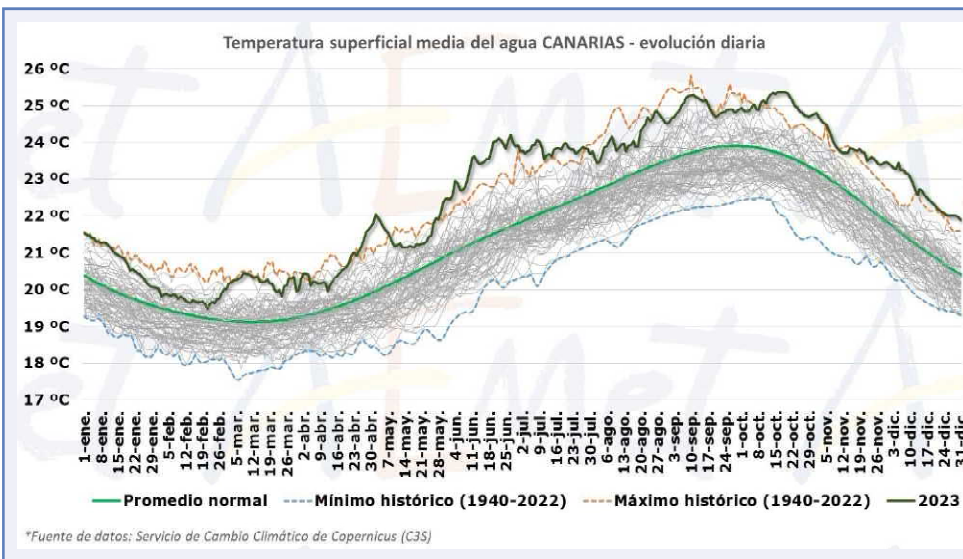
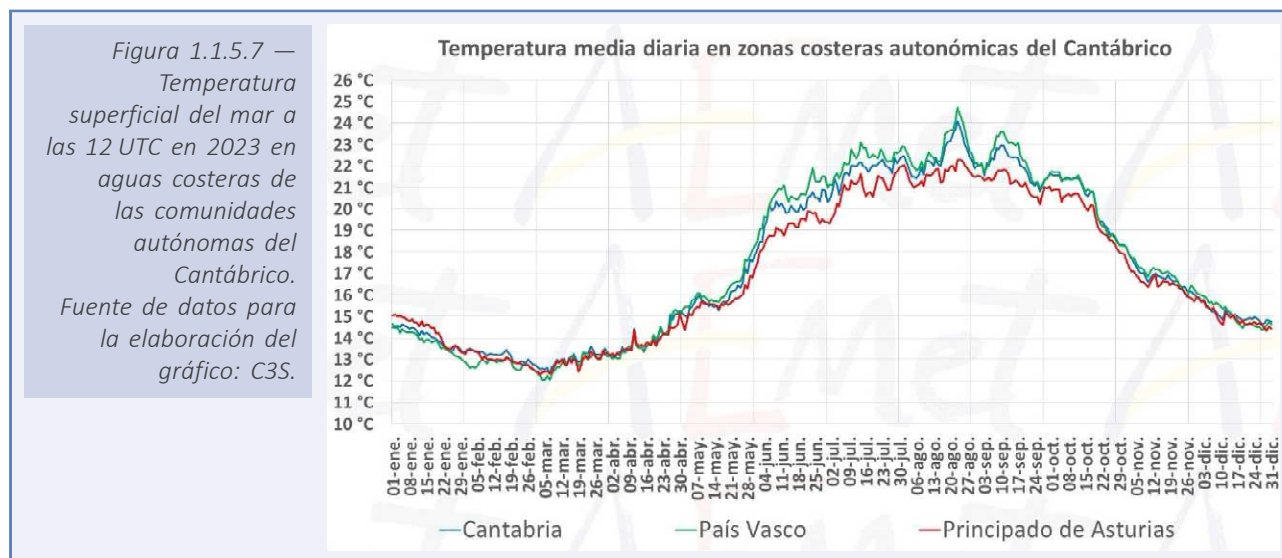


Figura 1.1.5.6 — Temperatura superficial del mar en la zona marítima de Canarias (datos diarios desde 1940 a las 12 UTC). Fuente de datos para la elaboración del gráfico: C3S.

1 The 2023 annual climate summary. Global Climate Highlights 2023 <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>



Para la estimación de tendencias en las series de datos climatológicos es frecuente emplear el estimador de Sen (SEN, 1968); y para el análisis de significación, el test de Mann-Kendall (KENDALL & GIBBONS, 1990), que es una prueba no paramétrica que permite identificar tendencias en series temporales de datos. Estos test se han aplicado a las series anuales de temperatura superficial del agua del mar, y se ha encontrado una tendencia estadísticamente significativa, con un 95 % de nivel de confianza, de que la temperatura superficial del mar ha aumentado en todas las zonas marítimas y costeras analizadas durante las últimas décadas, por lo que la anomalía positiva de temperatura superficial del mar durante 2023 se encuadra dentro de una tendencia general al alza.

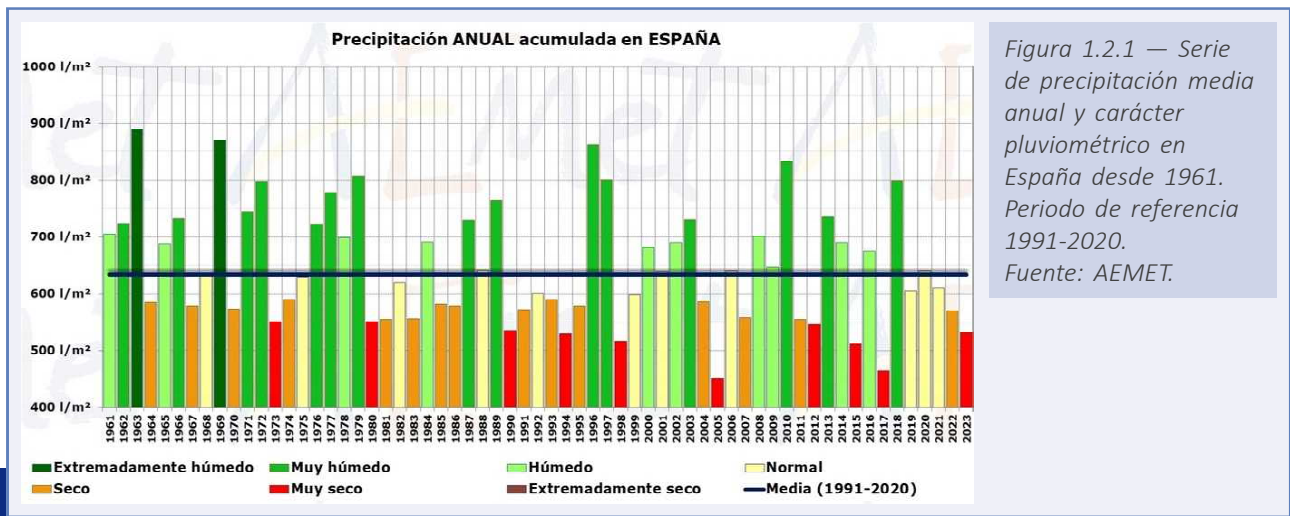
En la tabla 1.1.5.2 se detallan los valores estadísticos básicos del promedio anual de la temperatura superficial del mar en cada zona marítima del período 1940-2023, indicando el valor máximo anual de la serie y el año en el que se produjo, el mínimo anual y el año, la media, y el incremento de temperatura entre 1940 y 2023 en función de la pendiente calculada.

Zona marítima	Mínimo	Año	Máximo	Año	Media 1940-2023	Incremento 1940-2023
España	18.2 °C	1972	20.4 °C	2023	19.1 °C	0.8 °C
Alborán	17.6 °C	1941	19.7 °C	2023	18.4 °C	0.7 °C
Baleares	17.4 °C	1941	20.3 °C	2022	18.7 °C	1.2 °C
Cabrera	18.2 °C	1941	20.7 °C	2022	19.3 °C	1.0 °C
Cádiz	18.0 °C	1972	20.0 °C	2023	18.9 °C	0.8 °C
Canarias	20.3 °C	1972	22.6 °C	2023	21.1 °C	0.7 °C
Cantábrico	14.6 °C	1972	17.2 °C	2023	15.7 °C	1.0 °C
Finisterre	14.6 °C	1972	16.7 °C	2023	15.4 °C	0.5 °C
León	15.2 °C	1941	18.1 °C	2022	16.7 °C	0.9 °C
Menorca	17.1 °C	1940	19.9 °C	2022	18.4 °C	1.0 °C
Palos	18.1 °C	1941	20.2 °C	2023	19.0 °C	0.8 °C

Tabla 1.1.5.2. Estadística de la serie anual de temperatura media de la superficie del agua del mar en cada zona marítima (1940-2023). Fuente de datos para la elaboración de la tabla: C3S.

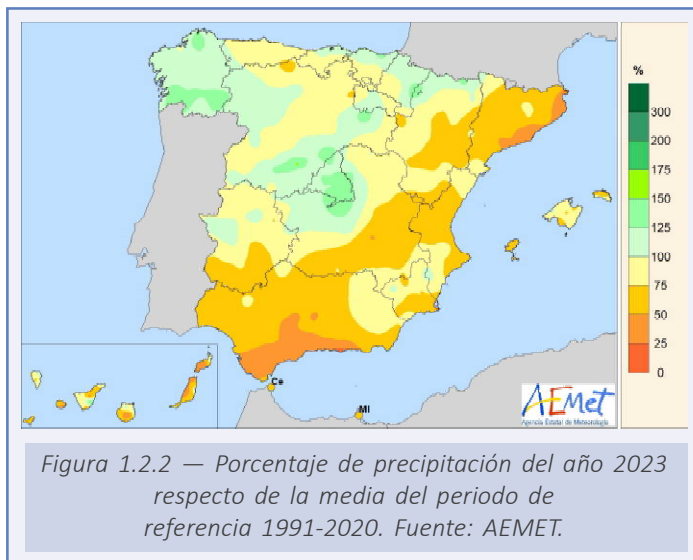
1.2. PRECIPITACIÓN

El año 2023 fue en su conjunto muy seco en cuanto a precipitaciones (figura 1.2.1), con un valor de precipitación media sobre España de 530.8 mm (536.6 mm en el promedio de la España peninsular; 456.9 mm en Baleares y 183.4 mm en Canarias). El acumulado total de 2023 representó el 84 % del valor normal en el período de referencia 1991-2020, tratándose del sexto año más seco desde el comienzo de la serie en 1961, y el cuarto del siglo XXI. En la España peninsular, Baleares y Canarias el año 2023 resultó de carácter muy seco.



24

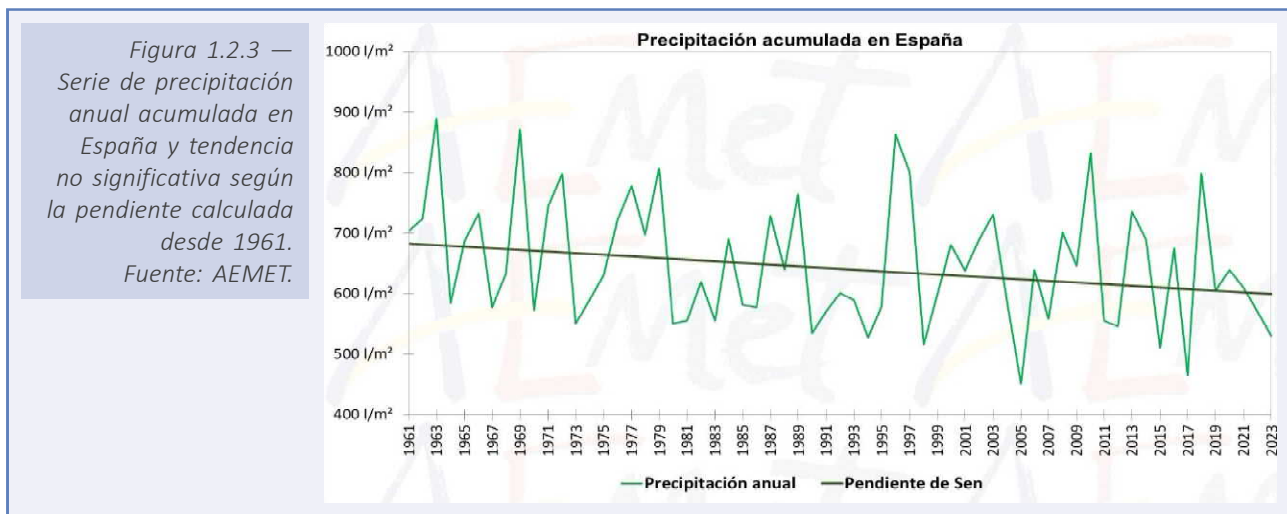
El año fue entre normal y seco en prácticamente toda la Península, y en ambos archipiélagos. El año fue entre seco y muy seco en la mitad sureste peninsular, áreas de Castilla y León, puntos de Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra y sur de Extremadura, llegando a ser extremadamente seco en áreas de Cataluña, Comunitat Valenciana y Andalucía. Por el contrario, el año fue entre normal y húmedo, en el centro peninsular, Galicia, noroeste de Castilla y León, oeste de Asturias, noreste de Cantabria, norte de País Vasco y Navarra y noroeste de Aragón, llegando a ser muy húmedo en algunos puntos de estas zonas. En el archipiélago balear, tuvo carácter entre seco y muy seco en todas las islas. En el archipiélago canario el año tuvo carácter entre seco y muy seco, llegando a ser extremadamente seco en la isla de Lanzarote y el norte de Tenerife.



En el archipiélago canario el año tuvo carácter entre seco y muy seco, llegando a ser extremadamente seco en la isla de Lanzarote y el norte de Tenerife.

La precipitación acumulada en el año 2023 fue inferior al valor normal en prácticamente toda la Península y llegó a ser inferior al 75 % en la mitad sureste peninsular y en ambos archipiélagos. En contraste, la precipitación acumulada llegó a superar el 100 % del valor normal en el centro peninsular, Galicia, noroeste de Castilla y León, en la cornisa cantábrica con excepción de Asturias y en los Pirineos navarro y aragonés (figura 1.2.2).

Para la estimación de la tendencia en la serie de datos de precipitación anual en España se ha empleado el estimador de Sen (SEN, 1968); y para el análisis de significación, el test de Mann-Kendall (KENDALL & GIBBONS, 1990). No se ha encontrado tendencia estadísticamente significativa, en la precipitación anual entre 1961 y 2023 en España con un nivel de significación de 5 %. No obstante, el análisis de tendencias y la significancia estadística de la precipitación anual acumulada en España es complejo, porque existen diversas formas de precipitación y varias zonas pluviométricas muy diferentes entre sí. El valor medio nacional puede enmascarar tendencias regionales estadísticamente significativas en zonas pluviométricamente homogéneas de escala más reducida.



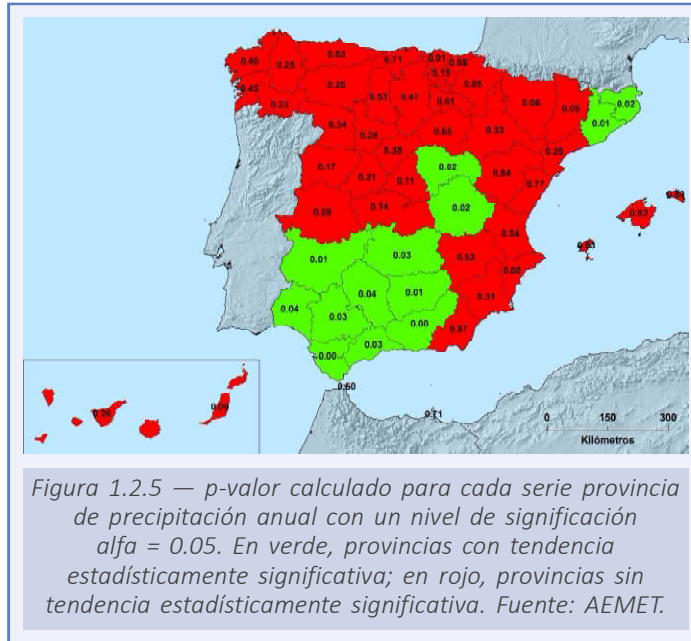
25

Desagregando los datos de precipitación anual entre 1961 y 2023 según la pendiente de Sen calculada en cada provincia o ciudad autónoma, se observan variedad de resultados. Gran parte de las provincias han sufrido descenso en la precipitación media anual. Los máximos descensos se observan en provincias de Andalucía, con más del 25 % de descenso en Cádiz, Granada, Sevilla, Jaén y Málaga, mientras que hay incrementos, en general ligeros, en las provincias de la Comunitat Valenciana, Región de Murcia, Islas Baleares y A Coruña (figura 1.2.4).

Al analizar la significancia estadística de las tendencias calculadas, también se detectan diferencias entre provincias, aunque agrupadas en zonas amplias. En la figura 1.2.5 se ha representado el p-valor computado en cada provincia. Se comprueba que, en gran parte de Andalucía, Castilla-La Mancha, Badajoz, Barcelona y Girona, el p-valor es menor que el nivel de significación $\alpha = 0.05$, por lo que se debe aceptar la hipótesis de que son series que presentan tendencia estadísticamente significativa (provincias coloreadas en color verde). Por otra parte, las provincias coloreadas en rojo son zonas con p-valor mayor al nivel de significación, por lo que las tendencias calculadas no son estadísticamente significativas.



Figura 1.2.4 — Incremento de precipitación anual entre 1961 y 2023 según la pendiente de Sen calculada en la superficie de cada provincia o ciudad autónoma. En colores cálidos, descenso de precipitación anual; en colores verdes, incremento. Fuente: AEMET.



1.2.1. Evolución de la precipitación a lo largo de 2023

El año 2023 comenzó con un mes de enero normal en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular y Baleares de 59.9 mm y 40.4 mm, respectivamente, valores que representaron el 93 % y 67 % de los valores normales del mes (período de referencia: 1991-2020). En Canarias enero fue normal con un 94 % del valor medio del período de referencia. El mes de febrero tuvo también carácter muy seco, con una precipitación media sobre la España peninsular un 33 % del valor normal del mes, siendo el noveno mes de febrero más seco. En Baleares, febrero fue extremadamente húmedo, llegando a ser el segundo febrero más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961, después de 1974. En Canarias, febrero tuvo carácter húmedo.

La primavera fue muy seca en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 95.4 mm, valor que representa el 53 % del valor normal del trimestre en el período de referencia 1991-2020. Se ha tratado de la segunda primavera más seca desde el comienzo de la serie en 1961, después de la primavera de 1995. En Canarias se ha tratado también de la segunda primavera más seca detrás de la de 1961. La primavera comenzó con un mes de marzo muy seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 21.2 mm, valor que representa el 36 % del valor normal del mes (período de referencia: 1991-2020). Se ha tratado del sexto mes de marzo más seco desde el comienzo de la serie en 1961 y del segundo del siglo XXI, después de marzo de 2021. Abril fue extremadamente seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 14.2 mm, valor que representó el 22 % del valor normal del mes. Se trató del mes de abril más seco desde el inicio de la serie en 1961. Mayo fue normal, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 60.0 mm, valor que representó el 106 % del valor normal del mes.

Por el contrario, el verano resultó muy húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 87.2 mm, valor que representa el 124 % del valor normal del trimestre en el período de referencia 1991-2020. Se ha tratado del decimosexto verano más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961, y del tercero

más húmedo del siglo XXI, después de los veranos de 2010 y 2018. En Canarias ha sido el segundo verano más húmedo después del verano de 2015. El verano comenzó con un mes de junio muy húmedo, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 67.2 mm, valor que representa el 210 % del valor normal del mes. Se trató del cuarto mes de junio más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961, detrás de 1988, 1992 y 2010, siendo, por tanto, el segundo más húmedo del siglo XXI. En Canarias fue el mes de junio más húmedo desde 1961. Por el contrario, julio tuvo carácter muy seco, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 9.9 mm, valor que representa el 59 % del valor normal del mes. Finalmente, agosto tuvo carácter muy seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 10.1 mm, valor que representa el 47 % del valor normal del mes.

El otoño fue en su conjunto húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre España peninsular de 243.6 mm, valor que representa el 121 % del valor normal del trimestre en el período de referencia 1991-2020. Se ha tratado del decimoséptimo otoño más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961, y el quinto del siglo XXI. Por el contrario, en Baleares ha sido el tercer otoño más seco desde el comienzo de la serie, detrás de 1983 y 1981. El otoño comenzó con un mes de septiembre muy húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 67.4 mm, valor que representa el 151 % del valor normal del mes. Se trató del octavo mes de septiembre más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961, y el más húmedo del siglo XXI. Octubre mantuvo carácter muy húmedo en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 105.1 mm, valor que representa el 135 % del valor normal del mes. Finalmente, noviembre tuvo carácter normal con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 71.1 mm, valor que representa el 91 % del valor normal del mes.

Mes	Precipitación acumulada (mm)	Promedio normal (1990-2020) (mm)	Anomalía (mm)	Carácter	Orden
Enero	59.3	64.1	-7 %	Normal	31
Febrero	18.7	51.2	-63 %	Muy seco	9
Marzo	20.9	58.8	-64 %	Muy seco	6
Abril	14.1	62.6	-77 %	Extremadamente seco	1
Mayo	59.0	55.8	+6 %	Normal	39
Junio	66.1	31.4	+110 %	Muy húmedo	60
Julio	9.7	16.5	-41 %	Muy seco	13
Agosto	10.5	21.4	-51 %	Muy seco	7
Septiembre	66.4	44.4	+50 %	Muy húmedo	56
Octubre	103.2	77.1	+34 %	Muy húmedo	52
Noviembre	69.9	77.8	-10 %	Normal	33
Diciembre	33.0	73.1	-55 %	Muy seco	9
Invierno	202.7	188.4	+8 %	Húmedo	34
Primavera	94.0	177.2	-47 %	Muy seco	2
Verano	86.3	69.3	+25 %	Muy húmedo	49
Otoño	239.5	199.3	+20 %	Húmedo	47
ANUAL	530.8	634.1	-16 %	Muy seco	6

Tabla 1.2.1. Precipitación media mensual, estacional y anual durante el año 2023.

Precipitación media normal, anomalía y posición de sequedad (1 para el más seco, 63 para el más húmedo).

Fuente: AEMET.

Finalmente, el mes de diciembre ha tenido carácter muy seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 33.4 mm, valor que representa el 46 % del valor normal del mes. Se ha tratado del décimo mes de diciembre más seco desde el comienzo de la serie en 1961, y el sexto del siglo XXI. En Baleares ha sido el tercer mes de diciembre más seco, detrás de 2015 y 1974.

En la tabla 1.2.1 se muestran los valores de precipitación acumulada en España de cada mes del año, los estacionales y el anual, así como el promedio normal de cada uno de los períodos, la anomalía (% de déficit o superávit) y la jerarquía que ocupan en la serie ordenada de más a menos seco dentro de la serie de los 63 años de datos.

1.2.2. Episodios de precipitaciones intensas

A lo largo de 2023 hubo numerosos episodios de lluvias fuertes. El año comenzó con la borrasca Fien, entre los días 14 y 18 de enero, que produjo intensos vientos, fenómenos costeros e importantes acumulaciones de precipitación y nevadas, principalmente en zonas del norte peninsular y especialmente a lo largo de la cornisa cantábrica. En febrero destacaron las borrascas Isaak, los días 6 y 7 y la borrasca Juliette a finales del mes. Isaak trajo consigo advección húmeda sobre la fachada mediterránea peninsular produciendo fenómenos costeros en la zona mediterránea. A partir del día 8 la presencia de una dana aumentaría la inestabilidad atmosférica, provocando una situación persistente de precipitaciones que serían en forma de nieve en zonas del interior de la mitad este de la Península. En junio se produjo el paso de la borrasca Oscar, que provocó precipitaciones copiosas en Canarias. A finales del mes de agosto se produjo un episodio de lluvias intensas y generalizadas en la Península y Baleares como consecuencia del descuelgue de una vaguada hacia el oeste peninsular que terminaría aislándose en una dana situada al oeste de la Península. Los días 1 y 2 de septiembre se produjeron fuertes precipitaciones, en algunas zonas del este y centro peninsular fueron más intensas y abundantes. En otoño destacó el paso de la borrasca Aline, a finales de octubre, y el paso de la borrasca Domingos que afectó a la Península los días 4 y 5 de noviembre, produciendo intensas precipitaciones en Galicia y fenómenos costeros en el norte peninsular.

Entre los valores de precipitación máxima diaria registrados entre los observatorios principales en el año 2023 destacan Vigo/Peinador que registró 112.8 mm el día 25 de octubre; Tortosa que registró 105.8 mm y Valencia con 86.0 mm el día 2 de septiembre; Castellón/Almassora que el 25 de mayo registró 98.4 mm; Santander/CMT, Bilbao/aeropuerto, Donostia/San Sebastián/aeropuerto que el 16 de enero registraron 94.6 mm, en los dos primeros y 88.0 mm en el último, y Madrid/Cuatro Vientos y Guadalajara que registraron 91.2 mm y 86.4 mm el 19 de octubre y que constituyen los valores más altos de sus series. En cuanto a la precipitación total anual, entre las estaciones principales, destacan los 2341.6 mm acumulados en Vigo/Peinador; los 2045.5 mm acumulados en Donostia/San Sebastián/aeropuerto; los 1951.7 mm acumulados en Hondarribia/Malkarria; los 1928.1 mm acumulados en Santiago de Compostela/Labacolla y los 1878.0 mm acumulados en Pontevedra.

1.3. SEQUÍA METEOROLÓGICA, ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADO (SPI) Y CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS Y FENOLÓGICAS

Como se ha visto en los dos puntos anteriores, el año 2023 fue en conjunto muy seco en cuanto a precipitaciones y extremadamente cálido en cuanto a temperaturas. Tan solo la cuenca del Norte y Noroeste estuvo por encima de su valor normal de precipitaciones.

1.3.1. Precipitación por zonas características de AEMET o grandes cuencas

En la tabla 1.3.1.1 se muestra la precipitación anual (año natural 2023), el valor normal (período de referencia 1991-2020), el porcentaje sobre el valor normal y el carácter para cada una de las zonas características o grandes cuencas y para el total de la España peninsular.

El año resultó extremadamente seco en las cuencas del Sur, Júcar y Pirineo Oriental, muy seco en las cuencas del Guadiana, Guadalquivir, Segura y Ebro, seco en la cuenca del Duero, normal en la cuenca del Tajo y húmedo en la cuenca del Norte y Noroeste.

Salvo la del Norte y Noroeste, todas las demás cuencas estuvieron por debajo de su valor normal para el período de referencia 1991-2020. Las zonas con mayor escasez de precipitaciones fueron la cuenca del Pirineo Oriental, con un 55 % respecto a su valor normal, y la zona característica o cuenca del Sur, con un 42 % menos que su valor normal para el mismo período de referencia.

Zonas características (grandes cuencas)	Precipitación anual 2023 (mm)	Precipitación normal (1981-2010) (mm)	% de precipitación	CARÁCTER
NORTE Y NOROESTE	1418.4	1328.7	107 %	HÚMEDO
DUERO	543.3	579.2	94 %	SECO
TAJO	578.0	581.6	99 %	NORMAL
GUADIANA	350.5	504.5	69 %	MUY SECO
GUADALQUIVIR	335.5	570.7	59 %	MUY SECO
SUR	208.5	500.4	42 %	EXT. SECO
SEGURA	258.1	360.6	72 %	MUY SECO
JÚCAR	306.9	490.5	63 %	EXT. SECO
EBRO	509.5	606.9	84 %	MUY SECO
PIRINEO ORIENTAL	381.6	696.6	55 %	EXT. SECO
MEDIA ESPAÑA PENINS.	536.6	640.1	84 %	MUY SECO

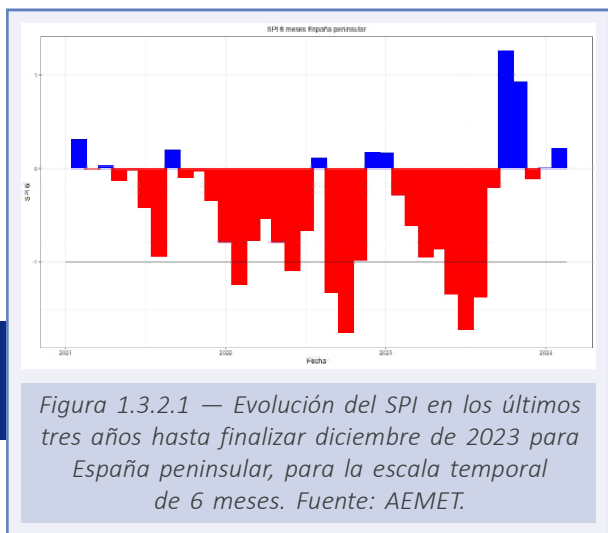
Tabla 1.3.1.1. Precipitación anual (año natural 2023), valor normal (período de referencia 1991-2020), porcentaje sobre el valor normal y carácter para cada una de las zonas características o grandes cuencas y para el total de la España peninsular. Fuente: AEMET.

1.3.2. Índice de precipitación estandarizado (SPI) por zonas características de AEMET o grandes cuencas

Las precipitaciones en España se caracterizan por presentar una distribución irregular tanto espacial como temporal, por lo que conviene analizar los períodos en los que a

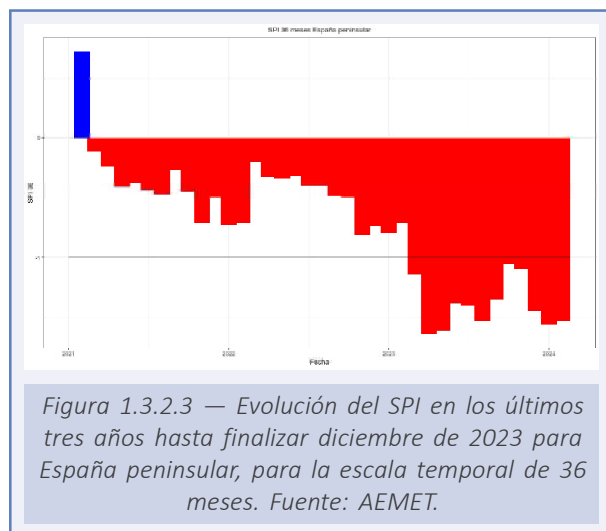
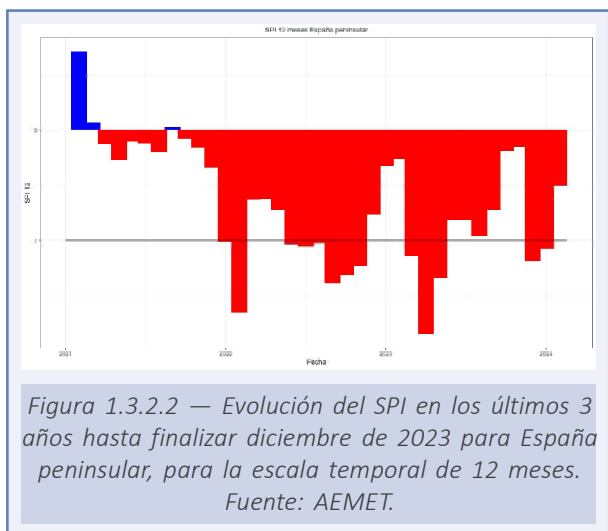
lo largo del año el déficit de precipitaciones acumuladas pueda haber provocado períodos de sequía meteorológica. Aunque el concepto de sequía es complejo, dado que existen distintas definiciones según el sector al que pueda afectar (agrícola, hidrológica, económica, etc.), nos referimos en este apartado a la sequía meteorológica, que estudia exclusivamente el comportamiento de la precipitación sin tener en cuenta otros factores.

McKee *ET AL.* (1993) definieron el concepto de sequía para una zona determinada y para una escala temporal de acumulación dada (1, 3, 6... meses) como el período de tiempo que se inicia cuando el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) alcanza el valor de -1 , para dicha zona y escala, y finaliza cuando el SPI pasa a ser positivo. El índice SPI se define como un valor numérico que representa el número de desviaciones estándar respecto de la media de la precipitación caída a lo largo del período de acumulación de que se trate, una vez que la distribución original de la precipitación ha sido transformada a una distribución normal estándar.



En la figura 1.3.2.1 se muestra, para la España peninsular, la evolución de los valores del SPI para cada mes en los últimos tres años para la escala temporal de 6 meses, relacionada con la disponibilidad de agua para la actividad agrícola. El SPI a esta escala comenzó el año con niveles negativos que fueron disminuyendo hasta el mes de junio, momento en que alcanzó el valor de -1 , con lo que podemos considerar esta fecha como inicio de una sequía meteorológica para la escala temporal estudiada. Debido al otoño húmedo este índice se pudo recuperar y alcanzó valores positivos en el mes de octubre, fecha en la que se puede considerar por finalizada la sequía meteorológica mencionada anteriormente.

En las figuras 1.3.2.2 y 1.3.2.3 se muestra la evolución, en la España peninsular, de los valores del SPI para cada mes a lo largo de los últimos tres años, a escalas temporales de 1 y 3 años. Para la escala de 1 año, el índice guarda relación con la disponibilidad de agua en los embalses y en los acuíferos mientras que para la escala de 3 años



podemos considerar ya que se trata de una sequía socioeconómica que puede llegar a comprometer el abastecimiento a la población.

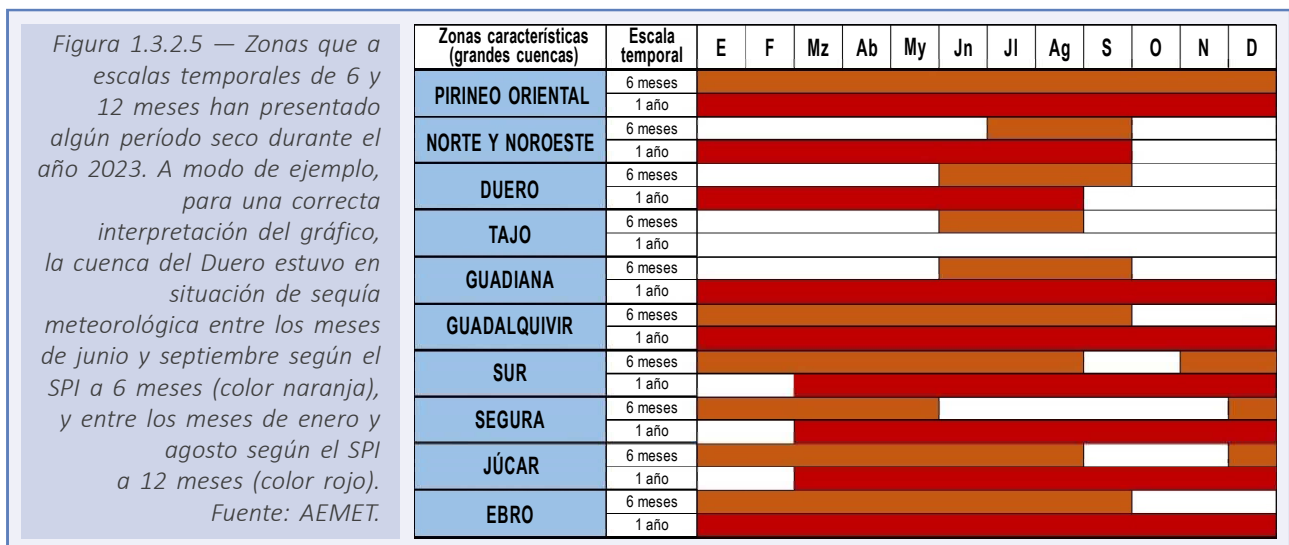
Durante el año 2023 estos índices estuvieron en valores negativos. La sequía meteorológica a escala de 12 meses que había comenzado a principios de 2022 continuó, ya que los valores del SPI a escala de 12 meses en ningún momento de 2023 alcanzaron valores positivos. Por otra parte, el índice SPI a 36 meses alcanzó el valor de -1 en el mes de marzo de 2023, fecha en la que se dio por iniciado un período de sequía meteorológica a esta escala y que se mantuvo así a lo largo de 2023.

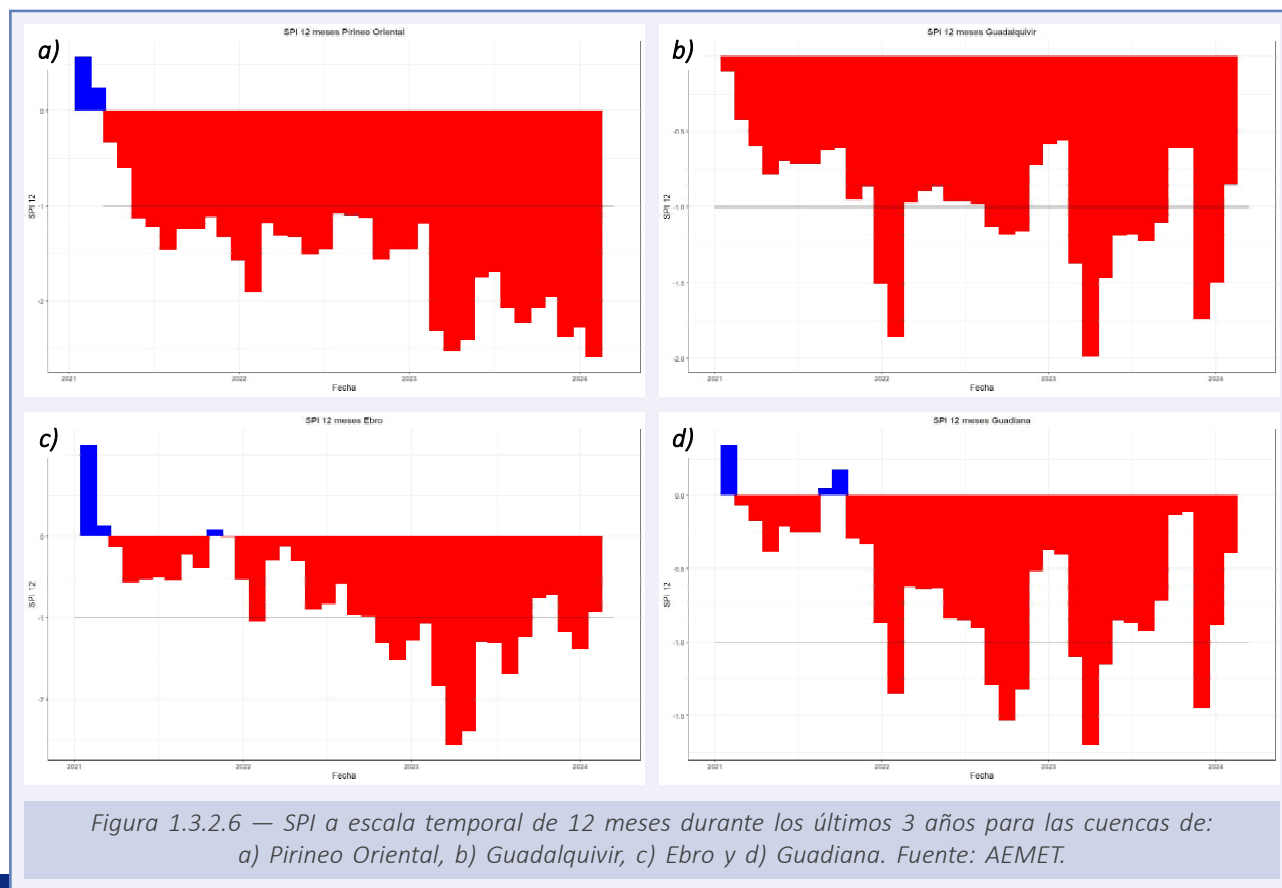
En la figura 1.3.2.4 se presenta el valor del SPI a escala de 1 año al finalizar diciembre de 2023 para cada una de las zonas características o grandes cuencas. Todas las grandes cuencas se encontraban en valores negativos salvo la cuenca del Norte y Noroeste.

En la figura 1.3.2.5 se representan las zonas que, a escalas temporales de 6 y 12 meses, han padecido algún período seco durante el año 2023. Cabe destacar las cuencas del Pirineo Oriental, del Guadiana, del Guadalquivir y del Ebro que según su SPI a escala temporal de 12 meses han estado todo el año en sequía meteorológica.



La cuenca del Pirineo Oriental ya venía arrastrando una sequía para el SPI a escala de 12 meses desde comienzos de 2021 y durante 2023 esa sequía se ha acentuado llegando a alcanzar el índice valores por debajo de -2 . De la misma manera, en las cuencas del Guadiana, Guadalquivir y Ebro, el SPI a 12 meses también ha alcanzado durante 2023 valores cercanos o inferiores a -2 (figura 1.3.2.6).





Si se tiene en cuenta el déficit de precipitación durante los 6 meses anteriores (figura 1.3.2.5), esta vez también fue la zona del Pirineo Oriental la más afectada, permaneciendo en sequía para este período temporal durante todo 2023. Además, las cuencas del Sur, del Segura y del Júcar acabaron el año con valores que indicaban el comienzo de una sequía meteorológica para el período considerado.

1.3.3. Características agroclimáticas y fenológicas del año 2023

El clima de un lugar es un factor ambiental fundamental, las condiciones ambientales del medio físico influyen en los cambios morfofisiológicos de los seres vivos a lo largo de su ciclo de desarrollo. En las zonas templadas de las latitudes medias, con una marcada estacionalidad, la fenología en la primavera se manifiesta con una intensa actividad biológica, más tarde durante el otoño los procesos se van ralentizando y los organismos se preparan para pasar el invierno.

A continuación, se describen las características agroclimáticas y fenológicas de los períodos enero-abril y septiembre-diciembre en los cuales ocurren los estadios fenológicos más significativos de las especies.

Se muestran los mapas de las anomalías de la acumulación de grados-día (GD), sobre los umbrales de 4 °C y 10 °C, durante enero-abril y el mapa de la anomalía de la acumulación de horas-frío (HF), bajo el umbral de 7 °C, durante septiembre-diciembre. La acumulación de GD se ha calculado usando la integral térmica de De Candolle o método residual y para la acumulación de HF se ha utilizado el método de Crossa-Raynaud. El

período de referencia es 1996-2022 (desde 1996 debido a que es el primer año en el que se dispuso de datos en rejilla para hacer el balance hídrico diario).

Además, se presentan los mapas del estado de la humedad edáfica (agua disponible para las plantas considerando la capacidad total de retención del suelo) y porcentaje de agua disponible respecto a la saturación para los meses de enero-abril (en los que suceden las principales brotaciones, floraciones y foliaciones) y para los de septiembre-noviembre (en los que suceden el cambio de color y la caída de las hojas de las especies caducifolias).

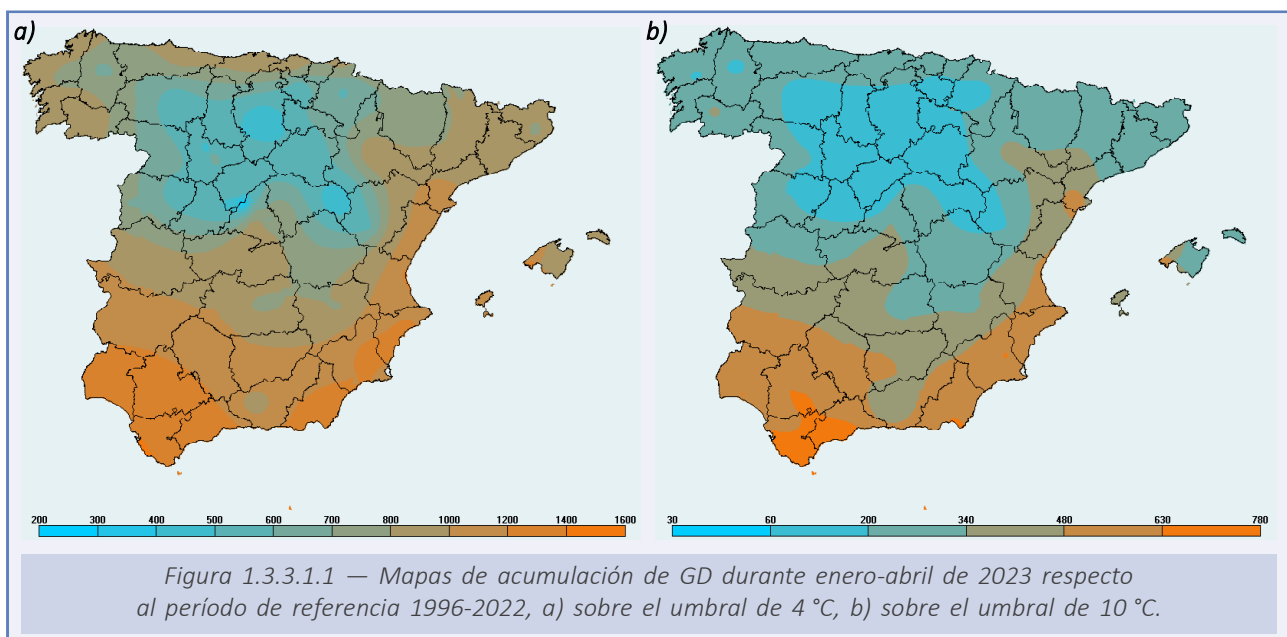
1.3.3.1. Período enero-abril de 2023

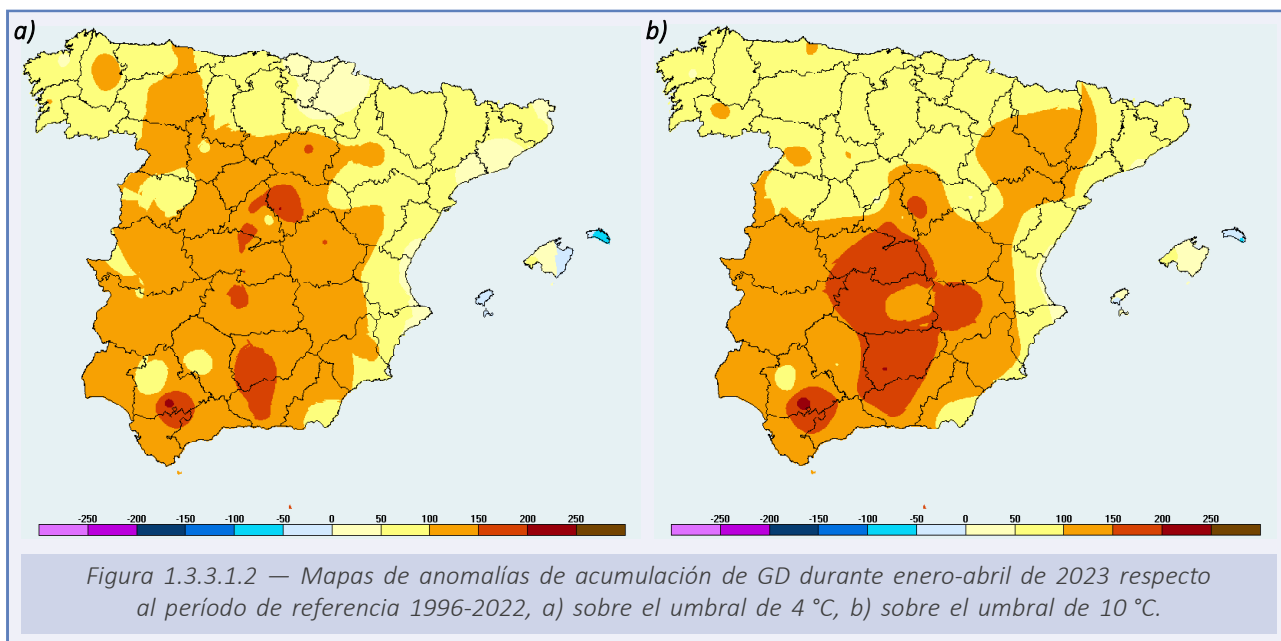
Para el conjunto del territorio, enero fue de carácter normal en cuanto a temperaturas y muy variable geográficamente en cuanto a precipitaciones (aunque en promedio normal). Febrero fue térmicamente normal para el conjunto del territorio (con algunas zonas de frío en el este peninsular e islas) y muy seco. Marzo fue muy cálido y muy seco y abril fue extremadamente cálido y extremadamente seco.

Agroclimatología

Para el conjunto del cuatrimestre la acumulación de grados-día sobre el umbral de 4 °C fue superior a 1400 GD al oeste de Andalucía, litoral de Almería, Murcia, sur de la Comunitat Valenciana y algunos puntos de Baleares; por el contrario, en varias zonas de Castilla y León y la zona este de Guadalajara la acumulación fue solo de 200-300 GD. Sobre el umbral 10 °C los valores mayores, superiores a 480 GD, se registraron en gran parte de Andalucía y del litoral mediterráneo, y zonas del norte y oeste de Mallorca; por el contrario, las menores acumulaciones, entre 30-60 GD, se dieron en la mayor parte de Castilla y León, zonas de Álava, Navarra, La Rioja, este de Castilla-La Mancha y oeste de Zaragoza y Teruel (figura 1.3.3.1.1).

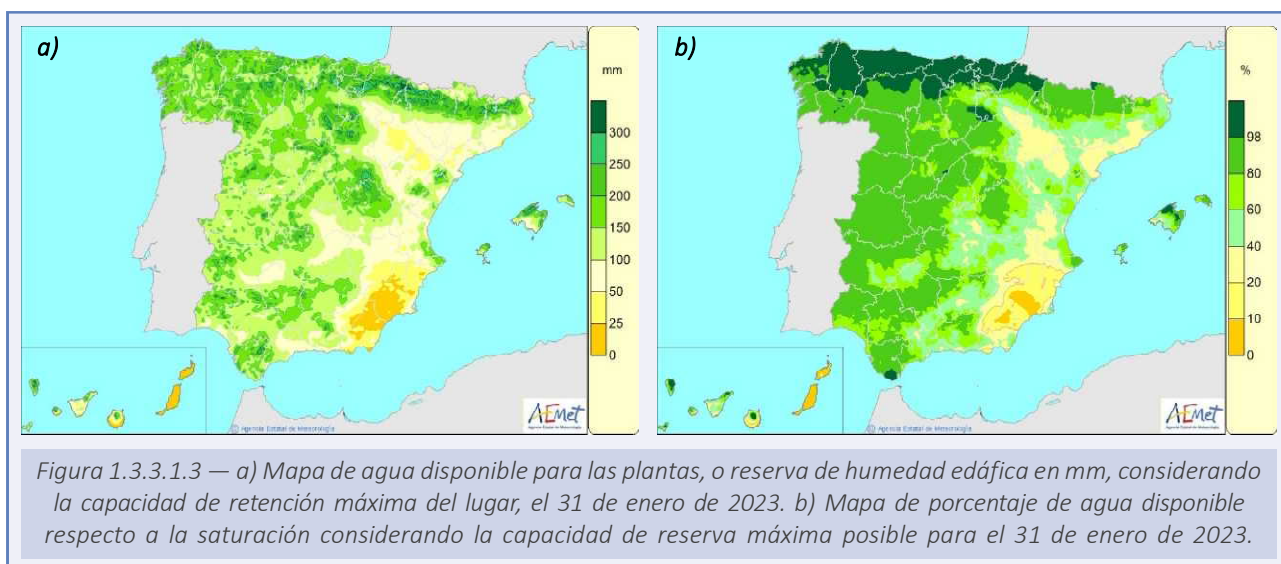
La anomalía de la integral térmica sobre 4 °C fue positiva en todo el territorio peninsular con anomalías superiores a 150 GD en algunas zonas del centro y del sur, y negativa en





algunas zonas de Baleares. En cuanto a la anomalía de la acumulación de GD sobre 10 °C también fue positiva en todo el territorio peninsular (salvo en Menorca y sur de Ibiza) con valores superiores a 150 GD por encima de lo normal en zonas de Castilla-La Mancha, del sur de la Comunidad de Madrid y de Andalucía (figura 1.3.3.1.2).

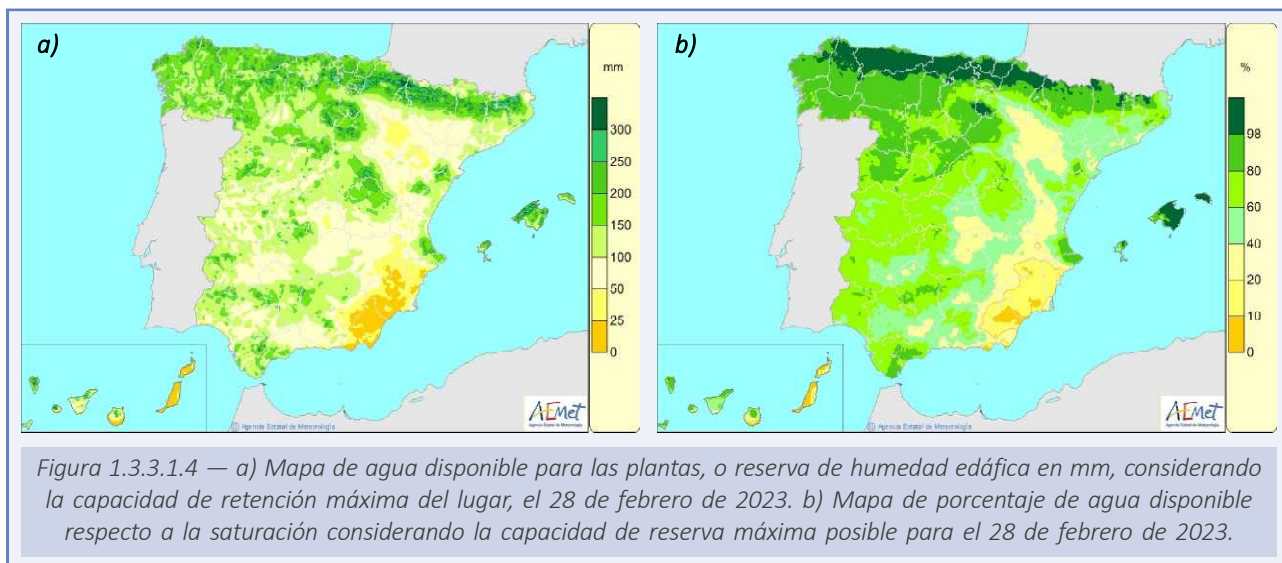
Al finalizar el mes de enero los suelos presentaban una humedad edáfica por encima de 100 mm en gran parte de la península ibérica (en el norte peninsular se superaban los 250 mm en algunos valles de los Pirineos, sobre todo de Navarra y Huesca); sin embargo, en algunas zonas de Castilla-La Mancha, de Extremadura y de la parte sur de las provincias de Huelva, Sevilla, Málaga y Granada la humedad era inferior; en otras zonas del valle del Ebro y el sureste peninsular no se superaban los 50 mm. En Baleares la humedad de los suelos era abundante (incluso por encima de los 250 mm en la zona este de la Serra da Tramuntana, en Mallorca) y también en Canarias en las islas occidentales (sobre todo en la isla de La Palma), aunque los suelos estaban prácticamente secos en las islas orientales salvo la zona norte de Gran Canaria (figura 1.3.3.1.3.a).



En cuanto al porcentaje de agua edáfica respecto a la capacidad máxima de retención, los suelos estaban prácticamente saturados en la zona norte de Galicia, cornisa cantábrica, montes de León y Palencia, montes de Navarra, valle de Arán, gran parte de La Rioja y el Campo de Gibraltar; por debajo del 40 % se encontraban algunas zonas del valle del Ebro, de Tarragona, de Barcelona y de la Comunitat Valenciana; en el sureste peninsular el porcentaje era inferior al 10 % en algunas comarcas de Murcia y de Almería. En Baleares y en las islas occidentales de Canarias el porcentaje era alto, llegando a la saturación en algunas zonas, y por el contrario, en Lanzarote y Fuerteventura estaban prácticamente secos (figura 1.3.3.1.3.b).

Al final del mes de febrero la disponibilidad de agua edáfica era algo inferior y la extensión de las zonas de la Península que a finales del mes de enero se encontraban por debajo de 100 mm había aumentado, sobre todo en Castilla-La Mancha, Extremadura y Andalucía. En Canarias la humedad de los suelos permanecía similar, sin embargo, en Baleares los suelos se encontraban más húmedos y toda la Serra da Tramuntana estaba por encima de los 200 mm (figura 1.3.3.1.4.a).

En cuanto al porcentaje respecto a la capacidad máxima de retención de los suelos, se encontraban saturados en la zona noreste de Galicia, la cornisa cantábrica, el Pirineo occidental, La Rioja, el valle de Arán y algunas otras zonas de los Pirineos de Lleida y Girona. En Baleares el porcentaje había aumentado y los suelos estaban saturados en gran parte del archipiélago. En Canarias la situación era similar a la del mes de enero, aunque algo más recuperadas las islas orientales (figura 1.3.3.1.4.b).



Al finalizar el mes de marzo, los suelos se encontraban con un agua disponible para las plantas de entre 200 y 300 mm en muchas zonas de Galicia, cornisa cantábrica, los Pirineos, montes del norte de Castilla y León, sistema Ibérico y algunas zonas de Salamanca, Segovia y Sierra Morena; del mismo modo se encontraban las sierras de Grazalema, Tortosa y Gúdar. En el resto del territorio peninsular los suelos estaban secos o casi secos sobre todo en el valle del Ebro, La Mancha y el sureste peninsular. En Baleares a lo largo del mes también había disminuido la humedad del suelo, aunque todavía algunas zonas de Mallorca e Ibiza se encontraban por encima de los 200 mm; en Canarias, en todas las islas, había disminuido mucho y las islas más orientales continuaban con los suelos muy secos (figura 1.3.3.1.5.a).

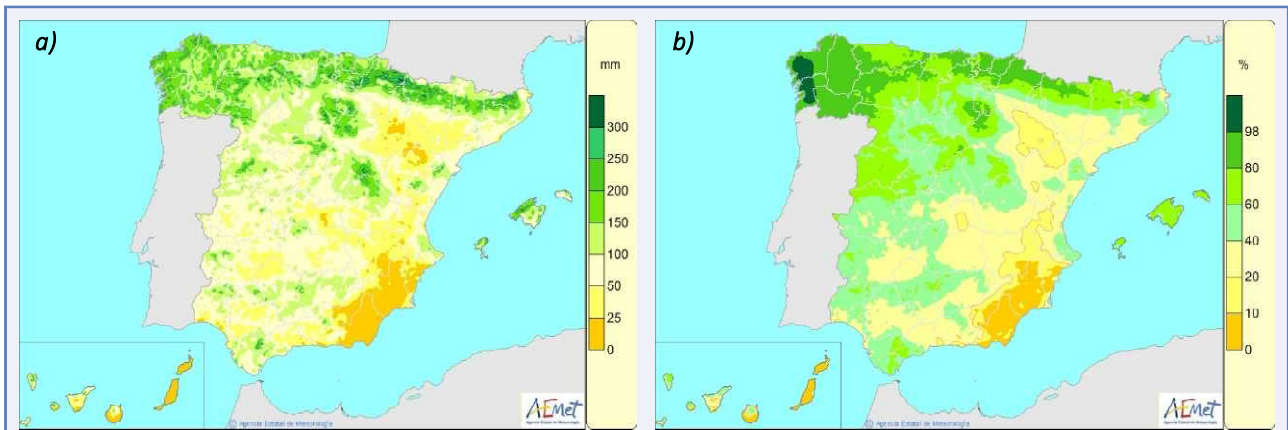


Figura 1.3.3.1.5 — a) Mapa de agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar, el 31 de marzo de 2023. b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el 31 de marzo de 2023.

El porcentaje de agua edáfica respecto a la capacidad total del suelo siguió disminuyendo a lo largo del mes de forma más acusada en el este y sur de la Península. En la zona occidental de A Coruña y Pontevedra aumentó con respecto al mes anterior encontrándose los suelos saturados (figura 1.3.3.1.5.b).

A finales de abril la humedad edáfica solo se encontraba por encima de 100 mm en los montes del tercio norte peninsular, zonas de los sistemas Ibérico y Central y en la mallorquina Serra da Tramuntana, y por debajo en el resto de la Península y Canarias. Los suelos estaban por debajo de 25 mm en amplias zonas de valle del Ebro, Castilla-La Mancha, Extremadura, Comunitat Valenciana, Murcia, Andalucía y Canarias (figura 1.3.3.1.6.a).

Respecto a la saturación, los suelos se encontraban por encima del 80 % en algunas zonas de Galicia, Cantabria, País Vasco, el Pirineo occidental y del valle de Arán y la Garrotxa. En Baleares, en general, por encima del 40%, y por debajo del 20 % en el valle del Ebro, zonas de la mitad sur peninsular y en Canarias (figura 1.3.3.1.6.b).

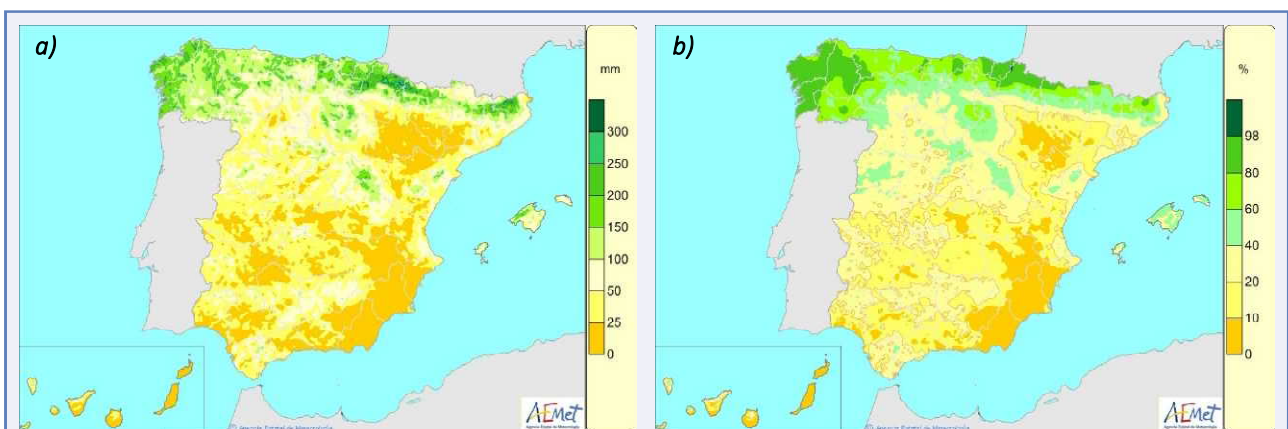


Figura 1.3.3.1.6 — a) Mapa de agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar, el día 30 de abril de 2023. b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 30 de abril de 2023.

Fenología

Las características agroclimáticas de la primavera determinaron el desarrollo fenológico de las plantas, además en algunos lugares el tiempo adverso produjo daños en los cultivos agrícolas. En general el cuatrimestre enero-abril fue de altas temperaturas y escasez de precipitaciones, aunque en algunos lugares se registraron heladas tardías y se produjeron algunos episodios de granizo y lluvias intensas.

A principios del mes de enero en la cornisa cantábrica se observaban avellanos y alisos florecidos debido a las buenas condiciones ambientales (aunque la floración no fue general hasta mediados del mes de febrero) y también algunas herbáceas como las malvas, aunque no son habituales en este mes. Después de la primera decena el paso de varias borrascas ralentizó el prematuro inicio de los eventos primaverales. En febrero se empezaron a observar las yemas florales abultadas de sauces y mimosas, las primeras prímulas y el vuelo de las abejas entre las escasas floraciones, aunque los bosques continuaban con su aspecto invernal. En marzo es cuando se pudieron registrar las verdaderas floraciones, a mediados de mes los sauces y mimosas y en la última decena chopos, abedules, olmos y frutales de hueso y pepita (figura 1.3.3.1.7). En abril las heladas de principio de mes afectaron a las plantas, como las vides e higueras, que todavía tenían brotes florales. En la última decena del mes los bosques se fueron cubriendo de hojas, salvo los árboles más tardíos como melojos y castaños. De modo similar en el País Vasco, a primeros de enero se podían observar las mimosas en floración y los amentos masculinos de los avellanos con cambio de color, sin embargo, debido a las condiciones atmosféricas se frenaron estos procesos en su mayoría.

A finales de enero en las variedades tempranas de algunas zonas del litoral andaluz y las zonas bajas de los valles del Guadalquivir y Guadiana la floración del almendro se encontraba más o menos avanzada; más tarde, durante la primera decena de febrero se iniciaba entre Alicante y Barcelona, a la vez que en amplias zonas de la mitad sur peninsular, así como en la campiña y rampa serrana de Madrid. A lo largo de la segunda mitad de febrero y primeros días de marzo se iniciaba en valles fríos y montañas bajas del centro y este de la Península (la Alcarria, Montes de Toledo, presierra de Murcia, Puertos de Tortosa, etc.), todas las zonas bajas del valle del Ebro y parte de las vegas y campiñas de Castilla y León (zonas más bajas o solanas del valle del Duero). A finales de abril comenzó la floración en las áreas continentales frías como el alto valle de Jalón en el sistema Ibérico.

La plena floración del almendro se produjo a mediados de febrero en amplias zonas de los valles del Guadiana y Guadalquivir así como en las zonas de las provincias mediterráneas peninsulares, a finales del mes en Sierra Morena y gran parte de la cuenca del Tajo (incluida la rampa madrileña); entre finales de este mes y primeros de marzo en las zonas más frías de las provincias mediterráneas peninsulares, el alto valle del Ebro y zonas bajas de la cuenca del Duero y a mediados o finales de marzo en gran parte de



Figura 1.3.3.1.7 — Plena floración de mimosas en la sierra Oeste de Madrid el día 26-02-2023.

las campiñas de la meseta castellano-leonesa y zonas más frías de Castilla-La Mancha (por ejemplo, Guadalajara) (figura 1.3.3.1.8).

La floración del ciruelo en el Bierzo comenzó en algunas variedades a principios de enero, en Gijón las primeras floraciones se dieron a finales de febrero pero no fue hasta la última decena de marzo cuando se llegó a la plena floración; algo similar ocurrió en el País Vasco, las primeras floraciones ocurrieron a principios de la segunda quincena de febrero y la plena floración en la segunda quincena de marzo, un mes más tarde; sin embargo, en zonas de Galicia, cornisa cantábrica, Navarra, Valladolid, Castilla-La Mancha, Barcelona, Alicante, Valencia y Murcia las primeras floraciones se dieron en la última decena de marzo y la plena floración solo unos días más tarde antes de acabar el mes; a principios de abril en algunas zonas montañosas de Navarra y Teruel (figura 1.3.3.1.9).



Figura 1.3.3.1.8 — Final de la floración con caída de pétalos y comienzo del desarrollo del fruto del almendro en la sierra Oeste de Madrid el día 26-02-2023.



Figura 1.3.3.1.9. Brotación de la yema de flor con puntas de pétalos del ciruelo en la sierra oeste de Madrid el día 26-02-2023.

La floración de los cerezos en el valle del Jerte y en gran parte de la Península, ocurrió durante la tercera decena de marzo y primera de abril, lo mismo que en los frutales de pepita (dependiendo de variedades) que también florecieron en el mismo período, más tempranos los perales y membrilleros que los manzanos.

En cuanto a las aves a mediados de febrero comenzó la partida de las grullas de Andalucía, Extremadura y Castilla-La Mancha, el máximo de intensidad de paso migratorio se produjo a primeros de marzo, con grandes concentraciones de ejemplares en la laguna de Gallocanta.

La llegada de la golondrina con asentamiento en las distintas localidades, se produjo durante los primeros días de febrero en las costas de Cádiz y Huelva, en la segunda quincena del mes llegan al conjunto de los valles del Guadalquivir y Gadiana y algunas zonas del valle del Tajo; en la primera quincena de marzo llegaron al litoral mediterráneo del Levante y Cataluña y además a la zona baja del valle del Ebro; en la segunda quincena a los campos de La Rioja y Navarra, Madrid, campiñas de Galicia, cornisa cantábrica y zonas bajas del sistema Ibérico sur y Baleares.

1.3.3.2. Período septiembre-diciembre de 2023

El otoño (período septiembre-noviembre) tuvo un carácter muy cálido en el suroeste peninsular y Baleares, y extremadamente cálido en el resto de la Península y Canarias; en su conjunto fue húmedo, las lluvias fueron abundantes en el noroeste y centro peninsulares y escasas en el este y en las islas. Diciembre fue en su conjunto cálido y muy seco.

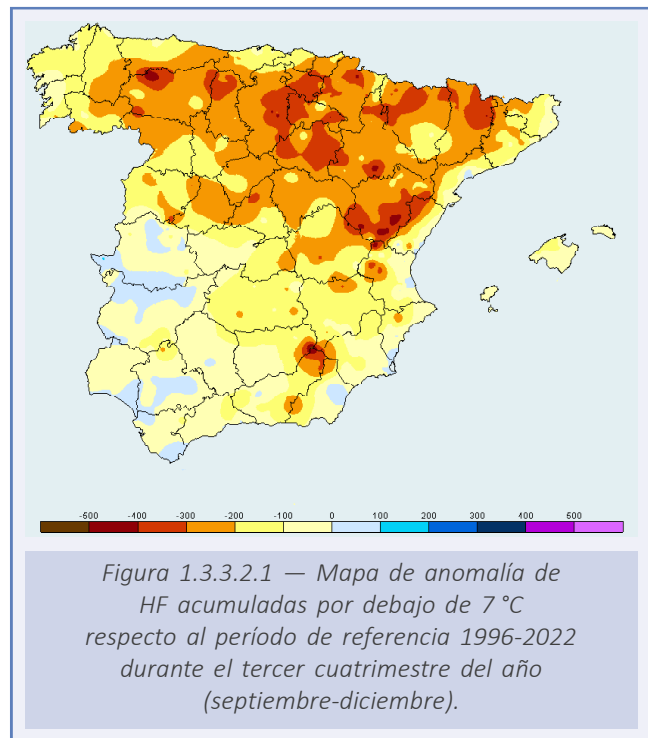
Agroclimatología

Las altas temperaturas registradas durante el cuatrimestre respecto a las normales hicieron que las anomalías de horas-frío acumuladas, por debajo del umbral de 7 °C, fuesen negativas en casi todo el territorio peninsular y Baleares; las zonas donde hubo mayor falta de frío (déficit superior a -400 HF) fueron: la montaña occidental leonesa, algunos puntos del sistema Ibérico sur y la sierra del Segura; sin embargo, hubo zonas con anomalía positiva (de 0 a 100 HF) en Extremadura (sierras de Montánchez y San Pedro, Plasencia y Valencia de Alcántara), en el valle del Guadalquivir y zonas dispersas a lo largo del litoral mediterráneo (figura 1.3.3.2.1).

A primeros de septiembre, debido a una dana, aumentó la humedad edáfica en algunas zonas de la Península y Baleares, pero es desde mediados de octubre hasta finales de noviembre cuando, en general, debido al dominio del paso de borrascas atlánticas, aumentó considerablemente la humedad edáfica en el norte y oeste peninsulares mientras que disminuyó especialmente en el sureste.

Al finalizar el mes de septiembre la humedad edáfica solo era superior a 100 mm en gran parte de Galicia, cornisa cantábrica, Navarra, los Pirineos, La Rioja y algunas zonas dispersas de Castilla y León, de Madrid, de la Comunitat Valenciana y la zona de Gúdar, Beceite y Baix Ebre; en el resto era inferior, con una humedad por debajo de 25 mm en amplias zonas de la mitad sur peninsular, valle del Ebro, sistema Ibérico, y algunas zonas de Salamanca, de Palencia y de Burgos. En Baleares solo se encontraba por encima de los 100 mm la Serra da Tramuntana, y en Canarias prácticamente los suelos estaban por debajo de 25 mm en todas las islas (figura 1.3.3.2.2.a).

En cuanto al porcentaje de agua en el suelo respecto a su capacidad máxima (figura 1.3.3.2.2.b), las zonas que estaban por encima del 40 % eran similares a las del mapa de reserva de humedad edáfica que superaban los 100 mm; además por encima del 80 % se encontraban los montes del oeste y norte de Galicia, Cantabria, País Vasco, Navarra, el Pirineo aragonés y la sierra de Guadarrama-Ayllón; por debajo del 10 % zonas del valle del Ebro, de Burgos y amplias zonas de la mitad sur peninsular. En Baleares el porcentaje estaba por encima de 40 % en algunos lugares de Ibiza, Mallorca y Menorca; y Canarias se encontraba por debajo del 10 % casi en su totalidad, salvo en algunos puntos al norte de las islas.



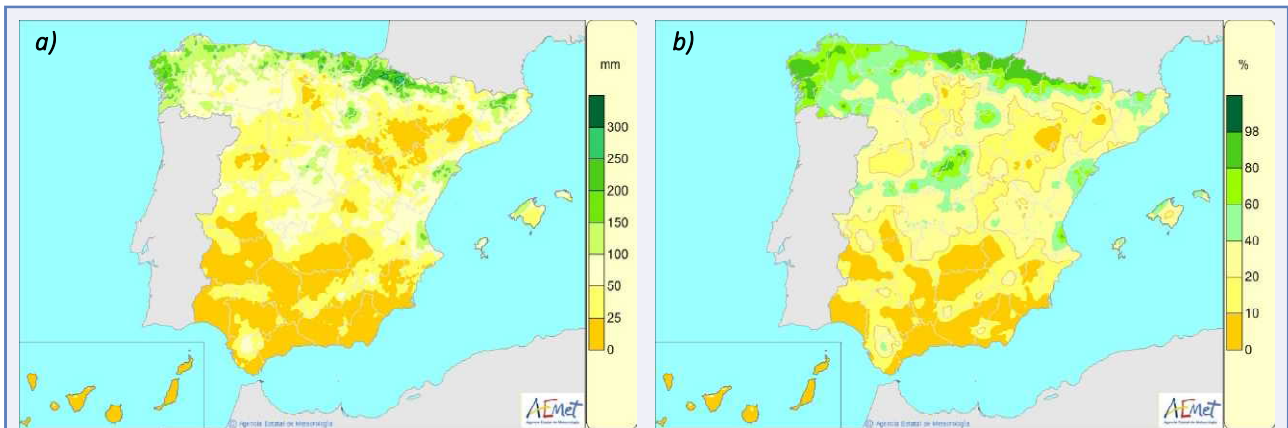


Figura 1.3.3.2.2 — a) Mapa de agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar, el día 30 de septiembre de 2023.
b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 30 de septiembre de 2023.

A lo largo del mes de octubre aumentó la humedad edáfica en toda la Península de influencia atlántica; Galicia, cornisa cantábrica, alto Ebro, los Pirineos, sistemas Ibérico y Central, Extremadura, Sierra Morena, Grazalema y montes de Beceite. Los suelos solo se encontraban por debajo de 25 mm en zonas del valle del Ebro y del sistema Ibérico sur, y zonas del litoral mediterráneo de Andalucía, de Murcia y de Alicante. En Baleares también en la Serra da Tramuntana había aumentado la humedad edáfica; y en Canarias los suelos seguían muy secos, aunque algo más recuperados en la zona norte de las islas occidentales y de Gran Canaria (figura 1.3.3.2.3.a).

En cuanto al porcentaje (figura 1.3.3.2.3.b) también aumentó llegando a la saturación en casi todas las zonas en las que había aumentado la humedad edáfica, sin embargo, las que se encontraban por debajo del 10 % se habían reducido en la mitad sur peninsular y el valle del Ebro. En Baleares el porcentaje mayor del 40 % había aumentado en zonas de Mallorca y Menorca; y en Canarias las zonas con humedad por debajo del 10 % habían disminuido en la parte norte de las islas occidentales y de Gran Canaria.

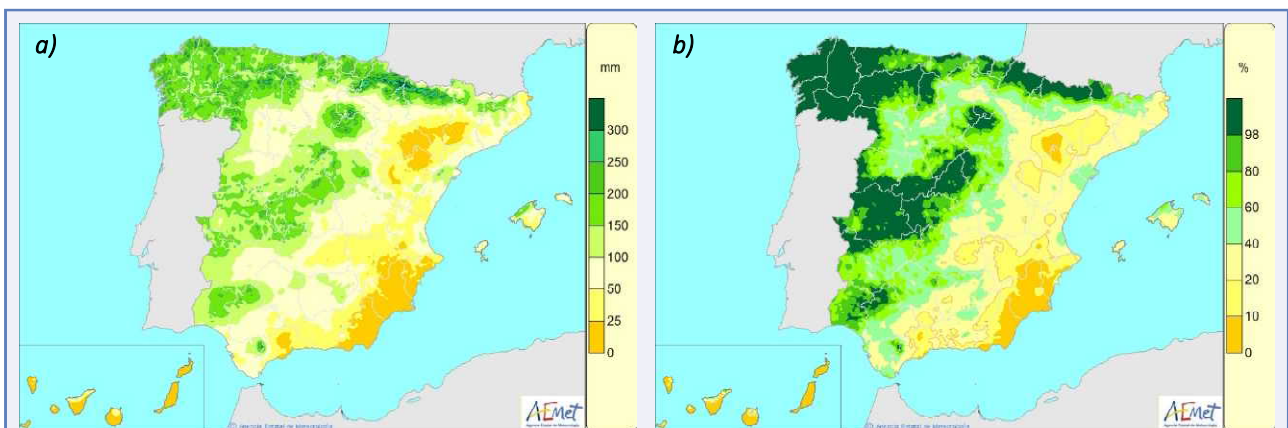
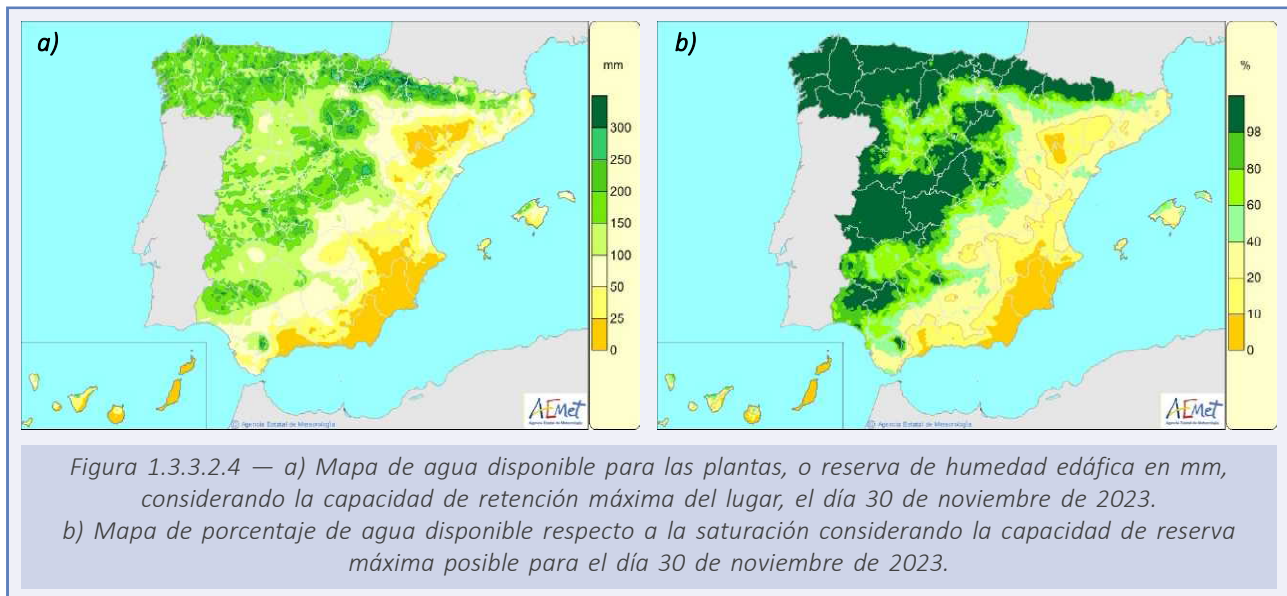


Figura 1.3.3.2.3 — a) Mapa de agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar, el día 31 de octubre de 2023.
b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 31 de octubre de 2023.

Al finalizar el mes de noviembre el aumento de humedad edáfica no fue tan acusado con respecto al mes anterior como lo había sido entre octubre y septiembre, la extensión de las zonas que estaban por encima de 100 mm había aumentado sobre todo en Castilla y León, Extremadura y Andalucía y también en las que estaban por encima de 200 mm como en la provincia de Guadalajara. Las zonas que estaban por debajo de 25 mm se ampliaron sobre todo en el litoral mediterráneo andaluz. En Baleares la humedad edáfica permanecía similar, y en Canarias gran parte de los suelos de las islas occidentales y norte de Gran Canaria ya se encontraban por encima de los 25 mm (figura 1.3.3.2.4.a).

El porcentaje de saturación por encima del 98 % al finalizar el mes había aumentado sobre todo en áreas de Castilla y León, de Extremadura y de Andalucía; las que se encontraban por debajo del 10 % también lo hicieron sobre todo en el sureste peninsular. En Baleares la extensión del área con humedad superior al 40 % había disminuido, por el contrario, en Canarias los suelos ya se encontraban por encima de este porcentaje en áreas de las islas occidentales y de Gran Canaria, mientras que Lanzarote y Fuerteventura continuaban por debajo del 10 % (figura 1.3.3.2.4.b).



*Figura 1.3.3.2.5 —
El nacimiento del río Cuervo
en la Serranía de Cuenca es
una surgencia natural en paisaje kárstico
que drena las aguas
del macizo de San Felipe.
Estado del lugar el día 18-11-2023
debido a las lluvias caídas
desde mediados de octubre.*



Fenología

El progresivo acortamiento de los días y el descenso de las temperaturas influyen en los ciclos naturales de los seres vivos y los procesos fenológicos se van acomodando a estos cambios. En las zonas templadas de las latitudes medias, la mayoría de las plantas necesitan acumular una cantidad de horas-frío durante un período de reposo invernal (las necesidades de frío no son las mismas para todas las especies ni variedades, unas son más exigentes que otras) y si no se alcanzan se producirán desórdenes fisiológicos que afectarán a su posterior desarrollo tras la salida del reposo.

A finales de verano, debido a las altas temperaturas y al estrés hídrico, se produjo (sobre todo en las especies más sensibles) un adelantamiento del cambio de color de las hojas;

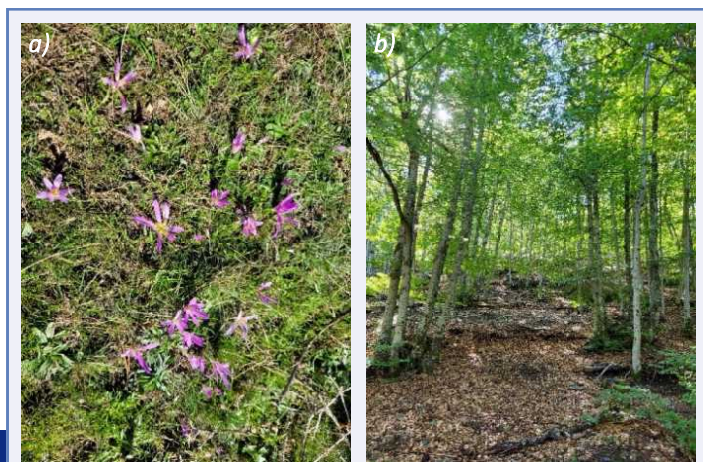


Figura 1.3.3.2.6 — Fotografías tomadas en el Hayedo de Tejera Negra (Cantalojas) en el Parque Natural Sierra Norte de Guadalajara el día 23/09/2023: a) «quitameriendas», especie que aparece en otoño y anuncia el final del verano (acortamiento de los días), b) hayas todavía sin cambio de color de las hojas.

más tarde, desde mediados de octubre, debido al paso sucesivo de varias borrascas por la Península los colores del otoño se fueron normalizando llegando incluso a producirse, al final del período, un retraso generalizado del cambio de color y de la caída de las hojas en especies caducifolias (figura 1.3.3.2.6).

Durante los meses de otoño se pudieron observar irregularidades en el ciclo de desarrollo de algunas especies debido a unas favorables condiciones ambientales que no eran normales para la época. En varias zonas del territorio se registraron segundas brotaciones y floraciones, por ejemplo, floraciones masculinas y femeninas en encinas en el mes de octubre, mientras que los frutos que se habían formado en fechas normales continuaban con su desarrollo;

también se observaron floraciones en ciruelos y en otros frutales de hueso y pepita en noviembre. Estos eventos no son comunes en estas especies en esas fechas ni simultáneos con la maduración de los frutos (figura 1.3.3.2.7).

La cantidad de frutos del nogal fue abundante en algunas zonas. La maduración ocurrió en fechas normales. La recolección de los frutos en la zona norte peninsular, en general, comenzó a finales de septiembre y duró hasta mediados de octubre; en otras zonas del interior y sur de la Península fue posterior, durante los últimos días de octubre y la primera decena de noviembre.

La cosecha de cereal fue escasa en todo el territorio debido a las malas condiciones ambientales, la falta de lluvias continuada o caídas a destiempo, y las temperaturas adversas afectaron al desarrollo de los cultivos.

La vendimia, como viene pasando en los últimos años, debido a las altas temperaturas primaverales con floraciones tempranas y a la falta prolongada de agua, se adelantó en general entre una y dos semanas según zonas. En Navarra fue muy temprana y escalonada adaptándose a las condiciones ambientales adversas, la producción disminuyó pero la calidad de la uva fue buena; lo mismo pasó en el Bierzo donde se comenzó con la uva en un estado muy bueno de maduración y, aunque a causa de las lluvias hubo que detener

su recogida en varias ocasiones, la calidad de la uva también resultó muy buena. En Castilla-La Mancha se adelantó, al menos una semana, sobre todo en las variedades más tempranas, la uva se encontraba en buen estado, ya que por el día las temperaturas habían sido altas y las noches frescas y esto beneficia al desarrollo de los frutos. Lo mismo ocurrió en La Rioja baja donde la vendimia también se había adelantado, y cuando ya estaba prácticamente cerrada continuaba en La Rioja media y alta. Las buenas temperaturas nocturnas y el tiempo seco de finales de septiembre favorecieron el correcto desarrollo de la uva, que se encontraba en buen estado ya que se había podido controlar el inicio de botrytis que había aparecido en algunos



Figura 1.3.3.2.7 — Jaramagos en otoño (floración característica de primavera y principios de verano). Casa de Campo, Madrid el día 15/10/2023.

puntos debido a las lluvias semanas anteriores con el fruto ya maduro. En Andalucía la duración de la vendimia también fue variable y discontinua, según zonas, buscando recolectar los frutos siempre en las mejores condiciones; en general se adelantó en las variedades blancas y ocurrió más o menos en fechas normales en las tintas; la falta de humedad favoreció que la incidencia de enfermedades y plagas fuera muy baja.

En cuanto a la recolección de la aceituna, la floración de los olivos también se vio afectada por el exceso de calor en primavera durante la época de máxima floración y la escasez de agua que afectó a la viabilidad de las flores; las lluvias posteriores y temperaturas más favorables ayudaron a mejorar la situación y fueron salvando la campaña. Las fechas del inicio de la recolección fueron desiguales, en algunas zonas se adelantaron y en otras se retrasaron, según las distintas variedades, el engorde y maduración de los frutos y las condiciones ambientales. La producción fue variable pero escasa para el conjunto del territorio, aunque la calidad de la aceituna fue buena.

La partida de las aves estivales, en general, se dio en fechas similares a años anteriores, o con algo de retraso en el conjunto del territorio. Respecto a las aves invernantes, cabe destacar un otoño también atípico en la migración de las grullas, desde el norte y centro de Europa hacia el sur para pasar los meses fríos, la cual se retrasó con relación a fechas normales. A mediados de octubre empezaban a llegar lentamente los primeros ejemplares, y esa fue la tendencia a lo largo del mes, la mayoría se encontraba a la espera en distintos puntos del centro y este de Europa (donde tenían suficiente alimento y las condiciones meteorológicas eran favorables) debido al paso de varias borrascas a lo largo de su ruta migratoria. A Extremadura, la zona de mayor concentración de estas aves en la Península, empezaron a llegar bandadas a finales de la primera decena de noviembre; para esas mismas fechas en Navarra, zona de paso, se había contabilizado un número de ejemplares menor que en años anteriores, lo mismo que en Aragón en la laguna de Gallocanta. Fue a lo largo de la segunda quincena de noviembre y hasta principios de diciembre cuando la llegada de las aves a las zonas de invernada fue más numerosa.

1.4. INSOLACIÓN

De acuerdo con los datos del producto SDU (*sunshine duration*) del Servicio de Aplicaciones Satelitales de EUMETSAT para la vigilancia del clima (CM SAF), el año 2023 terminó con un total de 2991 horas de sol en el promedio de la superficie del territorio español, cantidad que es un 5 % superior al valor medio del período 1991-2020 (2851 h).

Por meses, destacan abril, que fue el de más insolación desde, al menos, 1983 y agosto, que fue el tercero en su serie, tras agosto de 1985 y agosto de 2016. Entre los meses de menos insolación, lo más significativo se registró en junio que, con un 12 % menos de insolación respecto al promedio normal, fue el de menos insolación del siglo y el cuarto de la serie entre los de menos insolación, tras junio de 1988, 1992 y 1997.

Mes	Insolación total 2023 (horas)	Promedio normal (1991-2020) (horas)	Anomalía	Orden
Enero	185	164	+12 %	12
Febrero	198	178	+11 %	9
Marzo	255	223	+15 %	8
Abril	303	234	+29 %	1
Mayo	279	272	+3 %	19
Junio	278	315	-12 %	38
Julio	362	354	+2 %	11
Agosto	347	325	+7 %	3
Septiembre	250	260	-4 %	29
Octubre	195	207	-5 %	27
Noviembre	168	163	+3 %	18
Diciembre	171	156	+10 %	14
Invierno	511	498	+2 %	16
Primavera	837	729	+15 %	1
Verano	987	995	-1 %	28
Otoño	613	629	-3 %	28
Anual	2991	2851	+5 %	4

Tabla 1.4.1. Insolación total en 2023, insolación normal, anomalía en % y orden en la serie de cada mes de mayor a menor insolación (1 = el más soleado, 41 = el menos soleado) en el promedio de la superficie del territorio español (período de 41 años 1983-2023). Fuente de datos para la elaboración de la tabla: CM SAF (EUMETSAT).

En valores absolutos, como suele ser habitual, el mayor número de horas de sol durante 2023 se registró en el sur y este de las islas Canarias, con más de 3400 horas de sol. En la Península se superaron las 3400 horas de sol en zonas bajas del Guadalquivir y del litoral mediterráneo andaluz. En zonas de las comunidades del Cantábrico y de los Pirineos, el número de horas de sol fue inferior a 2000 (figura 1.4.1).

En términos relativos al número normal anual de horas de sol en cada punto, el 99.4 % del territorio español registró más horas de sol que el promedio del período normal. El mayor superávit se registró en las ciudades autónomas, en el norte de las islas Canarias y en el litoral cantábrico occidental, donde el superávit fue superior al 10 %, mientras

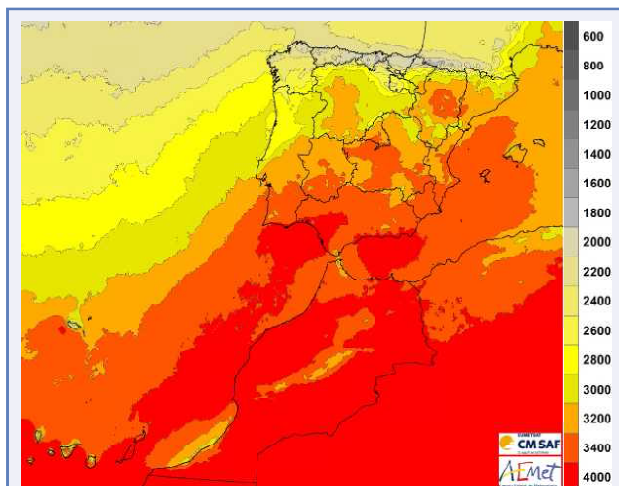


Figura 1.4.1 — Número anual de horas de sol. Año 2023. Fuente de datos para la elaboración del mapa: CM SAF (EUMETSAT).

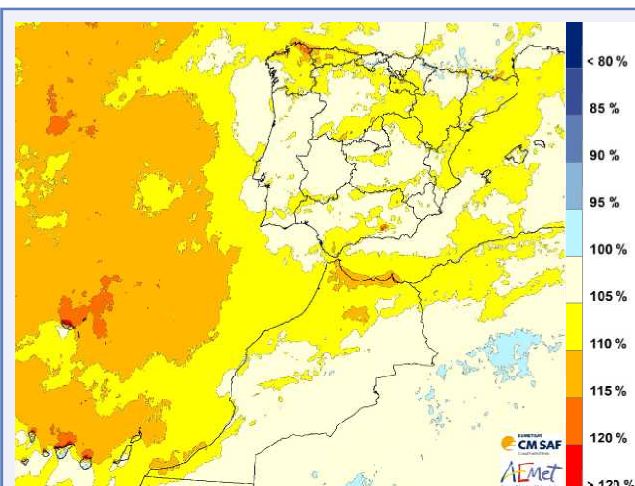


Figura 1.4.2 — Porcentaje de horas de sol (horas). Año 2023. Fuente de datos para la elaboración del mapa: CM SAF (EUMETSAT).

que, en pequeñas zonas del sur de Cantabria, de los Pirineos occidentales y del sur de las islas Canarias, hubo un ligero déficit (figura 1.4.2).

En el promedio de cada provincia o ciudad autónoma, las horas de sol registradas en 2023, la insolación normal anual y el déficit de horas de sol en porcentaje es el que se adjunta en la tabla 1.4.2.

Provincia	Insolación 2023 (horas)	Insolación normal (horas)	Anomalia (%)	Provincia	Insolación 2023 (horas)	Insolación normal (horas)	Anomalia (%)
A Coruña	2214	2089	+6 %	Jaén	3229	3077	+5 %
Alacant/Alicante	3280	3116	+5 %	La Rioja	2608	2415	+8 %
Albacete	3183	3046	+4 %	Las Palmas	3347	3170	+6 %
Almería	3347	3231	+4 %	León	2760	2619	+5 %
Araba/Álava	2192	2107	+4 %	Lleida	2965	2815	+5 %
Asturias	2030	1894	+7 %	Lugo	2255	2074	+9 %
Ávila	3028	2841	+7 %	Madrid	3133	2992	+5 %
Badajoz	3210	3108	+3 %	Málaga	3344	3151	+6 %
Barcelona	3017	2836	+6 %	Melilla	3354	3002	+12 %
Bizkaia	1940	1903	+2 %	Murcia	3285	3163	+4 %
Burgos	2577	2450	+5 %	Navarra	2557	2452	+4 %
Cáceres	3137	3061	+2 %	Ourense	2564	2414	+6 %
Cádiz	3366	3157	+7 %	Palencia	2880	2744	+5 %
Cantabria	1991	1940	+3 %	Pontevedra	2425	2333	+4 %
Castelló/Castellón	3091	2912	+6 %	Salamanca	3008	2875	+5 %
Ceuta	3173	2885	+10 %	Santa Cruz de Tenerife	3042	2977	+2 %
Ciudad Real	3210	3079	+4 %	Segovia	2885	2710	+6 %
Córdoba	3282	3137	+5 %	Sevilla	3385	3232	+5 %
Cuenca	3113	2987	+4 %	Soria	2898	2725	+6 %
Gipuzkoa	1897	1857	+2 %	Tarragona	3094	2915	+6 %
Girona	2875	2686	+7 %	Teruel	3038	2840	+7 %
Granada	3316	3148	+5 %	Toledo	3236	3103	+4 %
Guadalajara	3026	2854	+6 %	València/Valencia	3166	3008	+5 %
Huelva	3334	3188	+5 %	Valladolid	3013	2891	+4 %
Huesca	2994	2889	+4 %	Zamora	2985	2869	+4 %
Illes Balears	3113	2969	+5 %	Zaragoza	3112	2939	+6 %

Tabla 1.4.2. Insolación total en 2023, insolación normal (promedio 1991-2020) y anomalía en el promedio de la superficie de cada provincia. Fuente de datos para la elaboración de la tabla: CM SAF (EUMETSAT).

1.4.1. Anomalías significativas de insolación

El episodio más anómalo de insolación se produjo durante la primavera climática, que fue la de más insolación de la serie histórica. Existe una relación estadísticamente significativa (R^2 ajustado = 79 %) con un nivel de confianza del 95 % entre la insolación total de la primavera como variable dependiente y la temperatura media y la precipitación acumulada de la estación, por lo que resulta coherente que la primavera más cálida y la segunda más seca diera lugar al trimestre primaveral con más insolación desde, al menos, 1983.

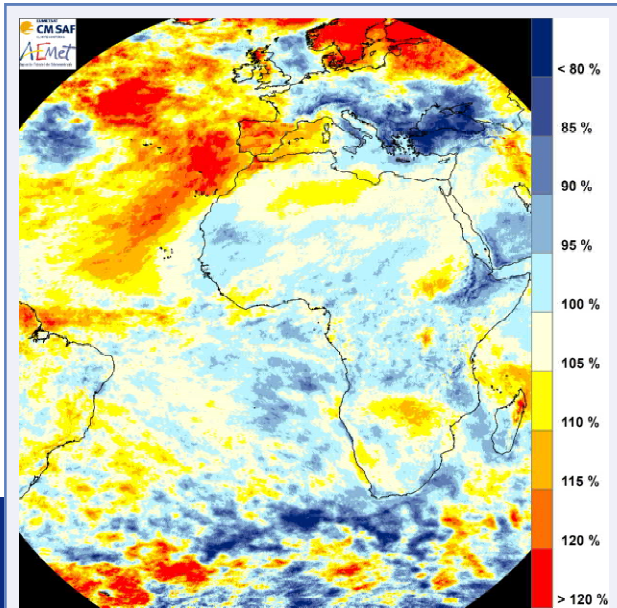


Figura 1.4.1.1 — Anomalía de insolación (horas) durante la primavera climática 2023. Fuente de datos para la elaboración del mapa: CM SAF (EUMETSAT).

En la figura 1.4.1.1 se comprueba que en la primavera hubo zonas de nuestro territorio que, junto con la península escandinava, tuvieron la mayor anomalía positiva de insolación en la zona de cobertura del satélite Meteosat, especialmente zonas marítimas atlánticas entre la Península y las islas Canarias.

La causa de esta gran anomalía de insolación en la primavera hay que buscarla en la configuración sinóptica predominante en el oeste del continente europeo y en el Atlántico nororiental durante los meses de marzo y abril, donde las condiciones medias fueron de persistente bloqueo anticiclónico al suroeste de la Península que dieron lugar a estabilidad y cielos despejados (figura 1.4.1.2).

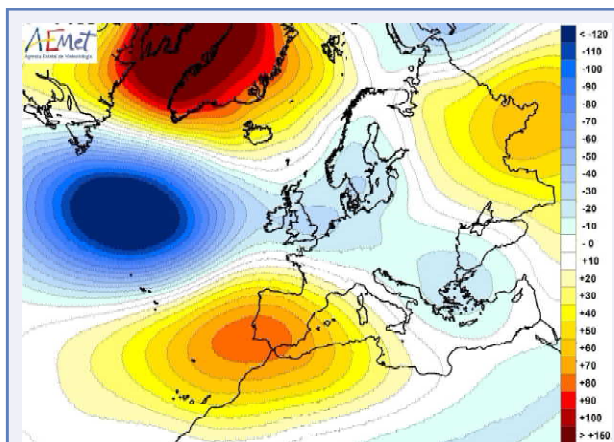


Figura 1.4.1.2 — Anomalía de geopotencial en la superficie isobárica de 500 hPa (metros) en los meses de marzo y abril de 2023 respecto al promedio de referencia 1991-2020.

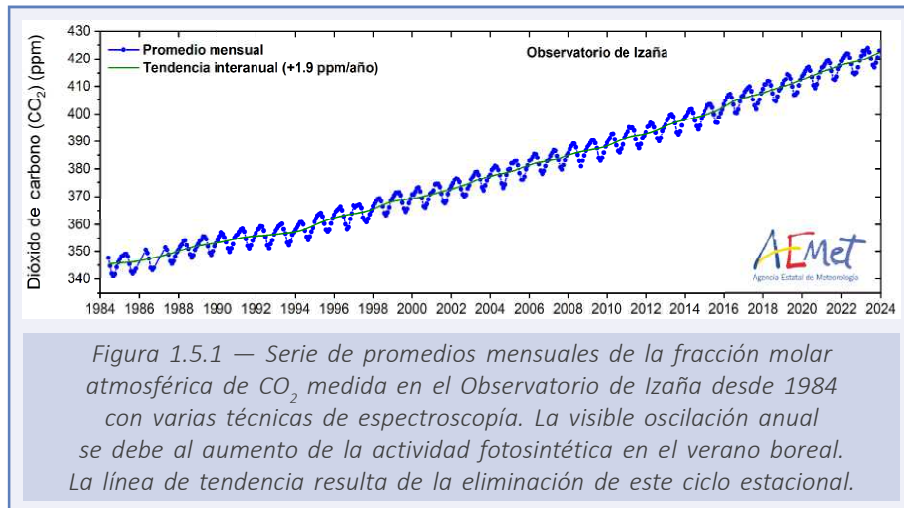
1.5. GASES DE EFECTO INVERNADERO

El calentamiento global es el resultado de desequilibrios en el balance energético de la Tierra, causados por procesos y agentes naturales y antropogénicos. El forzamiento radiativo cuantifica el cambio en los flujos de energía originados por variaciones en la acción de estos agentes, de los cuales los más importantes son los gases de efecto invernadero (GEI) de larga duración. De entre ellos, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarbonos (CFC), son responsables de aproximadamente el 96 % del forzamiento radiativo debido a los GEI de larga duración desde el año 1750, que se toma como referencia de la era preindustrial (MONTZKA, 2023). El programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) coordina observaciones de alta calidad de la composición atmosférica a escala mundial y local, con la participación de unos 100 países. La OMM publica todos los años un boletín de GEI que muestra su estado en la atmósfera analizando las observaciones más recientes del programa VAG. Contiene las fracciones molares en superficie de los principales GEI, promediadas mundialmente, y las compara con las de años anteriores y con los niveles preindustriales. También proporciona información sobre el forzamiento radiativo producido por los GEI y la contribución de cada gas a su aumento. El último boletín publicado (WMO, 2023) se basa en las medidas tomadas durante el año 2022. Los promedios mundiales se calculan a partir de las observaciones *in situ* de la red de estaciones de superficie del programa VAG, de la que forma parte el Observatorio Atmosférico de Izaña, en Tenerife. Situado en una meseta a 2373 m de altitud, normalmente sobre una capa de inversión térmica bien establecida sobre la isla, el Observatorio de Izaña está en excelentes condiciones para medir las fracciones molares de fondo de los GEI en la troposfera libre, por lo que sus medidas son muy parecidas a los promedios mundiales. Es por ello que el incremento en el promedio anual de la fracción molar de cada uno de los GEI medidos en Izaña en el año 2023, respecto a los medidos en el año 2022, constituye una buena estimación del correspondiente incremento en los promedios anuales a escala mundial que se publicará en el próximo boletín de GEI de la OMM.

a) Dióxido de carbono (CO_2)

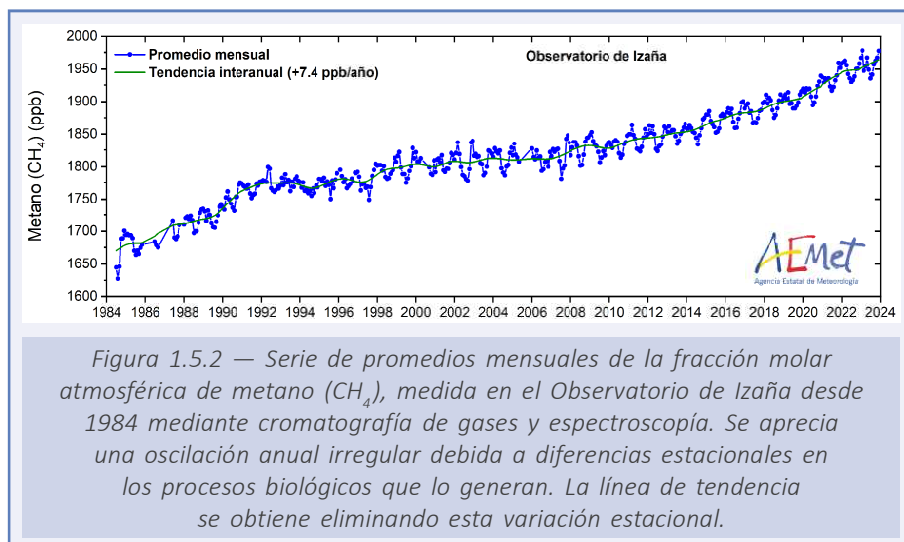
El CO_2 es el GEI antropogénico más abundante en la atmósfera, y contribuye en aproximadamente un 64 % al forzamiento radiativo ocasionado por los GEI de larga duración. Es también el responsable del 79 % del aumento de ese forzamiento en el último decenio. Las emisiones generadas por actividades humanas proceden principalmente de la quema de combustibles fósiles y de la producción de cemento. Según el último boletín de GEI de la OMM (WMO, 2023) el promedio mundial de la fracción molar del CO_2 en la atmósfera durante el año 2022 fue de 417.9 ppm (partes por millón), lo que supone un aumento de 2.2 ppm respecto al promedio de 2021 y del 150 % respecto de los niveles preindustriales. El aumento anual entre 2020 y 2021 fue de 2.5 ppm, coincidiendo con el incremento anual medio de la última década. Se observa así una pequeña desaceleración que no parece tener que ver con un cambio en las emisiones antropogénicas y que probablemente se debe a un aumento de la absorción de CO_2 por los ecosistemas terrestres y los océanos relacionado con el último y largo episodio de La Niña. En el Observatorio Atmosférico de Izaña se registraron en 2022 y 2023 unos promedios de 418.7 ppm y 421.0 ppm, respectivamente, de los que resulta una diferencia

anual de 2.3 ppm, algo mayor que el crecimiento mundial del año anterior. El promedio mensual máximo de 2023 se registró en mayo, con 423.9 ppm. En general los valores de CO₂ atmosférico medidos en los últimos años muestran un crecimiento que está acelerándose, como se puede observar en la serie de Izaña (figura 1.5.1), que tiene un crecimiento anual medio de 1.9 ppm desde 1984, mientras que actualmente está próximo a los 2.5 ppm.



b) Metano (CH₄)

El metano es el segundo gas de efecto invernadero en importancia, presente en menor concentración que el CO₂, pero con mayor capacidad de absorción de calor. Contribuye en aproximadamente un 19 % al forzamiento radiativo causado por los GEI de larga duración. Alrededor del 40 % del CH₄ que se emite a la atmósfera procede de fuentes naturales (por ejemplo, humedales y termitas), mientras que el aproximadamente 60 % restante tiene origen antropogénico (por ejemplo, ganadería de rumiantes, cultivo de arroz, explotación de combustibles fósiles, vertederos y quema de biomasa). Según la



red de observaciones *in situ* del programa VAG de la OMM, el promedio mundial de CH₄ alcanzó en 2022 un nuevo máximo de 1923 ppb (fracción molar de una parte en mil millones, del inglés *parts per billion*), lo que representa un aumento de 16 ppb con respecto al año 2021, ligeramente menor que el aumento del año anterior, pero mayor que el promedio de los últimos diez años. Después de un período de estabilidad entre 1999 y 2006, la fracción molar de CH₄ en la atmósfera ha venido creciendo desde 2007, hasta alcanzar el 264 % del nivel preindustrial. Las causas de esta reciente tendencia todavía están siendo investigadas. Los análisis isotópicos indican que está relacionada con procesos biogénicos, pero la contribución relativa de fuentes antropogénicas y naturales de CH₄ no está clara (WMO, 2022, 2023). El Observatorio de Izaña registró un promedio anual de 1935 ppb en 2021, de 1948 ppb en 2022 (incremento de 13 ppb) y de 1959 ppb en 2023 (incremento de 11 ppb). En febrero de 2023 se alcanzó un promedio mensual máximo de 1978 ppb (figura 1.5.2).

c) Óxido nitroso (N₂O)

El óxido nitroso es un gas de efecto invernadero con mayor capacidad de absorción de calor que el dióxido de carbono y el metano, aunque está presente en la atmósfera en menores concentraciones. El N₂O causa aproximadamente el 6 % del forzamiento radiativo debido a los GEI de larga duración, y es el tercer gas que más contribuye a ese forzamiento. Las emisiones de N₂O de origen antropogénico constituyen aproximadamente el 43 % del total de las emisiones mundiales y se deben principalmente al uso de fertilizantes nitrogenados. Estas fuentes no naturales han aumentado en un 30 % en los últimos cuatro decenios, siendo el principal factor de crecimiento del N₂O en la atmósfera. En 2022 el promedio mundial de la fracción molar del N₂O alcanzó los 335.8 ppb, es decir, se situó 1.4 ppb por encima del valor del año 2021, lo que equivale a un 124 % del nivel de la era preindustrial (270 ppb) (WMO, 2023). En Izaña se midieron promedios anuales de 336.2 ppb en 2022 y 337.2 ppb en 2023 (aumento anual de 1 ppb), con un promedio mensual máximo de 337.8 ppb en diciembre de 2023 (figura 1.5.3).

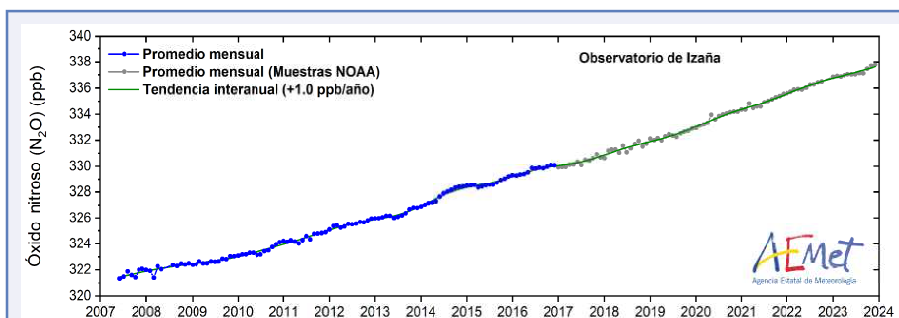
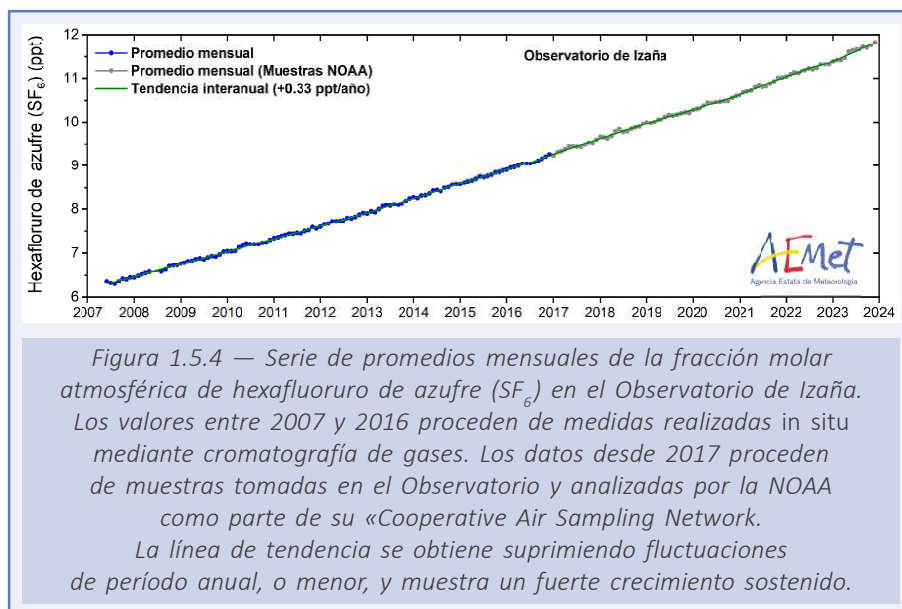


Figura 1.5.3 — Serie de promedios mensuales de la fracción molar atmosférica de óxido nitroso (N₂O) en el Observatorio de Izaña. Los valores entre 2007 y 2016 proceden de medidas realizadas *in situ* mediante cromatografía de gases. Los datos desde 2017 proceden de muestras tomadas en el Observatorio y analizadas por la NOAA como parte de su «Cooperative Air Sampling Network». La línea de tendencia se obtiene suprimiendo fluctuaciones de período anual, o menor, y muestra un claro crecimiento.

d) Otros gases de efecto invernadero

Los clorofluorocarbonos (CFC) y otros gases halogenados menores contribuyen aproximadamente en un 11 % al forzamiento radiativo causado por los GEI de larga duración. Entre estos gases cabe destacar el hexafluoruro de azufre (SF_6), un GEI artificial de larga duración con una enorme capacidad de absorción de calor, muy persistente en la atmósfera, y que está aumentando a un ritmo bastante constante y relativamente rápido, aunque todavía está presente en la atmósfera en muy bajas concentraciones. Esta sustancia la produce la industria química, principalmente por su uso como aislante eléctrico en equipos de distribución de energía. Su fracción molar actual es más del doble que la registrada a mediados de los años noventa (WMO, 2023). Los datos registrados en el Observatorio de Vigilancia Atmosférica Global de Izaña (figura 1.5.4), muestran un aumento anual de la fracción molar de SF_6 de más de 0.3 ppt (una parte por billón, del inglés *parts per trillion*). El valor medio de 2023 alcanzó los 11.6 ppt, con un máximo mensual de 11.8 ppt en diciembre.



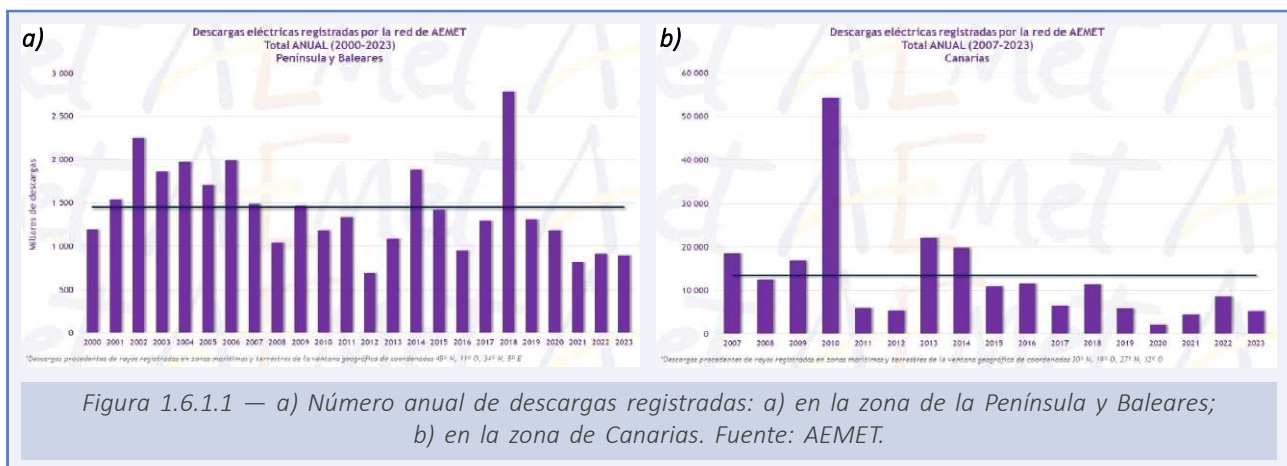
1.6. DESCARGAS ELÉCTRICAS Y TORMENTAS DURANTE 2023

2023 ha sido un año en el que el número de descargas registradas, tanto en la zona de la Península y Baleares como en la de Canarias, ha sido inferior al del promedio de la serie de registros desde el año 2000; sin embargo, el número de días de tormenta ha sido superior al promedio en gran parte del territorio, lo que implica que las tormentas que se han registrado en 2023 han generado menos actividad eléctrica. El número de rayos de una tormenta es uno de los estimadores de la potencial adversidad de la misma, por lo que en base exclusivamente al número de rayos y de días de tormenta, ha sido un año con tormentas más frecuentes, pero menos severas que las del promedio de referencia y esto ha ocurrido porque ha habido muchas tormentas en meses como mayo y junio, que cuando se disparan no dejan tantos rayos como las tormentas de julio, agosto o septiembre, meses en los que la actividad convectiva fue baja.

1.6.1. Descargas eléctricas

En la ventana geográfica de coordenadas 45° N, 11° O, 34° N, 5° E, donde están situadas la Península, las islas Baleares y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, se registraron 894 995 descargas (figura 1.6.1.a), de las cuales 445 521 impactaron en tierra dentro del territorio nacional y el resto en el mar o en países vecinos. Ha sido el tercer año con menos rayos desde el año 2000 (inicio de la serie), tras 2012 y 2021.

En las zonas marítimas y terrestres de la ventana geográfica de coordenadas 30° N, 19° O, 27° N, 12° O, donde están situadas las islas Canarias, se han registrado 5373 descargas (figura 1.6.1.1.b), de las cuales, solo 137 en tierra y el resto en el océano Atlántico. De las descargas que impactaron en tierra, se registraron muchas más en las islas orientales (53 en Lanzarote y 27 en Fuerteventura), que en las occidentales (1 en El Hierro y La Gomera y 15 en La Palma). En Tenerife, 24 impactaron en tierra y 16 en la isla de Gran Canaria.



En función de la densidad normal de descargas (descargas/km²/año), en casi todo el mar Balear y zonas terrestres de las provincias ribereñas, la actividad convectiva fue inferior al promedio anual de descargas (zonas en azul de la imagen de la figura 1.6.1.2), lo que resulta coherente con el carácter muy seco o extremadamente seco del año 2023 en esas zonas. En el otro extremo, la densidad de descargas fue superior a la climatológica (colores cálidos) en gran parte de Navarra, interior de Galicia y de la Región de Murcia.

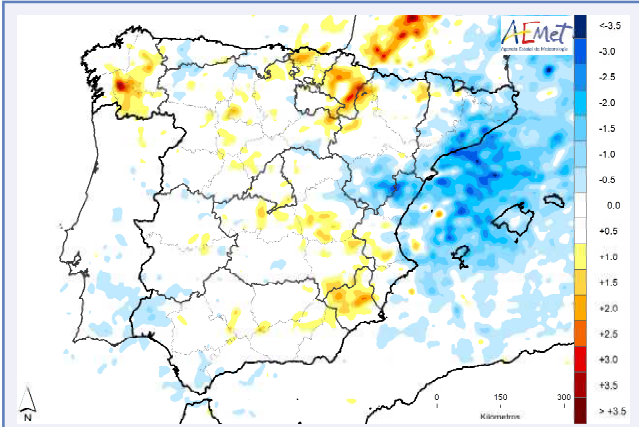


Figura 1.6.1.2 — Anomalia de densidad de descargas eléctricas en la zona de la Península y Baleares en 2023 (descargas/km²/año). Fuente: AEMET.

La actividad en meses típicamente convectivos como julio, agosto o septiembre en la zona de la Península fue escasa, de ahí que el número total anual de descargas haya sido inferior a lo normal a pesar del elevado número de días de tormenta. En concreto, agosto de 2023, con 62 104, es el segundo con menos rayos registrados desde el año 2000, tras agosto de 2016, cuando se registraron 60 044. Más anómalos fueron marzo y abril, meses en los que el registro de 2023 es el mínimo histórico de la serie, lo que resulta coherente con el carácter muy seco y extremadamente seco, respectivamente, de esos meses.

En el otro extremo, hubo muchos rayos en junio que fue el mes con más descargas del año y, con 293 129 impactos en tierra, pasa a ser el tercer mes de junio con más rayos, tras junio de 2005 (307 487) y junio de 2015 (317 814).

El día en el que se registraron más descargas eléctricas fue el 15 de septiembre, con 40 707, cuando hubo tormentas generalizadas en toda la Península, aunque el episodio más destacado, por los impactos que generó, con varios fallecidos, decenas de heridos y cuantiosos daños materiales, fue el de la dana de los días 2, 3 y 4 de ese mes, que afectó sobre todo a las provincias de Toledo y Madrid. En esos tres días, el sistema de detección registró 58 000 descargas,

de las cuales 5424 impactaron en la provincia de Cuenca, 5039 en Toledo y 2205 en Madrid.

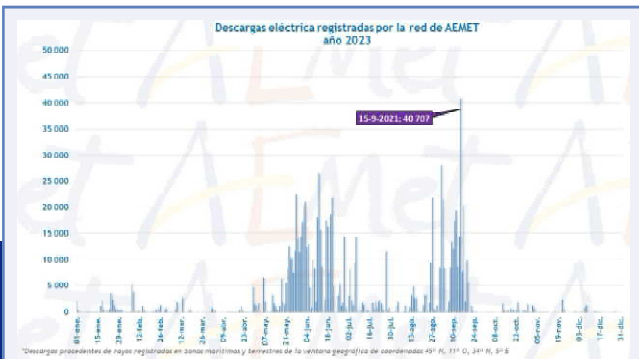


Figura 1.6.1.3 — Número diario de descargas registradas en la zona de la Península y Baleares. Fuente: AEMET.

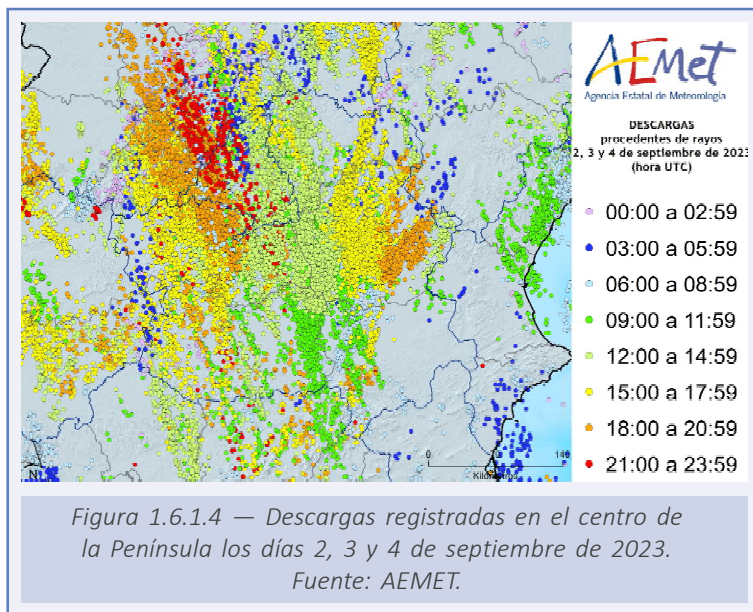


Figura 1.6.1.4 — Descargas registradas en el centro de la Península los días 2, 3 y 4 de septiembre de 2023. Fuente: AEMET.

Al igual que en la Península, la actividad tormentosa en Canarias durante 2023 fue también inferior al valor medio, con menos de la mitad de descargas (5373) que el promedio 2007-2023 (13 084).

El día que más descargas impactaron en la zona de Canarias fue el 23 de diciembre, cuando se produjeron tormentas que llegaron a registrar 2575 entre los días 22 y el 24, la mayoría en el mar.

Sobre tierra, las tormentas con más impacto en Canarias se produjeron el día 4 de febrero, con 38 rayos que impactaron sobre la isla de Lanzarote, más de una cuarta parte del total anual de los que impactaron en tierra en las islas (137), y que produjeron un tornado en Teguise y una granizada singular en La Geria.

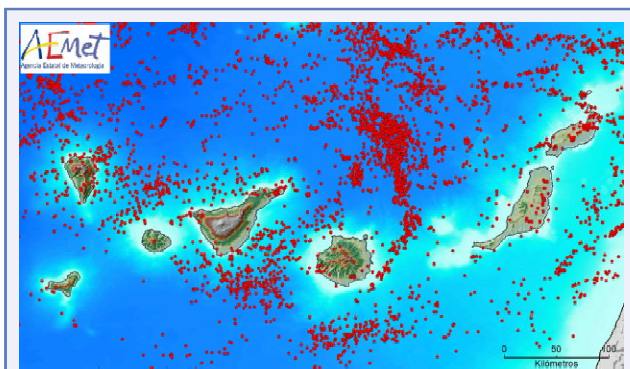


Figura 1.6.1.5 — Descargas registradas en la zona de Canarias durante el año 2023. Fuente: AEMET.

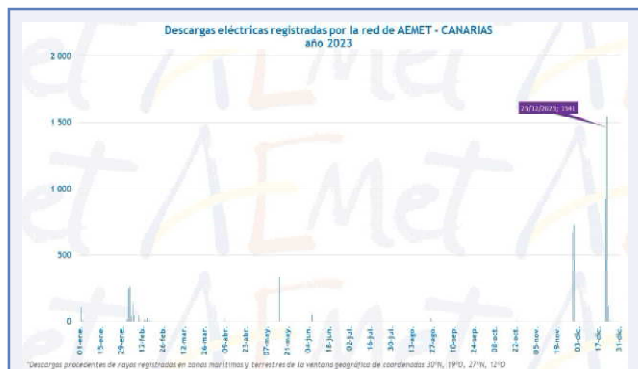


Figura 1.6.1.6 — Número diario de descargas registradas en la zona de Canarias. Fuente: AEMET.

1.6.2. Días de tormenta

A pesar de que en la zona de la Península el número anual de descargas ha sido inferior al del promedio de la serie, en amplias zonas el número de días de tormenta durante el año ha sido muy superior al promedio normal. En gran parte de Galicia, Castilla y León, La Rioja, este de Castilla-La Mancha, interior de la Región de Murcia, interior sur de la Comunitat Valenciana y Andalucía oriental, el número de días de tormenta ha superado en más de 10 al promedio normal, mientras que, en el litoral de Andalucía occidental, de Cataluña y en las Islas Baleares, el número de días de tormenta ha sido inferior al promedio normal (figura 1.6.2.1).

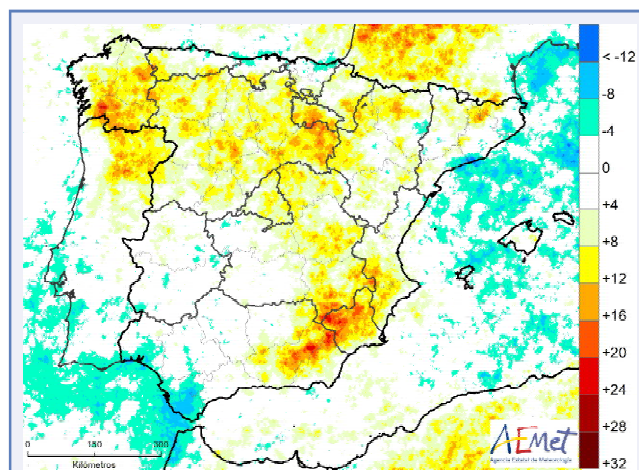
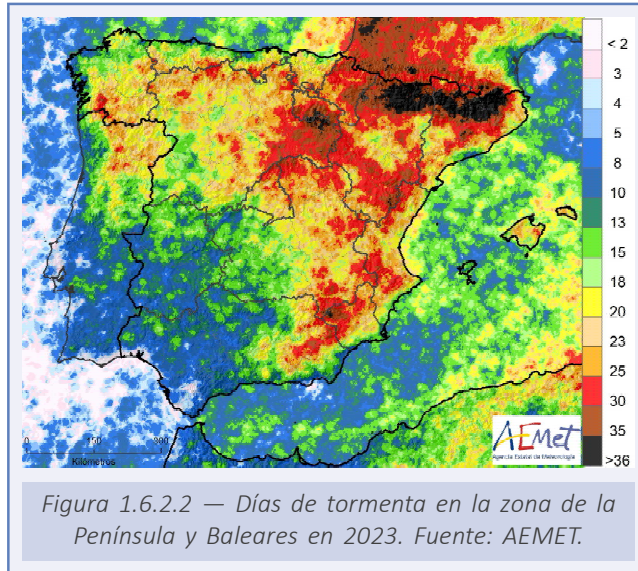


Figura 1.6.2.1 — Anomalía de días de tormenta en la zona de la Península y Baleares en 2023. Fuente: AEMET.

En zonas de los Pirineos orientales, ha llegado a haber durante 2023 más de 40 días de tormenta, mientras que en zonas de Extremadura y de Andalucía, el número de días de tormenta ha sido inferior a 10 (figura 1.6.2.2).



1.7. FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

Los fenómenos meteorológicos extremos tienen, en muchas ocasiones, un gran impacto social, por lo que son un buen indicador del estado del clima en un año concreto. En este apartado, se detallan los principales episodios sucedidos en 2023 y se enumeran las borrascas con gran impacto con mayor afectación en España.

1.7.1. Principales episodios de fenómenos meteorológicos extremos

Episodios extremos asociados a las temperaturas

El año 2023 fue el segundo más cálido de la serie histórica, que comienza en 1961, tan solo por detrás de 2022. Su temperatura media fue de 15.2 °C, tres décimas menos que el año previo y 1.2 °C por encima del período de referencia 1991-2020. Los episodios de temperaturas altas para la época fueron mucho más frecuentes que los de temperaturas bajas a lo largo del año. El verano, que resultó ser el tercero más cálido de la serie, registró cuatro olas de calor en el ámbito de la Península y Baleares. En Canarias se vivieron tres, una de ellas en octubre.

Uno de los episodios de altas temperaturas más sobresalientes se produjo en los últimos días de abril, que se trató del mes de abril más cálido y seco simultáneamente desde que hay registros. Los cinco días comprendidos entre el 25 y 29 fueron los más cálidos para esas fechas desde, al menos, 1950 y el 27 de abril fue el día más cálido registrado para el conjunto de la España peninsular en el mencionado mes también desde, al menos, 1950. Ese día se superaron los 35 °C en observatorios del sur de España. Destaca Córdoba-aeropuerto, que alcanzó 38.8 °C y superó en casi 5 °C su récord de temperatura máxima para el mes de abril, que hasta entonces se cifraba en 34 °C. Muy destacable fue también el episodio registrado entre el 30 de septiembre y el 8 de octubre: es el más extremo de todos los ocurridos desde que hay datos en cuanto a persistencia e intensidad computando todos los días del año.

En cuanto a las olas de calor propiamente dichas, la más destacable fue la que se produjo entre los días 17 y 25 de agosto, ya que se trató de la cuarta más larga y tercera con mayor extensión geográfica afectada desde 1975. Fue también la cuarta con mayor intensidad, y hay que tener en cuenta que se registró ya a finales de verano. Numerosas estaciones batieron su récord de temperatura máxima para agosto, entre las que destacan Bilbao y Tortosa, con 44 °C el día 23. También las temperaturas mínimas fueron muy elevadas y, ese mismo día, quedaron ligeramente por encima de los 25.5 °C en Segovia y Zaragoza.

En Canarias se trató del verano más cálido de la serie histórica. En su transcurso se registraron dos olas de calor. Además, hubo otra en octubre, ya en el otoño meteorológico, muy duradera. Las dos del verano no fueron especialmente destacables, pero cabe señalar que, en la primera de ellas, acaecida entre el 10 y 14 de agosto, se registró una temperatura mínima en el municipio tinerfeño de Guía de Isora de 37.4 °C. Esta temperatura, medida el día 12, constituye el valor más alto medido de manera confiable para una temperatura mínima en España.

Fuera ya de la ola de calor, pero con el terreno muy seco tras el episodio, se desató un importante incendio forestal en el municipio de Arafo (Tenerife), que arrasó 15 000 hectáreas y que no se dio por completamente extinguido hasta el 10 de noviembre, casi tres meses

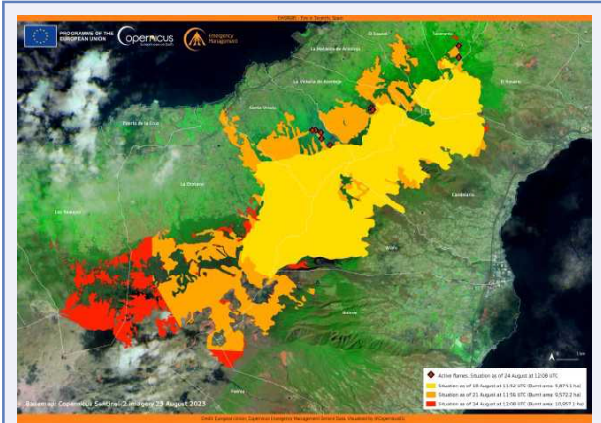


Figura 1.7.1.1 — Estimación de la superficie afectada por el incendio de Tenerife a 24 de agosto de 2023. Fuente: Copernicus Emergency Management Service Data.

después (figura 1.7.1.1). A este hecho pudo contribuir la extraordinaria ola de calor que afectó al archipiélago durante el mes de octubre, entre los días 2 y 17. Su excepcionalidad fue conferida, por un lado, por su carácter tardío, ya en octubre; y, por otro lado, se trató de la ola de calor más larga registrada en Canarias, con dieciséis días de duración. En El Hierro-aeropuerto se llegaron a alcanzar 35.4 °C, el valor absoluto más alto de la serie, batiendo el récord anterior (de 34.2 °C, y registrado también en octubre, pero de 1983) en nada menos que seis ocasiones.

Hay más información acerca de las olas de calor y de frío registradas en 2023 en los subapartados 1.1.3 y 1.1.4.

Episodio de precipitaciones intensas asociado a una dana los días 2, 3 y 4 de septiembre

El 2 de septiembre de 2023 se formó una dana al oeste de la península ibérica, que marcó decisivamente el tiempo durante esa jornada y las sucesivas. Con la ayuda de la convergencia de vientos, que contribuyó a los ascensos de aire cálido y húmedo desde niveles bajos, se generaron tormentas con lluvias de intensidad muy fuerte e incluso

torrencial. Las zonas afectadas fueron extensas, especialmente en el entorno del Mediterráneo y del sur y centro de la Península, con grandes acumulados y notables impactos en bienes, además de pérdidas humanas.

Entre las 72 horas álgidas del temporal, los mayores acumulados correspondieron a San Rafael (Segovia), con 189 mm, San José del Valle (Cádiz), con 172 mm, Tortosa (Tarragona), donde se acumularon 157 mm y Villanueva de la Cañada (Madrid), con un total de 154 mm. Es destacable que, además, se superaron a lo largo de los tres días los 100 mm de precipitación acumulada en numerosas estaciones del centro peninsular, como la del parque del Retiro o Ciudad Universitaria, en Madrid capital, con 106 y 107 mm, respectivamente. Estas cantidades tan grandes de precipitación en

un período de tiempo relativamente corto no son habituales en esa zona geográfica (figura 1.7.1.2).

Las lluvias se saldaron con siete personas fallecidas: dos en el Pirineo aragonés y cinco en la zona centro de la Península. La previsión de grandes acumulados en las provincias de Madrid y Toledo dio lugar a la emisión de avisos de nivel rojo (peligro extremo) en esas regiones por precipitación en doce horas por primera vez desde que se estableció el Plan Meteocalera en 2006.

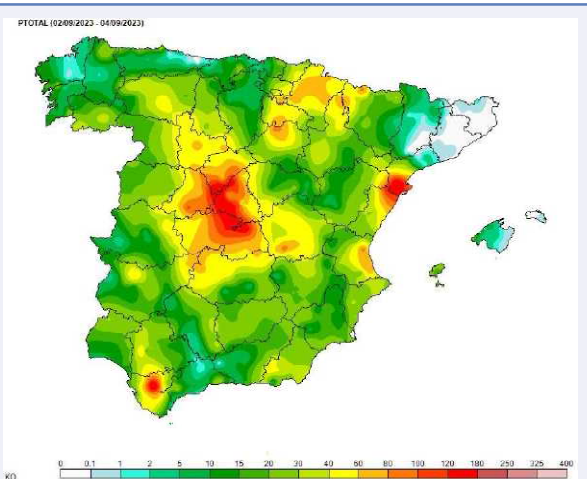


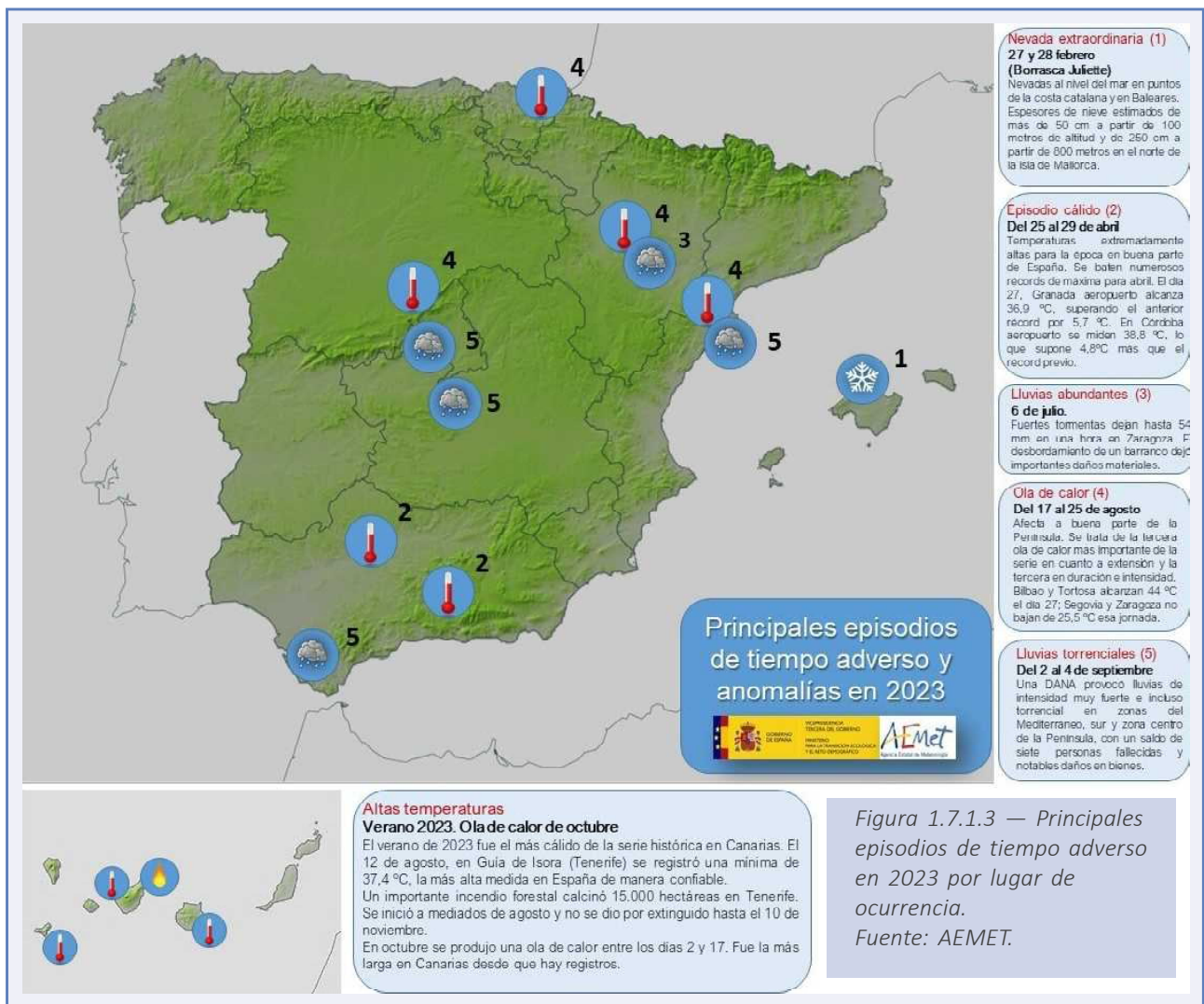
Figura 1.7.1.2 — Precipitación acumulada durante el episodio asociado a la dana del 2, 3 y 4 de septiembre. Fuente: AEMET.

Otros episodios de precipitaciones intensas

Entre los principales episodios de precipitaciones intensas registrados a lo largo de 2023, cabe destacar el de las nevadas provocadas por la borrasca Juliette, a finales de febrero. Se registraron nevadas al nivel del mar en puntos de Cataluña y, especialmente, en Baleares, donde la nevada puede incluso calificarse como histórica, por los grandes espesores acumulados en el norte de la isla de Mallorca, que llegaron a superar los dos metros y medio. Hay más información sobre este episodio en el apartado 1.7.2.

Otro episodio importante fue el asociado a las tormentas que afectaron a diversas localidades de la depresión central del Ebro a comienzos de julio. El día 6, en Zaragoza-Valdespartera, se acumularon 54 mm en tan solo una hora, 20 de ellos en diez minutos. Esto provocó el desbordamiento de un barranco, con importantes inundaciones en el barrio Parque Venecia de la capital aragonesa que provocaron numerosos impactos.

En la figura 1.7.1.3 se muestran los principales episodios de tiempo adverso registrados en España en 2023, así como su localización geográfica.



1.7.2. Borrascas con gran impacto

Los servicios meteorológicos nacionales pueden poner nombres a borrascas que, por sus fenómenos asociados, esté previsto que provoquen un gran impacto. Bajo el auspicio de EUMETNET, los países se asocian en diferentes grupos por afinidad geográfica. A España, representada por AEMET, le corresponde el grupo suroeste (SW), junto con Portugal, Francia, Bélgica y Luxemburgo.

Para que una borrasca sea considerada de gran impacto y, por lo tanto, pueda nombrarse ha de ser capaz de generar rachas de viento muy fuertes, que den lugar a avisos de nivel naranja o rojo en amplias zonas. También es susceptible de nombramiento si las rachas de viento no son tan intensas, pero sí lo suficientes como para provocar avisos de nivel amarillo, siempre que estén acompañados de avisos naranjas o rojos de lluvia o nieve.

En el año 2023 el grupo suroeste europeo de EUMETNET nombró un total de dieciocho borrascas con gran impacto: seis entre enero y febrero, tres en primavera, dos en verano, seis en otoño y una en diciembre.

En la tabla 1.7.1 se detalla el nombre de cada borrasca con gran impacto, la fecha de su nombramiento y el servicio meteorológico que la nombró dentro del grupo SW.

Nombre de la borrasca	Fecha de nombramiento	Servicio meteorológico que le puso nombre
Fien	14 enero 2023	AEMET
Gérard	15 enero 2023	Météo-France
Hannelore	19 enero 2023	Météo-France
Isaack	06 febrero 2023	AEMET
Juliette	26 febrero 2023	AEMET
Kamiel	26 febrero 2023	IPMA
Larisa	09 marzo 2023	Météo-France
Mathis	30 marzo 2023	Météo-France
Noa	12 abril 2023	Météo-France
Oscar	04 junio 2023	AEMET
Patricia	02 agosto 2023	Météo-France
Aline	17 octubre 2023	IPMA
Bernard	20 octubre 2023	IPMA
Celine	27 octubre 2023	Météo-France
Domingos	02 noviembre 2023	AEMET
Elisa	09 noviembre 2023	Météo-France
Frederico	15 noviembre 2023	Météo-France
Geraldine	30 diciembre 2023	Météo-France

Tabla 1.7.2.1. Borrascas con gran impacto nombradas por el grupo suroeste (SW) de EUMETNET en 2023.

Las borrascas con mayor impacto en territorio español durante el año 2023 fueron las siguientes²:

² Se puede encontrar información detallada sobre las borrascas con gran impacto nombradas por el grupo suroeste europeo en la página web de AEMET: <https://www.aemet.es/es/conocerlas/borrascas/>.

- **Borrasca Fien:** Dio lugar a multitud de avisos repartidos por la Península y Baleares. Los más destacados fueron los de nivel rojo por fenómenos costeros en todo el litoral norte gallego y por acumulación de nieve en el norte de la provincia de Huesca. Las rachas alcanzaron 115 km/h en Santander y 175 km/h en Machichaco (Bizkaia). Se acumularon 60 a 80 mm de lluvia en puntos de Navarra y País Vasco y la nieve originó numerosos problemas en las carreteras de montaña de todo el norte, en especial en las provincias de Huesca y Navarra con acumulados del orden del metro en algunos puntos montañosos.
- **Borrasca Isaack:** Se gestó en el entorno de Baleares y sus impactos más notables se debieron fundamentalmente al fuerte oleaje, precipitaciones intensas y nevadas. Estos fenómenos afectaron sobre todo a las comunidades del este peninsular y a Baleares. En puntos de Mallorca se acumularon más de 90 mm. Durante la vida de la borrasca también se produjeron precipitaciones abundantes en otras zonas del litoral sur.
- **Borrasca Juliette:** Esta borrasca mediterránea fue una de las que más impactos provocó de las nombradas en 2023. Dio lugar a numerosos avisos de nivel naranja y rojo para las Baleares por fenómenos costeros y nevadas. De hecho, se observaron olas de hasta 11 metros en Dragonera (y de 12 metros en Cap de Begur, Girona, fuera del ámbito balear). Pero, sin duda, fue la nieve el fenómeno más adverso. Además de nevar al nivel del mar, se acumularon entre 50 y 100 cm de nieve entre 800 y 1400 metros de altitud, e incluso más de 250 cm por encima de esa cota. Las lluvias fueron también abundantes en Baleares (se superaron los 200 mm en puntos de Mallorca) y se registraron temperaturas muy bajas en el este peninsular como consecuencia de la advección de aire frío asociada a la borrasca: en Molina de Aragón (Guadalajara) se registró una mínima de $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 27 de febrero.
- **Borrasca Oscar:** fue una borrasca inusual por su fecha de formación (principios de junio) y su localización en bajas latitudes (32° N el día 6 de junio). Los principales impactos se produjeron sobre el archipiélago canario, con avisos naranjas por fuertes rachas de viento, superiores a 90 km/h, para algunas zonas de la isla de La Palma y norte de Tenerife. También hubo avisos por acumulados de precipitación superiores a los 30 mm en una hora para las islas de El Hierro, La Gomera, La Palma y Tenerife. En el Roque de los Muchachos (La Palma) se acumularon 73 mm en 24 horas. En la Península, el paso del frente frío asociado a Oscar provocó la emisión de avisos de nivel amarillo por acumulados en una hora y por tormentas, así como algunos por acumulados en doce horas. En Hoyos (Cáceres) se registraron unos 60 mm en 24 horas y en Navamorral de la Mata, en la misma provincia, se midió una racha de 102 km/h.
- **Borrasca Aline:** fue la primera del otoño de 2023, y dejó un gran número de impactos. Dio lugar a la activación de avisos de nivel rojo por fenómenos costeros en el Cantábrico y numerosos naranjas por precipitaciones y rachas muy fuertes de viento,

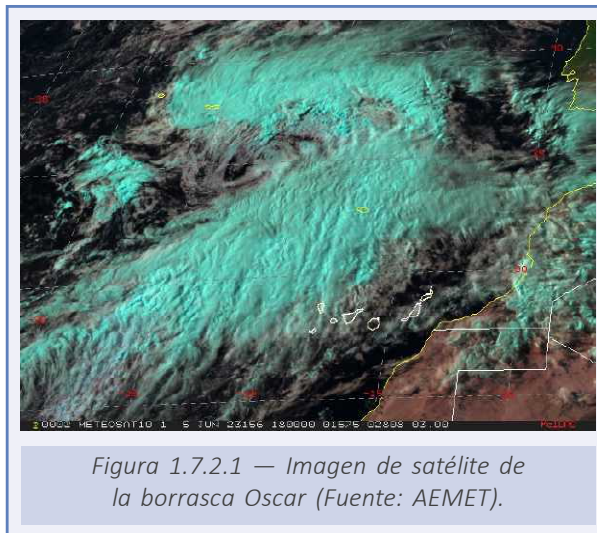


Figura 1.7.2.1 — Imagen de satélite de la borrasca Oscar (Fuente: AEMET).

especialmente en la zona centro y mitad sur de la Península. En las estaciones de AEMET se observaron valores extraordinarios de viento, como los 167 km/h en Cerler/Cogulla (Huesca) o los más de 90 km/h en el aeropuerto de Málaga o en Jaén. En cuanto a las precipitaciones registradas, destacaron los 134 mm en la estación de esquí de La Covatilla (Salamanca), con valores también por encima de los 100 mm en otros puntos del sistema Central. En cuanto a las precipitaciones en núcleos de mayor población, destacaron las que se produjeron sobre el entorno de la capital de España, registrándose en el aeropuerto de Barajas 74 mm, que supone el valor más alto en 24 horas de toda su serie histórica.

- **Borrasca Bernard:** fue una borrasca con características singulares en comparación con otras borrascas con gran impacto. Mientras se desplazaba desde su zona de origen (el entorno de Madeira) hacia el golfo de Cádiz, su estructura fue gobernada en mayor medida por la liberación de calor latente asociado a los procesos de condensación. Desapareció la típica estructura de frentes asociados a las borrascas extratropicales, comenzaron a formarse importantes núcleos convectivos en el flanco norte del centro de la baja y su extensión espacial fue notablemente inferior a la de la mayoría de las borrascas que se nombran. Cuando la borrasca penetró en tierras peninsulares, rápidamente perdió intensidad. Todas estas características y procesos hacen pensar que Bernard tuvo un carácter híbrido, en su etapa final, entre ciclón subtropical y borrasca extratropical (figura 2.7.2.2).

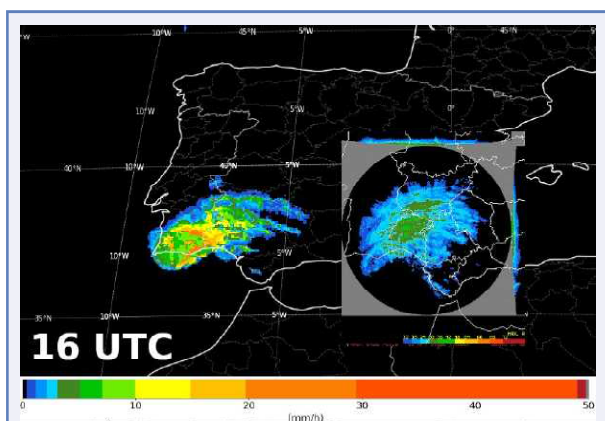


Figura 1.7.2.2 — Imágenes del producto del SAF de Nowcasting (Convective Rainfall Rate) y de reflectividad del radar de AEMET ubicado en la provincia de Sevilla. En ambas imágenes se aprecian estructuras de precipitación en bandas indicio de la existencia de cierta simetría axial en la estructura vertical de Bernard. (Fuente: AEMET).

En cuanto a las observaciones, destacó por encima de todo el viento, pero no solo los valores de racha, sino los valores del viento medio en 10 minutos, que superaron en zonas de Sevilla y Cádiz los 60 km/h durante períodos relativamente largos de entre 1 y 2 horas, todo ello además acompañado de precipitaciones. Como ejemplo de lo extraordinario del evento, en las estaciones del aeropuerto de Córdoba y en la estación de «Fuentes de Andalucía-El Travieso» (Sevilla), hubo vientos medios por encima de 90 km/h, registrándose rachas en torno a los 130 km/h. La intensidad del viento en zonas bajas afectó fundamentalmente a aquellas regiones ubicadas dentro del valle del Guadalquivir, aunque en zonas altas, especialmente en Sierra Nevada (Granada), se alcanzaron valores de rachas cercanos a los 200 km/h. En cuanto a las precipitaciones, las más intensas se produjeron en la provincia de Huelva donde por momentos se alcanzaron intensidades torrenciales. Por otro lado, los mayores acumulados en 12 horas se registraron también en la provincia de Huelva, donde se observaron hasta 89 mm en la estación de «Ayamonte-Isla Canela».

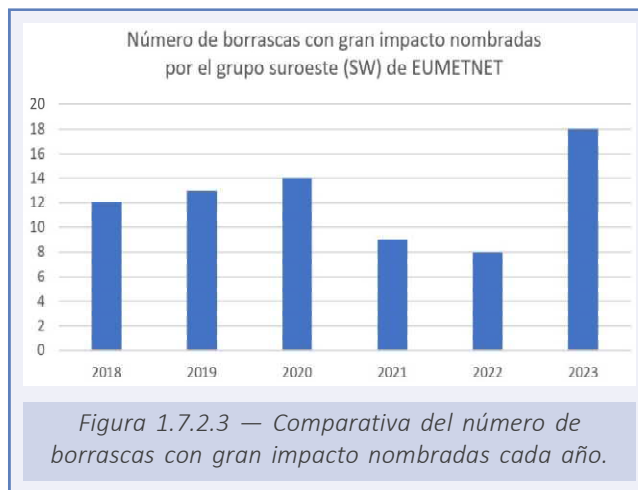
En cuanto a las observaciones, destacó por encima de todo el viento, pero no solo los valores de racha, sino los valores del viento medio en 10 minutos, que superaron en zonas de Sevilla y Cádiz los 60 km/h durante períodos relativamente largos de entre 1 y 2 horas, todo ello además acompañado de precipitaciones. Como ejemplo de lo extraordinario del evento, en las estaciones del aeropuerto de Córdoba y en la estación de «Fuentes de Andalucía-El Travieso» (Sevilla), hubo vientos medios por encima de 90 km/h, registrándose rachas en torno a los 130 km/h. La intensidad del viento en zonas bajas afectó fundamentalmente a aquellas regiones ubicadas dentro del valle del Guadalquivir, aunque en zonas altas, especialmente en Sierra Nevada (Granada), se alcanzaron valores de rachas cercanos a los 200 km/h. En cuanto a las precipitaciones, las más intensas se produjeron en la provincia de Huelva donde por momentos se alcanzaron intensidades torrenciales. Por otro lado, los mayores acumulados en 12 horas se registraron también en la provincia de Huelva, donde se observaron hasta 89 mm en la estación de «Ayamonte-Isla Canela».

Como ejemplo de lo extraordinario del evento, en las estaciones del aeropuerto de Córdoba y en la estación de «Fuentes de Andalucía-El Travieso» (Sevilla), hubo vientos medios por encima de 90 km/h, registrándose rachas en torno a los 130 km/h. La intensidad del viento en zonas bajas afectó fundamentalmente a aquellas regiones ubicadas dentro del valle del Guadalquivir, aunque en zonas altas, especialmente en Sierra Nevada (Granada), se alcanzaron valores de rachas cercanos a los 200 km/h. En cuanto a las precipitaciones, las más intensas se produjeron en la provincia de Huelva donde por momentos se alcanzaron intensidades torrenciales. Por otro lado, los mayores acumulados en 12 horas se registraron también en la provincia de Huelva, donde se observaron hasta 89 mm en la estación de «Ayamonte-Isla Canela».

- **Borrasca Domingos:** esta borrasca, nombrada por AEMET, junto con la borrasca Ciarán, nombrada por Met Office, provocaron un gran impacto sobre las costas del litoral cantábrico y Galicia, con avisos rojos por fenómenos costeros. Se registraron olas cuya altura significativa llegó a alcanzar un valor de 13.95 m en la boya de Estaca de Bares. Este valor constituye un récord de medición en las costas españolas desde que comenzó a funcionar la actual red de medidas de Puertos del Estado.

Domingos también provocó rachas muy intensas de viento, entre las que destacaron las registradas en Valdezaray (La Rioja), con 180 km/h, superándose en muchas estaciones los 120 km/h. En cuanto a las precipitaciones, las más importantes se produjeron en Galicia, con acumulados máximos del orden de los 120 mm en 24 horas.

El grupo suroeste (SW) de EUMETNET comenzó su andadura en diciembre de 2017. De los seis años completos en los que se han realizado nombramientos, 2023 ha sido el de mayor número, después de que 2022 fuese el año con menos borrascas merecedoras de nombre por sus efectos adversos (figura 1.7.2.3).



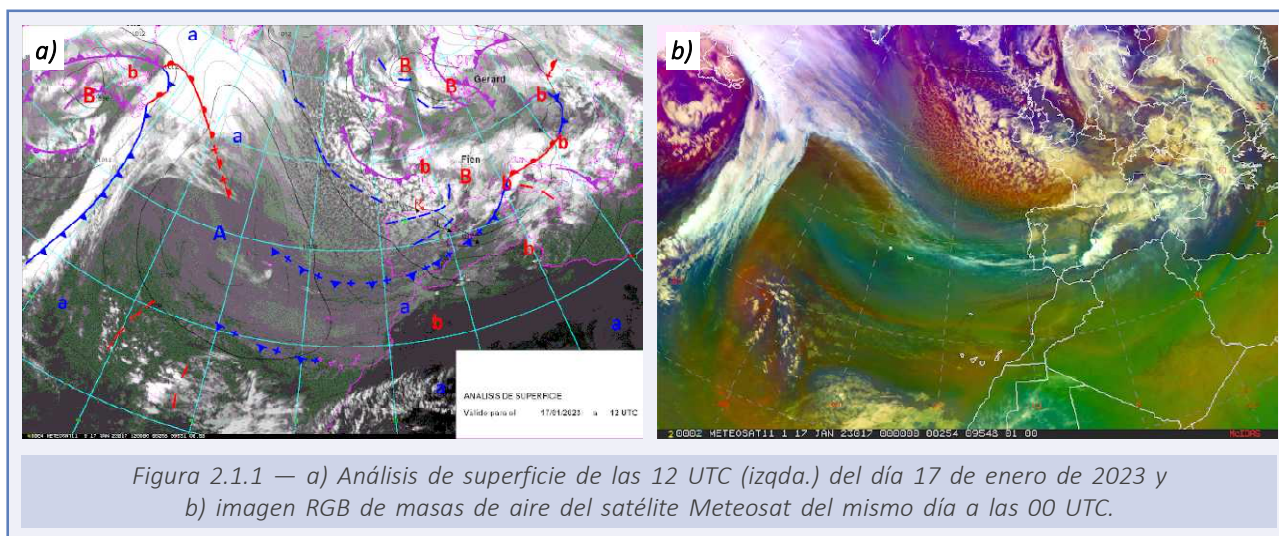
2. DESCRIPCIÓN MENSUAL DE LAS PRINCIPALES CONFIGURACIONES SINÓPTICAS

En este capítulo se presenta una descripción de las principales configuraciones sinópticas que marcaron el tiempo sensible de los diferentes meses del año 2023 en la Península, Baleares y Canarias.

2.1. ENERO

El año comenzó con el paso por la Península de un frente frío muy extenso asociado a una borrasca localizada sobre las islas británicas. El frente dejó precipitaciones generalizadas, excepto en la vertiente mediterránea, siendo más abundantes en los cuadrantes noroccidental y suroccidental de la Península. El extremo de este frente afectó también a las islas más occidentales del archipiélago canario, dejando precipitaciones muy importantes al este de Tenerife. Tras el paso del frente se impuso una situación anticiclónica y de estabilidad centrada sobre la Península. Esta situación dio lugar al desarrollo de nieblas en los principales valles fluviales del norte y del centro peninsular, así como a unas condiciones más frías, especialmente de las temperaturas mínimas, generalizándose las heladas por todo el interior peninsular los días 5 y 6. A partir del día 7, el paso de otra profunda borrasca sobre las islas británicas provocó el trasiego de diferentes sistemas frontales sobre la Península, en esta ocasión mucho más activos que los de días anteriores, dejando precipitaciones generalizadas muy abundantes, a excepción del sureste y litoral mediterráneo. La fuerte circulación del oeste por esta situación, la nubosidad y las precipitaciones hicieron que desaparecieran las heladas y las temperaturas mínimas se situaran en valores superiores a los habituales para la época.

Tras el paso de los frentes, el día 10 volvió la estabilidad a gran parte del territorio debido a la intensificación de una dorsal al oeste la Península. Esta dorsal presentaba una gran inclinación positiva, extendiéndose desde el Atlántico hacia el Mediterráneo occidental, quedando Baleares y toda la Península, excepto el noroeste, bajo condiciones anticiclónicas y con una débil circulación del noroeste. Las heladas volvieron de nuevo por el norte peninsular y en los siguientes días se extendieron a todo el interior este. A partir del día 14, comenzó a intensificarse la circulación del noroeste debido a la retirada del anticiclón hacia el interior del Atlántico y hacia latitudes mayores. Este hecho, junto a la formación el día 16 sobre las islas británicas de una gran borrasca nombrada como Fien, y otra sobre el mar Cantábrico llamada Gerard (figura 2.1.1), dieron lugar a una importante invasión de aire frío marítimo-polar. Los efectos de Fien tuvieron un mayor impacto en el norte peninsular, provocando un episodio invernal adverso, en cuanto al estado de la mar, viento y precipitaciones. Las nevadas fueron importantes y provocaron numerosos problemas en las provincias de Navarra y Huesca.



El día 20, la llegada de otra profunda depresión, Hannelore, en este caso localizada cerca del golfo de Génova, dio lugar a una nueva invasión de aire frío, en esta ocasión de origen continental, la cual apenas dejó precipitaciones destacables, pero sí un importante descenso de las temperaturas máximas y mínimas. Las heladas fueron generalizadas y de cierta intensidad por todo el interior. La situación de frío se intensificó incluso más la semana del 23, manteniéndose el resto del mes. El aumento de la circulación del norte en el Cantábrico, y del este en el levante peninsular, dio lugar a algunas nevadas, de poca consideración, pero singulares al presentarse en cotas bajas del orden de los 300 m de altitud. No obstante, sí destacaron algo más las nevadas sobre la sierra de la Tramontana (Mallorca) donde se produjeron acumulados superiores a los 10 cm de espesor a partir de los 600 m.

En cuanto a Canarias, en general dominó la estabilidad durante gran parte del mes, alternándose los patrones de alisio y monzónico. Este segundo caracterizado por la influencia del anticiclón africano sobre el archipiélago que da lugar a condiciones más cálidas y secas, así como a una circulación de vientos del este en los niveles más bajos. Así, la situación monzónica dominó durante la primera mitad del mes, interrumpida los días 2 y 3, y del 10 al 12 por la presencia de aire frío en altura que dejó precipitaciones en las islas más occidentales, destacando entre estas las observadas al este de la isla de Tenerife el día 2. Durante la segunda quincena del mes, la situación de alisio tuvo una mayor prevalencia, interrumpida entre los días 18 y 19, y los días 16 y 29, en los que se produjo una invasión de aire más frío en consonancia con la situación que afectaba a la Península.

2.2. FEBRERO

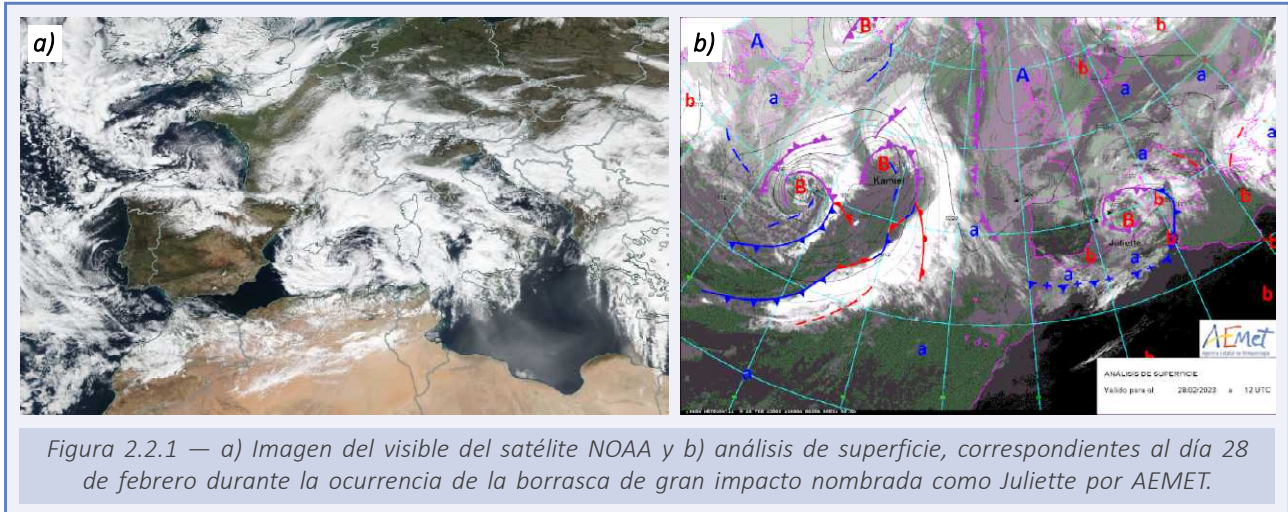
Durante los primeros días de febrero continuó el frío sobre todo el territorio español, manteniéndose las heladas de forma generalizada por toda la Península. El anticiclón en superficie, inicialmente centrado en el Atlántico, se fue acercando al oeste de las islas británicas, formando un patrón sinóptico conocido en la clasificación de Font como «anticiclón británico-escandinavo». La situación de superficie estuvo reforzada por la presencia de otro anticiclón en altura que dio lugar a una estructura de bloqueo de tipo omega con baja en altura localizada sobre el entorno de las Canarias, que dio lugar al desarrollo de la inestabilidad sobre las islas y que dejó algunas precipitaciones de poca consideración.

A partir del día 6 la estructura de bloqueo se desplazó hacia el este, centrándose el anticiclón sobre Centroeuropa lo que favoreció la circulación del este sobre la Península y Baleares, así como el aumento de las temperaturas mínimas por el Levante y mitad sur peninsular desapareciendo las heladas en todas estas zonas. A su vez, la región de bajas geopotenciales en altura se desplazó desde el entorno canario hacia la Península lo que dio lugar a un episodio de precipitaciones, entre los días 6 y 8, más importantes en Baleares, vertiente mediterránea y todo el litoral andaluz. Dentro de esta circulación del este y de bajos geopotenciales en altura se formó una pequeña baja en el entorno de Baleares, baja que fue nombrada como Isaack por sus efectos adversos sobre las islas. A partir del día 8, el desgaste del aire frío en altura sobre la Península dio lugar a una situación más estable, permaneciendo una situación anticiclónica muy intensa sobre Centroeuropa que imponía un régimen de estabilidad por toda Europa occidental y la Península. Por otro lado, la proximidad a Canarias de pequeñas borrascas localizadas al oeste del archipiélago mantuvo por allí unos días, entre el 9 y el 11, de gran inestabilidad y precipitaciones abundantes y generalizadas.

A partir de la segunda quincena del mes la situación sinóptica cambió, generándose una región anticiclónica centrada al oeste de Galicia que se extendió zonalmente por el sur de Europa, induciendo circulación del este sobre gran parte del territorio peninsular. A su vez, al sur del anticiclón, entre la Península y las Canarias, la presencia de una vaguada en altura y de una región de bajas presiones en superficie provocó precipitaciones generalizadas en las islas entre los días 16 y 17, en este caso menos abundantes que las de días anteriores. El día 20 la región anticiclónica se desplazó hacia el norte alcanzando la península escandinava, formándose además una amplia región de bajas presiones sobre el Atlántico. Este hecho favoreció el día 20 la formación de una borrasca atlántica frente a la Península, provocando una importante advección de humedad y de aire más cálido a nuestro territorio, especialmente por el centro y sur. Mientras tanto, el anticiclón escandinavo impulsaba una masa de aire mucho más fría que alcanzaba el norte peninsular. Con esta situación, se formó un sistema frontal muy activo entre los días 23 y 24 por el norte de la Península que dio lugar a precipitaciones generalizadas, que fueron en forma de nieve por encima de los 400 m en la mitad norte. En Canarias, durante todos estos días, se vivió una situación de invasión de aire frío desde latitudes muy altas que mantuvo unas temperaturas anormalmente bajas entre los días 22 y 24.

Los siguientes días, la intensificación del anticiclón británico-escandinavo favoreció la entrada de una masa de aire continental-polar sobre la Península y Baleares, desplegándose las temperaturas, especialmente las mínimas. A su vez, en el Mediterráneo occidental se configuró de nuevo una región de bajas presiones en altura que favoreció

el desarrollo el día 27 de una nueva borrasca de impacto sobre Baleares denominada Juliette (figura 2.2.1). Su influencia, dio lugar durante los días 27 y 28 a numerosos récords de precipitaciones acumuladas en 24 horas, así como a un episodio histórico de nevadas con acumulaciones estimadas superiores a los 50 cm a altitudes por encima de los 300 m.



2.3. MARZO

La situación de frío generalizado, provocada por un potente anticiclón localizado sobre Escandinavia y la presencia de bajas presiones sobre el Mediterráneo occidental, se mantuvo durante los primeros días de marzo, dando lugar a temperaturas muy bajas y predominio de cielos despejados en la Península. El patrón sinóptico cambió radicalmente a partir del día 6 cuando se impuso una intensa circulación zonal a latitudes bajas debido a la retirada del anticiclón escandinavo hacia latitudes muy altas (figura 2.3.1). La llegada de una masa de aire de características subtropicales a la Península provocó un ascenso significativo de las temperaturas y precipitaciones en gran parte de la Península, excepto en la vertiente mediterránea. Podría decirse que este nuevo patrón atmosférico (figura 2.3.1.a) dio paso al fin del invierno y a la llegada de la primavera meteorológica. Durante este episodio, las temperaturas máximas en el Levante fueron muy altas, rebasándose por primera vez en el año el umbral de los 30 °C.

La intensa circulación del oeste comenzó una retirada lenta hacia latitudes mayores a partir del día 10, extendiéndose el anticiclón subtropical atlántico por el centro y sur peninsular, lo que conllevó el aumento de la estabilidad y la desaparición de las precipitaciones. No obstante, la circulación del oeste y el trasiego de las colas de algunos frentes asociados a borrascas que transcurrían entre los 50 y 60° N continuaron afectando a la cornisa cantábrica hasta mediados de mes.

68

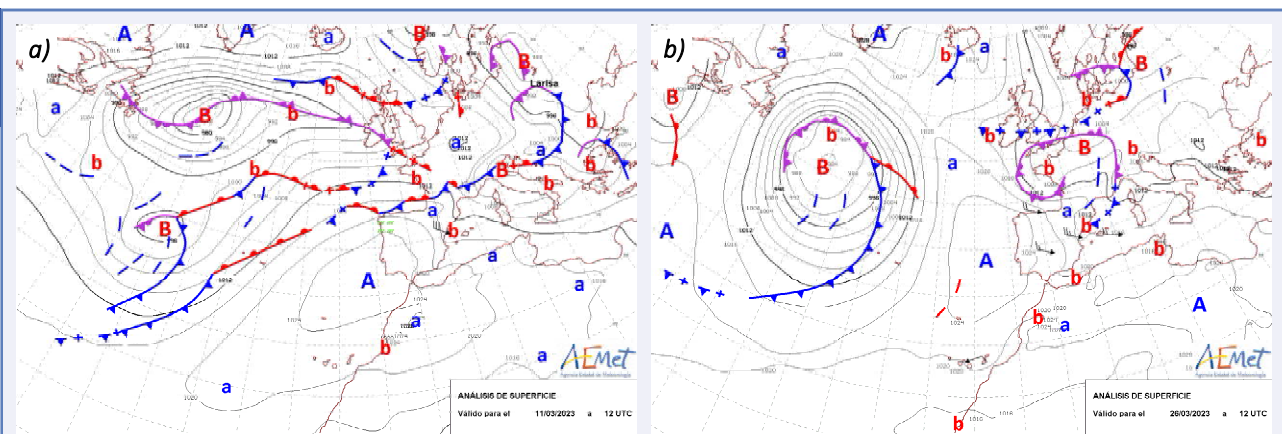


Figura 2.3.1 — Análisis de superficie de las 12 UTC de los días a) 11 y b) 26 de marzo. La figura a) representa el día en el que de algún modo marcó el fin del invierno dando paso a un período más cálido primaveral. Mientras, la figura b) representa el patrón que dio lugar al inicio de un período de altas temperaturas en Canarias.

En la segunda quincena del mes, el patrón sinóptico se mantuvo muy estacionario imponiéndose el anticiclón subtropical por toda la Península, a la vez que se mantenía una intensa circulación zonal a latitudes mayores. Con esta situación, prevalecieron condiciones secas y cálidas en toda la Península y Baleares, interrumpidas puntualmente durante algunos días en la cornisa cantábrica por el paso del extremo más meridional de algunos de los frentes asociados a borrascas que circulaban por latitudes mayores.

Respecto a la circulación dominante sobre Canarias, hasta el día 12 del mes dominó un anticiclón centrado sobre el archipiélago, lo que dio lugar a una gran estabilidad atmosférica, ausencia de precipitaciones y a vientos en general muy flojos. A partir del 12 se impuso la situación normal de alisio que se mantuvo casi hasta finales, dejando el tiempo típico de esta situación, vientos del noreste y temperaturas en valores normales. A partir del día 26 (figura 2.3.1.b), de nuevo un anticiclón se posicionó sobre Canarias, provocando una circulación del este que dio lugar a temperaturas muy altas, superando los 30 °C en muchas zonas y los 35 °C en medianías.

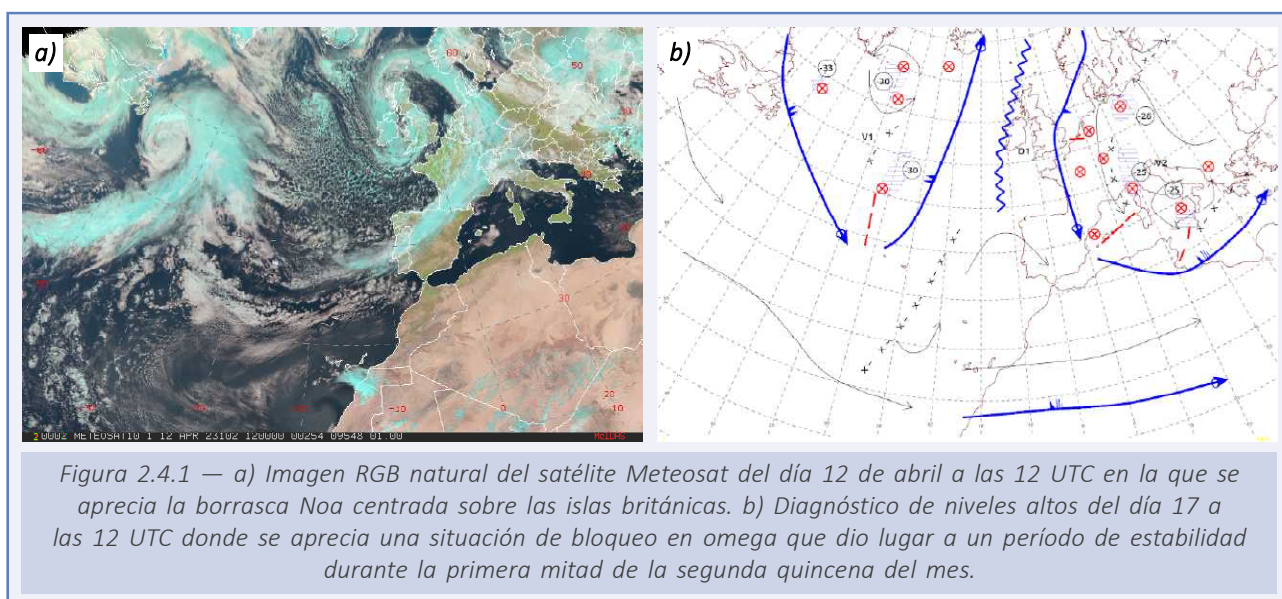
2.4. ABRIL

El dominio del anticiclón subtropical durante la segunda quincena de marzo se mantuvo también durante la primera quincena del mes de abril, coincidiendo la primera semana de abril con la celebración de la Semana Santa. Durante estos días, el anticiclón se desplazó algo más hacia el norte que en días anteriores, favoreciendo el desarrollo de una región de bajas presiones relativas hacia el suroeste peninsular. Bajo este marco sinóptico, la Semana Santa transcurrió con ambiente estable y temperaturas máximas por encima de los valores normales para la época. Por contra, las mínimas presentaron valores fríos, produciéndose heladas en amplias zonas de la meseta norte y también de los principales sistemas montañosos.

Durante la segunda semana el anticiclón regresó nuevamente hacia una posición algo más meridional en el Atlántico, lo que permitió que sobre la Península se asentara una masa de aire más estable y cálida que elevó las temperaturas, tanto las mínimas como las máximas. A partir del 12 el anticiclón comenzó un desplazamiento lento hacia latitudes más altas, provocando un fuerte gradiente bórico entre la región atlántica al noroeste de la Península y las islas británicas y Escandinavia. Durante este período, el paso de una profunda borrasca en las inmediaciones de las islas británicas, Noa, permitió la irrupción sobre la Península de una masa de aire más fría que provocó un importante cambio del tiempo y el regreso de las precipitaciones al cuadrante noroccidental y cornisa cantábrica.

Tras unos días de transición del anticiclón hacia el norte, la segunda quincena comenzó con el anticiclón centrado sobre las islas británicas y Escandinavia, extendiéndose por gran parte de Europa occidental. Se configuró una situación de bloqueo en omega sobre nuestro entorno formada por una amplia dorsal que se extendía desde el Atlántico, al noroeste de nuestra Península hasta Escandinavia, flanqueada a ambos lados por dos amplias vaguadas, una sobre el Mediterráneo y otra aguas arriba en el Atlántico (figura 2.4.1.b). A partir del día 21, el debilitamiento de la dorsal en altura permitió la aproximación de la vaguada hacia la Península provocando la ciclogénesis de una borrasca atlántica cuyo frente asociado atravesó de oeste a este la Península volviendo las precipitaciones a las regiones de mayor influencia atlántica.

70



La situación de borrasca atlántica duró apenas dos días, pues a partir del 24 y hasta el 29, se instaló un nuevo patrón configurado por un extenso anticiclón atlántico que se extendía hacia la parte occidental del continente europeo, así como una situación de altura definida por la presencia de una dorsal, no muy marcada sobre la Península, pero que favorecía una circulación de suroeste en altura. Este patrón provocó que sobre la Península se instalara una masa de aire continental (de origen africano) subtropical que elevó las temperaturas a valores muy por encima de los normales para la época, superándose por primera vez durante esta primavera la barrera de los 35 °C en amplias regiones de los valles del suroeste e interior sur los días 26, 27 y 28, y en el Levante el día 29. Por otro lado, las temperaturas mínimas fueron también muy destacadas, rozándose el umbral de noche tropical en zonas de Andalucía y de los valles del Segura y del Vinalopó. Esta invasión de aire cálido de origen africano resultó ser la más temprana desde 1945 e hizo, junto con el resto de las situaciones que dominaron a lo largo del mes, que fuera el abril más seco de la serie histórica, sin un solo día de lluvia en muchas regiones, especialmente en las regiones del Levante peninsular.

En cuanto a Canarias, el calor de finales de marzo finalizó a primeros de mes debido a la irrupción de un embolsamiento frío en altura sobre el archipiélago que dio lugar a precipitaciones generalizadas, entre ligeras y moderadas, durante los días 4 y 8. Tras este período de precipitaciones y temperaturas algo más frescas, regresó el alisio, aunque con el anticiclón algo alejado y centrado en las inmediaciones de las Azores. Esto hacía que las Canarias quedaran en el flanco suroriental del anticiclón, donde prevalecían bajas presiones relativas. De este modo la situación dio paso a un nuevo episodio de altas temperaturas, especialmente en medianías donde dominaba la circulación del este. En la segunda quincena del mes el anticiclón volvió a acercarse más hacia las Canarias. Durante toda esta quincena se produjo la alternancia entre un régimen de escaso gradiente bórico, cuando el anticiclón se centraba sobre el archipiélago, y un régimen de alisio cuando se retiraba hacia el interior del Atlántico, dejando en general ambiente muy estable y escasas precipitaciones.

2.5. MAYO

El calor de finales de abril se suavizó en los primeros días de mayo cuando se volvió a una situación atmosférica más habitual para la época del año. Así, durante los primeros diez días del mes el anticiclón subtropical atlántico, localizado en el entorno de las Azores, mantuvo un claro dominio sobre la Península y Baleares. Su control sobre el territorio se interrumpió algunos días por la cola de los frentes asociados a borrascas localizadas a latitudes altas que dejaron precipitaciones en la cornisa cantábrica y permitieron también la entrada de aire algo más frío, favoreciendo así el desarrollo de tormentas, en general de carácter aislado, en las regiones del este peninsular.

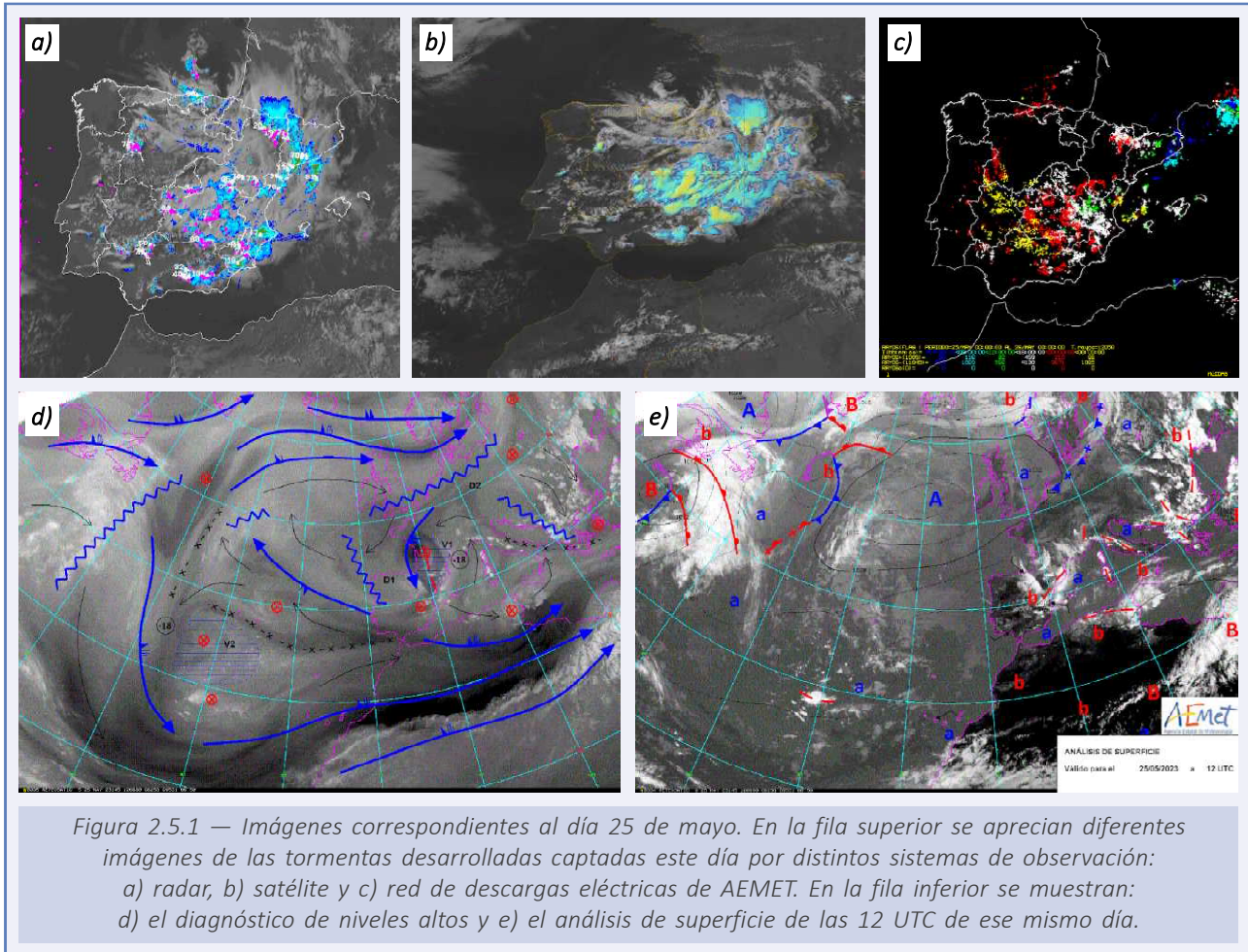
A partir del día 12 el centro del anticiclón comenzó a desplazarse a una latitud mayor, hacia los 50° N, situándose al suroeste de Irlanda, mientras tanto, una región de bajas presiones relativas se localizaba hacia el este y sureste peninsular. La situación en los niveles altos reforzaba los campos de presión en superficie, dibujándose en los mapas de altura una circulación muy ondulada en el entorno peninsular, con una potente dorsal en el Atlántico y una vaguada que abarcaba el Mediterráneo occidental, incluyendo a la mitad este peninsular y a Baleares. Con esta situación las tormentas se generalizaron por la vertiente mediterránea entre los días 12 y 13, cesando el día 14 conforme el aire frío de la vaguada se retiraba hacia el este del Mediterráneo.

A partir del 15 comenzó a producirse el descuelgue de una nueva vaguada en los niveles altos hacia la Península, empezando así un nuevo período de inestabilidad. El día 18 la vaguada se había descolgado hacia la zona del golfo de Cádiz donde se formó una borrasca que dio lugar a importantes precipitaciones en el sur y en el Levante. El resto del mes de mayo continuó muy inestable por el este peninsular al extenderse la vaguada en sentido retrógrado por el Atlántico, mientras que las altas presiones se situaban a mayor latitud, en el entorno de los 50° N. La situación, típica de bloqueo rex, dejaba a gran parte de la Península bajo el aire frío de la vaguada, a la vez que el anticiclón forzaba una circulación del este muy marcada (figura 2.5.1). Con este patrón, las tormentas que se desarrollaban con intensidad a partir del calentamiento diurno se prodigaron por gran parte del territorio.

Algunas de ellas fueron muy intensas, especialmente durante la semana del 22 al 28. Así, destacaron los registros de acumulados en algunas localidades como Ontinyent (Valencia), donde el día 22 se observaron 127,4 mm en tan solo una hora. También se registraron cantidades muy altas en Beniarrés, Agres y en Muro de Alcoy. Por otro lado, el día 22 hubo más de 40 incidencias por anegaciones de carreteras y viviendas en Almería. También, en la Región de Murcia hubo numerosos problemas por las precipitaciones, produciéndose muchos de ellos en Mazarrón, Lorca y en la comarca del Campo de Cartagena donde se produjo incluso el rescate de personas que quedaron atrapadas en el interior de sus vehículos por la crecida de ramblas.

Las tormentas continuaron hasta el final de mes, dejando un mes de mayo en la Península y Baleares muy diferente a como fue el de abril, con abundantes precipitaciones y temperaturas en general más frescas de lo habitual, especialmente por el sur y este peninsular.

En Canarias el mes de mayo continuó con la misma situación con la que había acabado abril, con un claro dominio del alisio, que se mantuvo muy estacionario durante toda la primera quincena. El día 18 se produjo un importante cambio del tiempo cuando el



efecto de la borrasca formada en el golfo de Cádiz, y la posterior llegada del aire frío en altura, asociado a la extensa vaguada que se extendía desde la Península hacia el Atlántico, comenzó a sentirse también en el archipiélago. Así, a partir de este día comenzó un descenso de las temperaturas que mantendría hasta final de mes valores por debajo de los normales para la época. A diferencia de lo que sucedió en la Península y Baleares, las precipitaciones fueron en general escasas y se restringieron a las islas más occidentales.

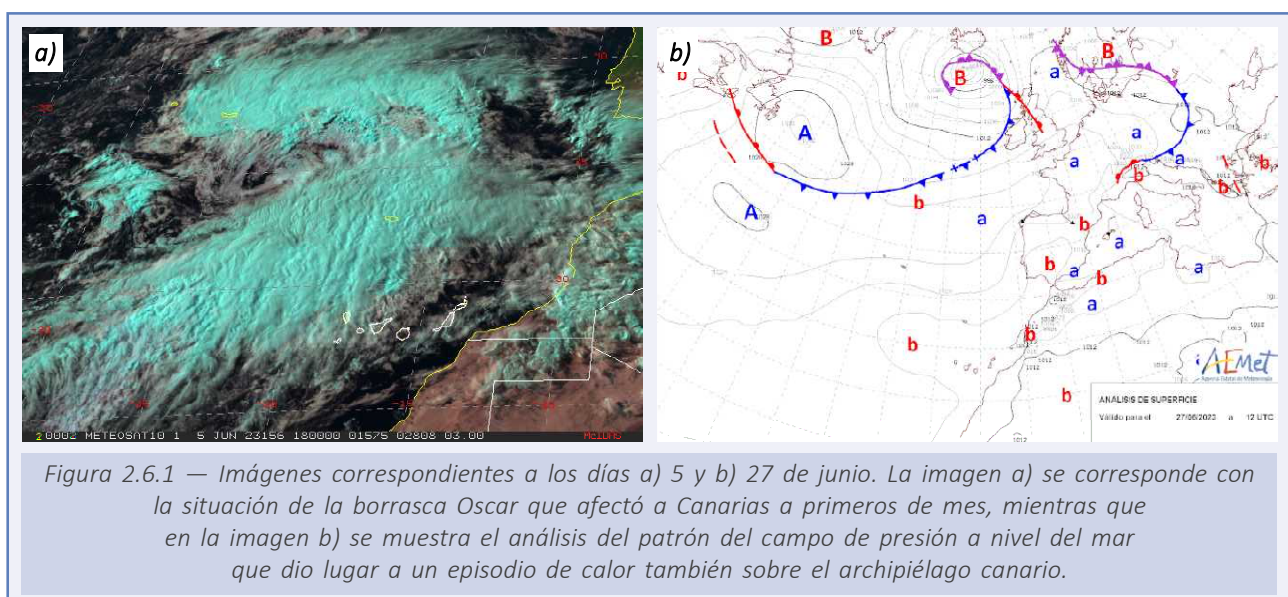
2.6. JUNIO

Durante los primeros días de junio se mantuvo el patrón atlántico-europeo de bloqueo escandinavo, manteniéndose en los niveles altos una extensa vaguada que cubría una gran área desde el Atlántico hasta el Mediterráneo, pasando por nuestro territorio peninsular y Baleares. Con esta situación, la génesis de borrascas en el Atlántico se desplazó a latitudes más bajas de lo habitual, produciéndose el día 5 la formación al sur de las Azores y al noroeste de Canarias de una importante borrasca a la que se nombró Oscar (figura 2.6.1.a). La borrasca dominó el tiempo en las Canarias entre los días 6 y 8, cuando se produjeron precipitaciones importantes en las islas de la mitad occidental. La aproximación de la borrasca a la Península, la cual se desplazó desde el entorno de Canarias hacia las inmediaciones de la Península hasta acabar al noroeste de Galicia el día 9, provocó lluvias prácticamente generalizadas por todo el territorio, aunque mucho más abundantes en las regiones de la fachada atlántica.

Tras este episodio de lluvias generalizadas y a consecuencia del mantenimiento del patrón de bloqueo escandinavo, volvieron las tormentas al entorno peninsular. La situación de pantano barométrico en la Península y la circulación en altura de suroeste, con predominio de las brisas en superficie, eran ingredientes favorables al desarrollo de tormentas de notable intensidad, que se prodigaron entre los días 11 y 18 por el norte y este. Mientras tanto, en Canarias, durante este período, la situación atmosférica se mantuvo muy estable con claro dominio anticiclónico, pero sin apenas gradiente de presión sobre el archipiélago. Este hecho favoreció el desarrollo de brisas y de nubosidad de evolución, sin apenas precipitaciones, excepto el día 12 cuando hubo algunos chubascos más significativos al norte de las islas más montañosas.

La situación continuó parecida entre los días 19 y 22, con tormentas que seguían produciéndose más por el cuadrante nororiental peninsular. El día 23 el aire frío se retiró hacia el Mediterráneo central y comenzó a dominar la circulación el anticiclón subtropical, que se extendía desde el Atlántico por toda la Península y Europa occidental. Mientras tanto, la situación en altura estaba gobernada por una potente dorsal localizada sobre nuestro país que permitía un flujo débil de componente W-SW sobre la Península. Con

74



esta situación, que se mantuvo estacionaria entre el 23 y el 28, llegó la primera ola de calor del verano teniendo su culmen entre los días 25 y 27. Las temperaturas más altas superaron los 40 °C en prácticamente todo el valle del Guadalquivir y en amplias áreas del suroeste peninsular, siendo la máxima registrada de 44.4 °C en El Granado (Huelva). A la par que en la Península, el calor extremo alcanzó también las Canarias entre los días 26 y 29. En el caso de las islas este calor fue el resultado de la existencia de circulación de sureste debido a la posición de una región de bajas presiones relativas que se situaba sobre las Canarias y de las altas presiones localizadas sobre el norte del continente africano (figura 2.6.1.b), aspecto que favoreció la circulación de esta dirección, y por tanto la advección de una masa de aire continental-tropical.

El episodio de calor en la Península acabó el día 29 cuando el anticiclón se retiró aguas adentro en el Atlántico y se desplazó a una latitud más septentrional, permitiendo el cambio a una masa de aire de origen subtropical-marítima que suavizó considerablemente las temperaturas. A su vez, este mismo día, el paso de la cola de un frente asociado a una borrasca que circulaba por el mar del Norte, generó una intensa actividad tormentosa sobre el cuadrante nororiental. Así, destacaron los casi 80 mm observados en Manresa, 45 de ellos en tan solo 1 hora, hecho que provocó numerosos daños materiales.

2.7. JULIO

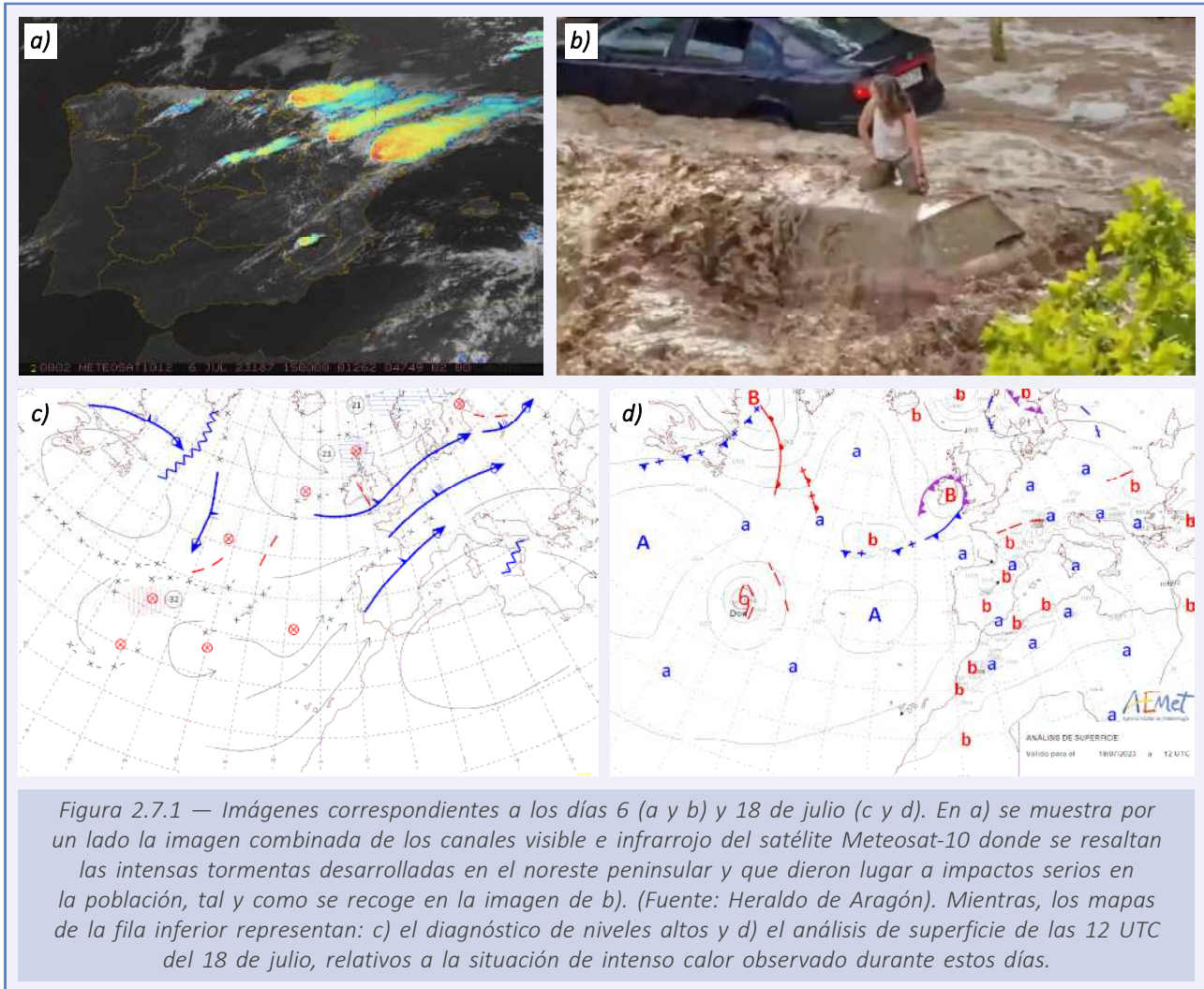
Julio comenzó con el anticiclón atlántico algo retirado al oeste de las Azores y dominio de las bajas presiones relativas de origen térmico sobre la Península, dominio de brisas y algunas tormentas aisladas de ciclo diurno en puntos del interior este peninsular. En Canarias, tras el intenso calor de finales de junio se impuso desde el 1 de julio un régimen de alisio que duraría hasta el día 11, manteniendo un ambiente estable y temperaturas en valores normales para la época.

A partir del día 6, la situación en la Península comenzó a cambiar configurándose una circulación de suroeste en niveles altos, pero todavía con la existencia de bajas presiones relativas por el noreste peninsular que contribuían al desarrollo de tormentas que fueron muy intensas los días 6 y 7 en Aragón. Las tormentas presentaron una fuerte organización a consecuencia de la existencia de cizalladura que organizaba su desarrollo, originándose primero en el bajo Aragón y trasladándose posteriormente hacia el noreste con el flujo rector de los niveles altos (figuras 2.7.1.a y 2.7.1.b). Una de estas tormentas, de característica supercelular, provocó el día 6 numerosos impactos en la ciudad de Zaragoza. Uno de ellos fue la crecida repentina de ramblas, como la conocida «barranco de la muerte», que puso en serio peligro la vida de numerosas personas que quedaron atrapadas dentro de sus coches. Las tormentas del día 7 también resultaron muy intensas dejando pedrisco de tamaño entre 3 y 5 cm de diámetro.

A partir del día 9 se configuró un nuevo patrón que dio lugar a un período de gran estabilidad atmosférica. Este estaba definido por una dorsal en altura con eje sobre la Península y altas presiones en superficie que se extendían por el Atlántico hacia toda Europa occidental. La gran estabilidad y ausencia de nubosidad y de viento en niveles bajos, provocaron una situación de altas temperaturas que dio lugar entre los días 9 y 12 de julio a la segunda ola de calor del verano. A la par que en la Península, en Canarias se produjo de nuevo entre los días 10 y 14 un nuevo episodio de altas temperaturas que se aproximaron en zonas de medianías hasta casi los 45 °C. Este episodio estuvo de nuevo motivado por la invasión de aire africano sobre el archipiélago.

En la Península, tras la ola de calor, las temperaturas continuaron muy altas por el este y sur peninsular, repuntando de nuevo el calor por gran parte del territorio a partir del día 17. En este caso, la situación en altura estaba marcada por una vaguada en el Atlántico y una dorsal sobre el Mediterráneo central. En superficie, las bajas presiones relativas de origen térmico dominaban la Península mientras un anticiclón localizado bajo la dorsal en altura (figuras 2.7.1.c y 2.7.1.d) indujo la advección de la masa de aire continental africana sobre nuestro país, comenzando así la tercera ola de calor del verano 2023. En esta ocasión, las altas temperaturas, que en unos cuantos sitios se acercaron a los 45 °C, afectaron también a zonas menos habituadas a estos valores, como los más de 45 °C registrados en la provincia de Girona el día 18. El calor remitió el día 21 con el paso de una pequeña vaguada de onda corta por el norte peninsular, y por el debilitamiento y retirada hacia el este del sistema vaguada-dorsal, modificando así la posición de la región de altas presiones en el Mediterráneo central causante de la invasión de aire africano. Durante todo este tiempo, Canarias se encontraba al margen del calor bajo el dominio del alisio.

A partir del día 21 prevaleció la circulación del oeste sobre la Península lo que elevó las temperaturas en la mitad este, Baleares y en gran parte de Andalucía oriental, debilitándose esta situación el día 25. El jueves 27 se produjeron tormentas muy intensas en



el cuadrante nororiental, especialmente sobre algunas comarcas de Huesca donde hubo inundaciones repentinas en algunas localidades, así como caída de árboles y granizo de diámetro del orden de 7 cm. Estas tormentas estuvieron provocadas por el paso de una vaguada de onda corta.

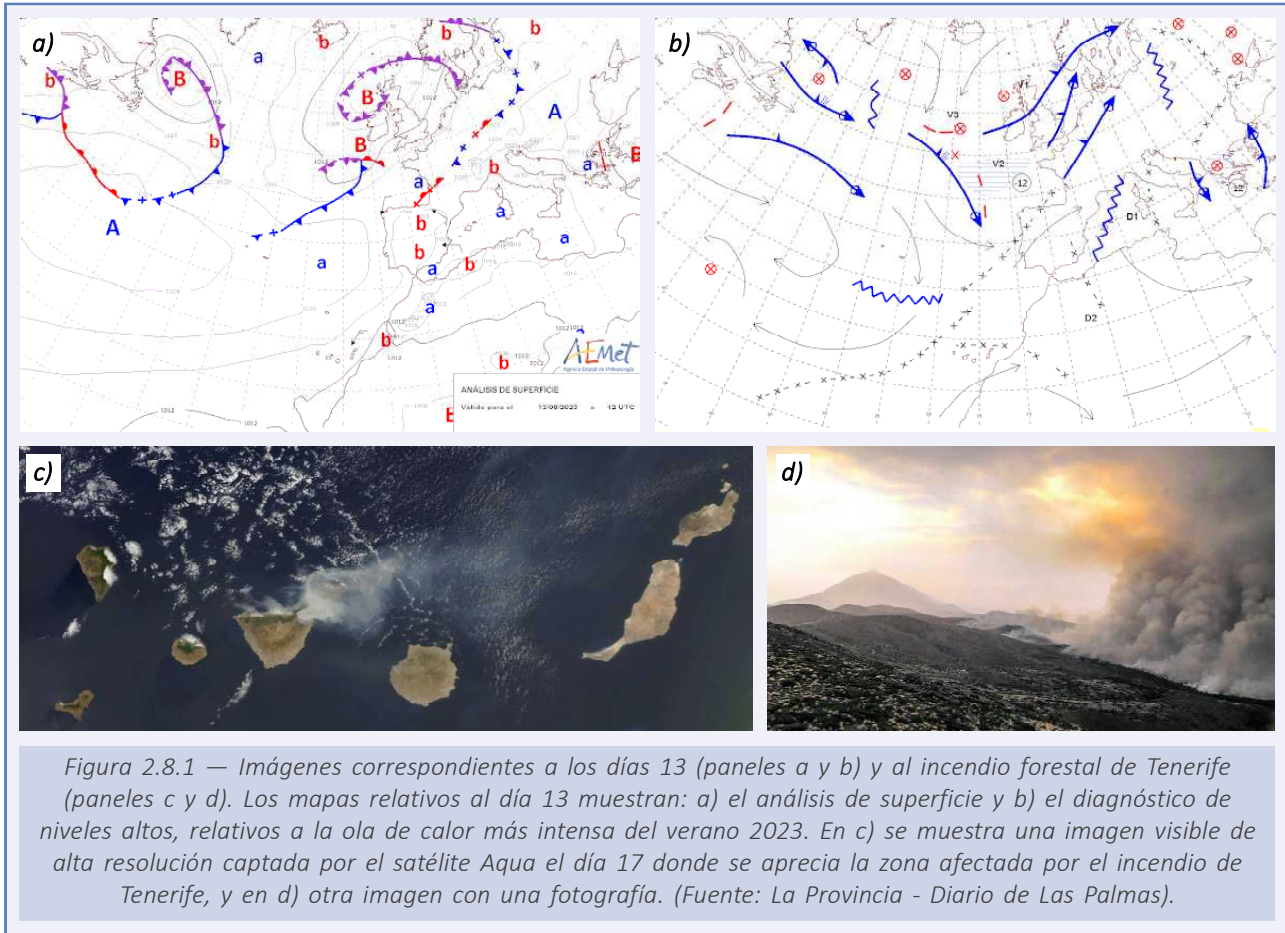
Julio finalizaba con el anticiclón subtropical acercándose de nuevo a la Península, con existencia a latitudes altas de circulación en altura relativamente intensa para la época, pero en general con muy poca influencia sobre la península ibérica. En superficie, las bajas relativas comenzaban a centrarse hacia el suroeste peninsular donde los dos últimos días del mes repuntaron algo las temperaturas. Mientras tanto, Canarias continuaba gobernada por el alisio, dentro del flanco suroriental del anticiclón subtropical.

2.8. AGOSTO

Durante los primeros días de agosto continuó el dominio del anticiclón subtropical y de las bajas relativas por el interior peninsular, sin muchas variaciones en las temperaturas. Lo más destacable de esta semana fue el nombramiento de una borrasca a la que se le denominó Patricia y que se centró sobre las islas británicas. Sus efectos más importantes en nuestro país fueron por mal estado de la mar en el Cantábrico. Cabe señalar que Patricia fue la borrasca nombrada más tardía en una temporada desde que empezó el nombramiento de borrascas en la temporada 2017-2018 y que cubre el período de octubre a septiembre.

Tras una primera semana típica de verano, el calor volvió a acentuarse por toda la Península entre los días 7 y 12 del mes. De nuevo, la invasión de una masa de aire africana fue la causante de estas temperaturas, junto a la ausencia de nubosidad debido a la subsidencia en los niveles altos que imponía una potente dorsal situada sobre la Península, y el escaso viento en superficie fruto del dominio de una situación de pantano barométrico en los niveles más bajos (figuras 2.8.1.a y 2.8.1.b). Todos estos factores hicieron que las temperaturas repuntaran a valores muy inusuales. Así, las máximas llegaron a superar los 40 °C en amplias zonas del sur, centro, Levante e incluso del Cantábrico oriental, sobrepasando puntualmente los 45 °C. Las temperaturas mínimas también fueron muy altas, rebasándose los 20 °C en amplias regiones de la Península y los 25 °C en zonas bajas de costa y valles del interior. De igual modo, el archipiélago canario, que desde mediados de julio se encontraba bajo una situación normal de alisio, desde el día 10 comenzó a sufrir otro episodio de altas temperaturas provocado también por la invasión de la masa de aire del interior norte del continente africano. Así, y hasta el día 15, en Canarias se vivió un intenso episodio que elevó las temperaturas por encima de los 40 °C en zonas de medianías, e incluso por encima de los 46 °C de manera puntual en las islas de Tenerife y Gran Canaria. Tras este episodio de intenso calor en Canarias se desató a últimas horas del día 15 el incendio forestal más grave que ha vivido el archipiélago en sus últimos 40 años (figuras 2.8.1.c y 2.8.1.d). Este se inició en la población de Arafo, en Tenerife. Como dato interesante, en el incendio se quemaron cerca de 15 000 ha, se extendió a lo largo de un perímetro de 90 km y tardó casi un mes en ser controlado técnicamente.

Aunque el calor remitió algo en la Península, entre los días 15 y 18 las temperaturas siguieron en valores muy altos, favorecidas todavía por la escasa circulación de vientos en superficie y la ausencia de precipitaciones. Sin apenas tregua, el día 18 las temperaturas comenzaron a escalar otra vez repitiéndose el patrón de dorsal en altura con circulación de suroeste sobre la Península, típico de estas situaciones de calor. En este caso las máximas superaron de nuevo en amplias zonas de la Península los 40 °C, aunque los picos más intensos esta vez no rebasaron los 45 °C. De nuevo, en el norte y regiones interiores del cantábrico oriental, las temperaturas fueron otra vez muy anómalas. El día 25, el cambio de la masa de aire africana por una más fresca del atlántico, provocado por el paso de un sistema frontal que barrió la Península de este a oeste, conllevó un acusado descenso de las temperaturas en prácticamente toda la Península y Baleares, descenso que fue muy ligero en el extremo suroccidental donde se mantuvieron temperaturas muy elevadas hasta final de mes. Tras el paso del frente, se profundizó un sistema de bajas presiones sobre el Mediterráneo occidental que provocó un aumento significativo de la inestabilidad atmosférica y desencadenó tormentas



sobre la mitad este peninsular el día 26 y sobre Baleares el 27, donde fueron puntualmente muy intensas.

Respecto a la situación en Canarias, desde el incendio forestal iniciado el día 15, se mantuvo una situación de alisio durante una semana, descendiendo las temperaturas. No obstante, al igual que en la Península, una nueva invasión de aire sahariano provocó otro episodio de calor en las islas entre el 21 y el 25, recuperándose de nuevo el régimen de alisio hasta final de mes.

Como resumen de este mes tan caluroso, es interesante destacar la repetitividad semanal que tuvieron las estructuras sinópticas, alternándose semanas de intenso calor con otras semanas también calurosas, aunque de menor intensidad. La gran amplitud de las ondas observadas en los niveles altos, estructura vaguada-dorsal sobre el Atlántico y Europa occidental, desarrollaba grandes estructuras cuasiestacionarias que afectaban prácticamente de forma sincronizada a la Península y a las Canarias.

2.9. SEPTIEMBRE

Septiembre se inició con una situación muy distinta a la del mes anterior. Desde el día 1 comenzó a descolgarse en el Atlántico, frente a la Península, una vaguada en altura que terminó estrangulándose en dana el día 2, desarrollando a su vez un sistema de bajas presiones hacia el suroeste peninsular. Esta situación, catalogada en la clasificación de Font como «depresión fría peninsular de verano» provocó una gran inestabilidad, que fue generalizada el día 2 por toda la Península y por el extremo más occidental de las Baleares, produciéndose este día las tormentas más severas sobre Navarra. En cambio, el día 3, el desplazamiento de la dana hacia el suroeste y el aumento de la humedad y la convergencia de vientos sobre la zona centro peninsular, hizo que las tormentas más intensas se localizasen precisamente sobre esta región (figura 2.9.1), siendo las comunidades de Andalucía, Castilla-La Mancha, Madrid y Castilla y León las más afectadas. Este mismo día se formó una región de bajas presiones al suroeste del golfo de Cádiz que también afectó a Canarias, dejando por allí algunas precipitaciones, en general débiles. A partir del día 4, la dana comenzó a debilitarse y a desplazarse de forma retrógrada hacia el noroeste, desplazando el día 4 la inestabilidad a zonas del norte, principalmente del interior oriental de Castilla y León. Finalmente, el día 5, la dana terminó desapareciendo en el seno de una amplia vaguada localizada al noroeste de la Península. Las intensidades y los grandes acumulados de precipitación registrados a lo largo de todo este episodio provocaron numerosos impactos. Algunos de los más destacados fueron los observados en la red de carreteras por la rotura de puentes y crecidas de ríos (figura 2.9.1), así como otros relacionados con desperfectos en el mobiliario urbano y en viviendas. No obstante, los más lamentables fueron aquellos que afectaron a la seguridad de las personas, como sucedió en el municipio de Villamanta (Madrid) donde muchas personas tuvieron que ser evacuadas de sus viviendas por quedar estas anegadas. Sin embargo, el impacto más trágico fue el de las seis personas que perdieron desgraciadamente su vida en las provincias de Huesca, Toledo y Madrid.

Tras la dana se configuró una situación de bloqueo en altura conocida como situación en omega definida por una amplia vaguada sobre el Atlántico, una dorsal sobre el Mediterráneo occidental con eje desde Túnez hasta Escandinavia y otra amplia vaguada sobre el Mediterráneo central y oriental. De este modo, la Península quedaba corriente abajo de la vaguada atlántica y con predominio de la circulación del sur en los niveles altos. Con el paso de los días, todo el sistema fue desplazándose lentamente hacia el este produciéndose el acercamiento de la vaguada hacia la Península lo que hizo que el aire frío fuera invadiendo los niveles altos de la atmósfera. Este factor junto a la cizalladura existente por el aumento de la intensidad de la circulación del sur, provocó que las tormentas volvieran a hacerse presentes y se generalizasen a partir del día 8 por el norte peninsular y en los sucesivos días fueran extendiéndose a gran parte de la vertiente este peninsular. Así, la semana del 11 al 17 se destacó por las intensas tormentas registradas en muchas zonas, siendo especialmente intensas el lunes 11 en el País Vasco y el 13 en los Pirineos, sistema Central y cuadrante sureste. Además, hay que destacar las tormentas que se desarrollaron en la provincia de Valencia a primera hora de la mañana del jueves 14, donde en localidades como Albalat de la Ribera, Algemesí, Polinyà y Sueca se acumularon entre las 4 y las 6 de la mañana cantidades de precipitación entre 150 y 200 mm.

Durante la semana del 18 al 24 la Península y Baleares se vieron afectadas por el paso de sucesivas vaguadas y dorsales de longitud de onda corta que cruzaban nuestro

territorio de oeste a este, siendo todo el sistema mucho más dinámico que el de semanas anteriores. En esta ocasión, la inestabilidad asociada al paso de estas ondas no fue tan intensa por lo que las precipitaciones fueron mucho menos abundantes. Así, durante esta semana hubo alternancia de días lluviosos con días secos, siendo las precipitaciones más generalizadas por la vertiente atlántica, y más aisladas y de carácter tormentoso en la mediterránea.

A partir del día 26 y hasta final de mes, se configuró una nueva situación de temperaturas anormalmente altas para la época. Este episodio afectó más intensamente al cuadrante suroccidental y, en menor extensión, al valle del Ebro y al centro peninsular. Al igual que en los meses de julio y agosto, la situación se produjo por la confluencia de factores, siendo el principal de ellos la fuerte estabilidad presente impuesta por una gran dorsal de bloqueo que se extendía desde el sur de la península ibérica hasta la península escandinava. Mientras tanto, en los niveles más bajos la circulación era muy débil, predominando el viento del sur impuesto por las altas presiones que se extendían desde el Atlántico subtropical hacia el interior de Europa. De este modo, el mes acabó con temperaturas entre los 35 y 40 °C en Andalucía occidental y Extremadura.

En relación a Canarias, la primera quincena fue en general tranquila, con dominio anticiclónico y escaso gradiente de presión que dejó en general brisas y ambiente estable. No obstante, durante algunos días, esta situación se vio interrumpida por el paso de la cola de algunos frentes asociados a la borrasca que afectaban más de lleno a la Península, como sucedió el día 3 y luego en el período entre el 14 y el 17. En cuanto a la segunda quincena, no se produjeron apenas precipitaciones. Durante gran parte del período dominó el régimen de alisio, finalizando el mes con un nuevo episodio de calor, al igual que en la Península, provocado por la invasión de una masa de aire de origen sahariano.

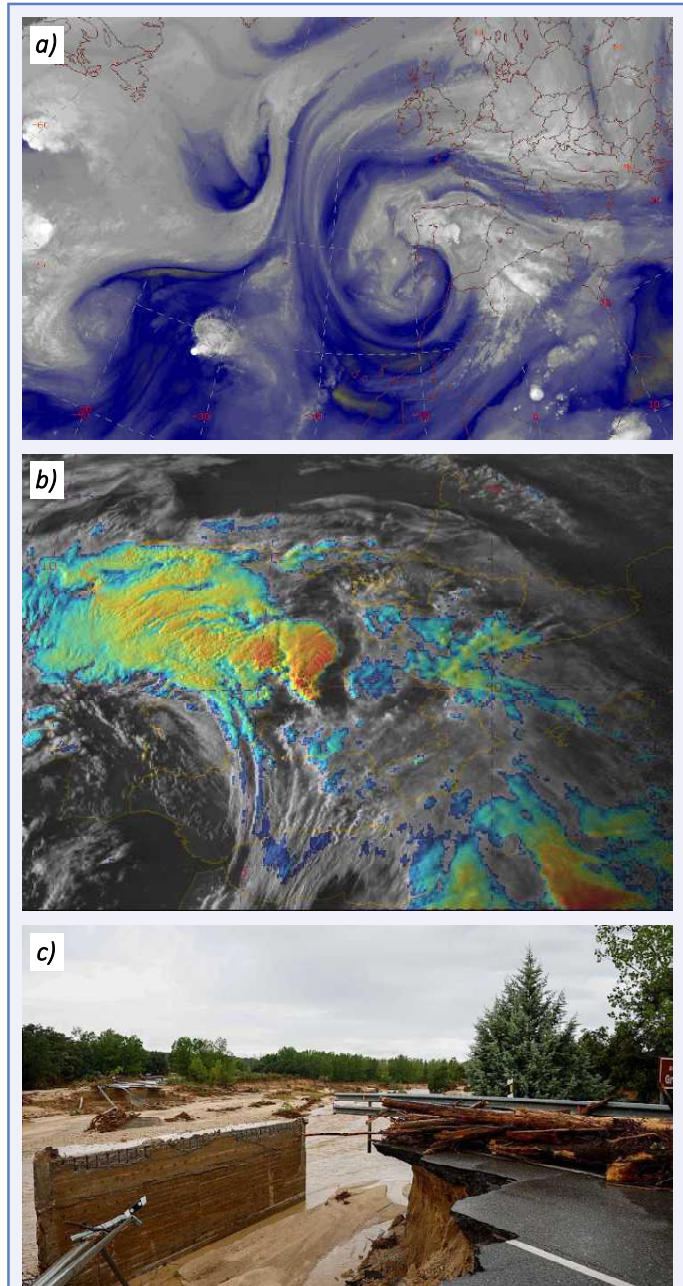


Figura 2.9.1 — En a) y b) se muestran dos imágenes de las 18 UTC tomadas por el satélite Meteosat el domingo 3 de septiembre de 2023. La imagen a) se corresponde con el canal realzado de vapor de agua y en ella se observa la circulación cerrada de una dana con centro hacia el suroeste del cabo de San Vicente (Portugal). La imagen b) es una combinación de los canales infrarrojo y visible realzada en escala de color para destacar la convección. En ella se observa una estructura de tormenta en forma de coma que se desplazaba desde la provincia de Toledo hacia el suroeste de la comunidad de Madrid. La imagen c) muestra el derribo del puente en la localidad de Aldea del Fresno en la Comunidad de Madrid debido a la importante crecida del río Alberche. (Fuente: EFE).

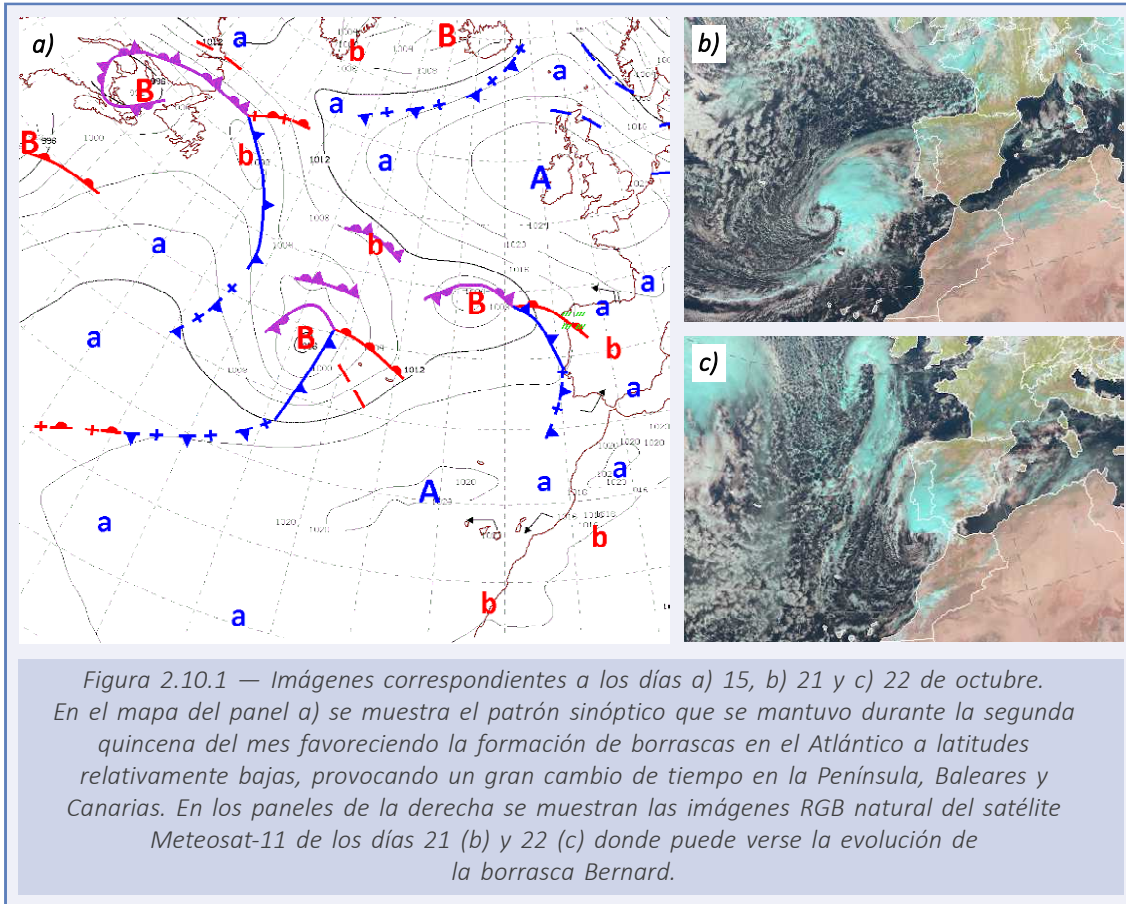
2.10. OCTUBRE

El mes de octubre comenzó como había finalizado septiembre, con dominio anticiclónico tanto en la Península como en los dos archipiélagos. Durante la primera semana un amplio anticiclón que se extendía por gran parte del Atlántico oriental y Europa occidental dominaba el patrón sinóptico, mientras que en altura la circulación del sur a la salida de una amplia vaguada con eje localizado sobre el Atlántico central favorecía la entrada de una masa de aire subtropical a los niveles medio-altos de la atmósfera. Durante la segunda semana el anticiclón en superficie se fue trasladando hacia el interior de Europa, localizando su centro sobre Centroeuropa, lo que aumentó la circulación del sur en los niveles más bajos, intensificando incluso más la circulación del este sobre las Canarias. Todo esto contribuyó a que esta quincena fuera anómala en cuanto a temperaturas tanto en Península como en Canarias, y en cuanto a precipitaciones, casi ausentes de la Península durante los primeros trece días del mes.

A finales de la primera quincena, la influencia de borrascas localizadas sobre el Atlántico comenzó a afectar al tercio noroccidental de la Península, iniciándose así un cambio importante de tiempo, provocado fundamentalmente por el desplazamiento hacia latitudes más bajas del frente polar. A su vez, un potente anticiclón de bloqueo se localizaba en el entorno de las islas británicas y se extendía zonalmente por el norte de Europa y del Atlántico Norte (figura 2.10.1.a). Esto dio lugar a la formación de borrascas de origen atlántico en latitudes más bajas de lo habitual, entre los 35 y 45° N, las cuales afectaban de lleno a la Península al desplazarse hacia nuestro territorio impulsadas por la intensa circulación zonal. Las borrascas impactaron con mayor intensidad sobre el oeste, centro y norte peninsular, provocando algunos episodios extremos de precipitación de especial relevancia. La primera de estas grandes borrascas fue Aline, primera de la temporada 2023-2024 nombrada por el grupo SW de EUMETNET.

Aline, fue nombrada el día 19 de enero y dio lugar a precipitaciones muy cuantiosas que superaron los 100 mm en 24 horas en amplias zonas al sur del sistema Central, dejando acumulados muy destacados también sobre la capital de España. El día 22 una nueva borrasca atlántica nombrada Bernard, formada el día 20 al sur de Azores, se desplazó hacia la zona del golfo de Cádiz donde se localizaba el día 22 a primeras horas tras experimentar una transición de borrasca extratropical hacia ciclón de tipo híbrido con características subtropicales. El día 22 Bernard se introdujo en la península ibérica por la zona del golfo de Cádiz (figura 2.10.1.b) dejando vientos medios y rachas muy intensas que provocaron numerosos impactos principalmente en las provincias de Cádiz, Huelva y Sevilla. Como valores destacables de estos vientos, están los registrados en la estación de «Fuentes de Andalucía-El Travieso» (Sevilla), con vientos medios superiores a 90 km/h y rachas alrededor de los 130 km/h. Sus impactos fueron muchos, la mayoría por caídas de árboles, y la desgracia de la pérdida de dos vidas humanas. También las precipitaciones fueron muy intensas, destacando los 89 mm observados en tan solo 12 horas en la estación de «Ayamonte-Isla Canela» (Huelva). El paso de las borrascas Aline y Bernard también provocó precipitaciones generalizadas en Canarias entre los días 20 y 23, rompiendo así un largo período de altas temperaturas y escasez de precipitaciones que había comenzado a finales de septiembre.

En la última semana de octubre, una nueva borrasca, Celine, volvió a afectar a territorio peninsular. En esta ocasión, la borrasca se generó en latitudes algo mayores que sus predecesoras, afectando más directamente al cuadrante noroccidental y a toda la costa

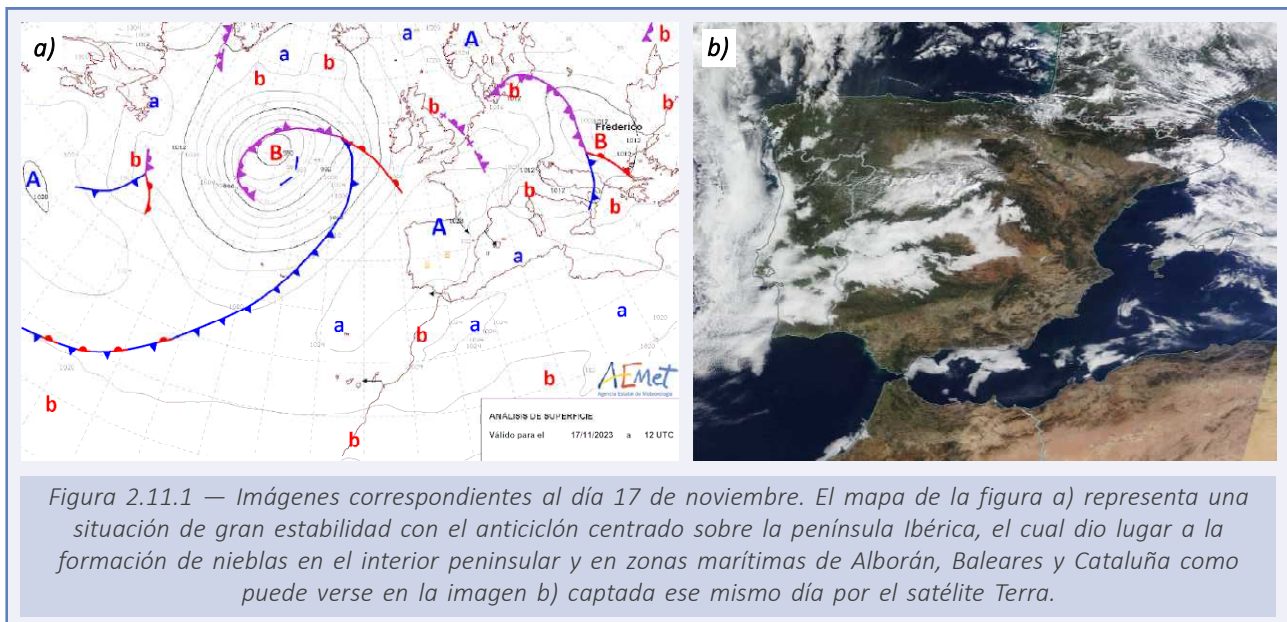


cantábrica. No obstante, los siguientes días la circulación zonal a bajas latitudes siguió siendo muy intensa y continuó enviando sucesivas oleadas de inestabilidad y humedad sobre la Península volviendo las precipitaciones a toda la mitad occidental en los últimos días del mes. Respecto a Canarias, tras el paso de Bernard se restableció un nuevo régimen de alisio, brevemente interrumpido el día 27 por el paso de la cola del frente frío asociado a la borrasca Celine.

2.11. NOVIEMBRE

El comienzo de noviembre siguió con el continuo reguero de borrascas atlánticas establecido en octubre. El día 4, una nueva borrasca nombrada Domingos, localizada en el Atlántico, en la zona marítima de Gran Sol, y con un mínimo barométrico de 964 hPa, trajo consigo un intenso temporal marítimo que afectó a todo el litoral cantábrico. También el resto de la Península se vio azotada por los intensos vientos desarrollados por la borrasca. Los avisos emitidos por AEMET para la zona cantábrica se elevaron hasta el nivel rojo, siendo muy destacable el oleaje observado en Estaca de Bares (A Coruña) con una altura de ola significativa de 13.95 m registrada en la boya de Puertos del Estado. Este valor supuso el récord absoluto medido a lo largo de toda la red de boyas de este organismo desde su puesta en funcionamiento.

Tras Domingos, la circulación en altura se mantuvo muy zonal a latitudes relativamente bajas, afectando de lleno al norte y al cuadrante noroccidental, donde continuaron las precipitaciones y el viento hasta el día 13. Mientras tanto, por el sur de la Península iba ganando terreno el anticiclón subtropical, manteniendo por la mitad sur y las Canarias el ambiente más estable. Así, poco a poco el anticiclón fue centrándose sobre la península ibérica (figura 2.11.1.a), dominando todo el territorio a partir del día 14 y dando comienzo a un nuevo episodio de tiempo atmosférico más estable. Durante este período dominaron las circulaciones de vientos locales y el enfriamiento nocturno, dando lugar a la aparición de nieblas (figura 2.11.1.b) que se extendieron y fueron protagonistas no solo en el interior de la Península, especialmente en los grandes valles, sino también en zonas marítimas como las de Alborán y resto del Mediterráneo, las cuales afectaron a ciudades costeras como València, Alicante y Málaga.



La semana del 20 se produjo un nuevo cambio de tiempo que dio lugar a la primera entrada fría del otoño. Este se produjo como consecuencia de la formación de un sistema de bajas presiones en el golfo de Génova y por el desarrollo de un potente anticiclón hacia el suroeste de Irlanda. Este patrón favoreció la entrada de una masa de

aire muy fría con recorrido marítimo por el Cantábrico que provocó precipitaciones generalizadas en toda la cornisa cantábrica, más abundantes hacia su extremo más oriental. En el resto de la Península destacó el regreso de las heladas nocturnas, que se extendieron por todas las zonas de montaña y del interior este peninsular. Tras esta entrada fría que acabó en torno al día 25 regresó la estabilidad, aunque se vio en gran medida interrumpida tres días después por el paso de una nueva borrasca que se situó en el golfo de Vizcaya. Esta situación provocó de nuevo el cambio de masa de aire hacia una nueva de origen marítimo-subtropical que hizo que regresaran las precipitaciones a la mitad occidental, centro y norte peninsular, siendo especialmente abundantes en Galicia, Andalucía occidental y fachada sur del sistema Central.

En Canarias, a diferencia de octubre, a lo largo de noviembre dominó más la estabilidad atmosférica, controlada por el anticiclón subtropical que en ciertos períodos de tiempo se centraba sobre el archipiélago, haciendo desaparecer el régimen de alisio y favoreciendo que el viento fuera flojo, dominando las brisas. La gran estabilidad reinante se vio alterada puntualmente algún día, como el 5 y 6 por el paso de un extenso sistema frontal frío asociado a la borrasca Domingos, y por la influencia de otra borrasca el 30 que se localizó al noroeste del archipiélago.

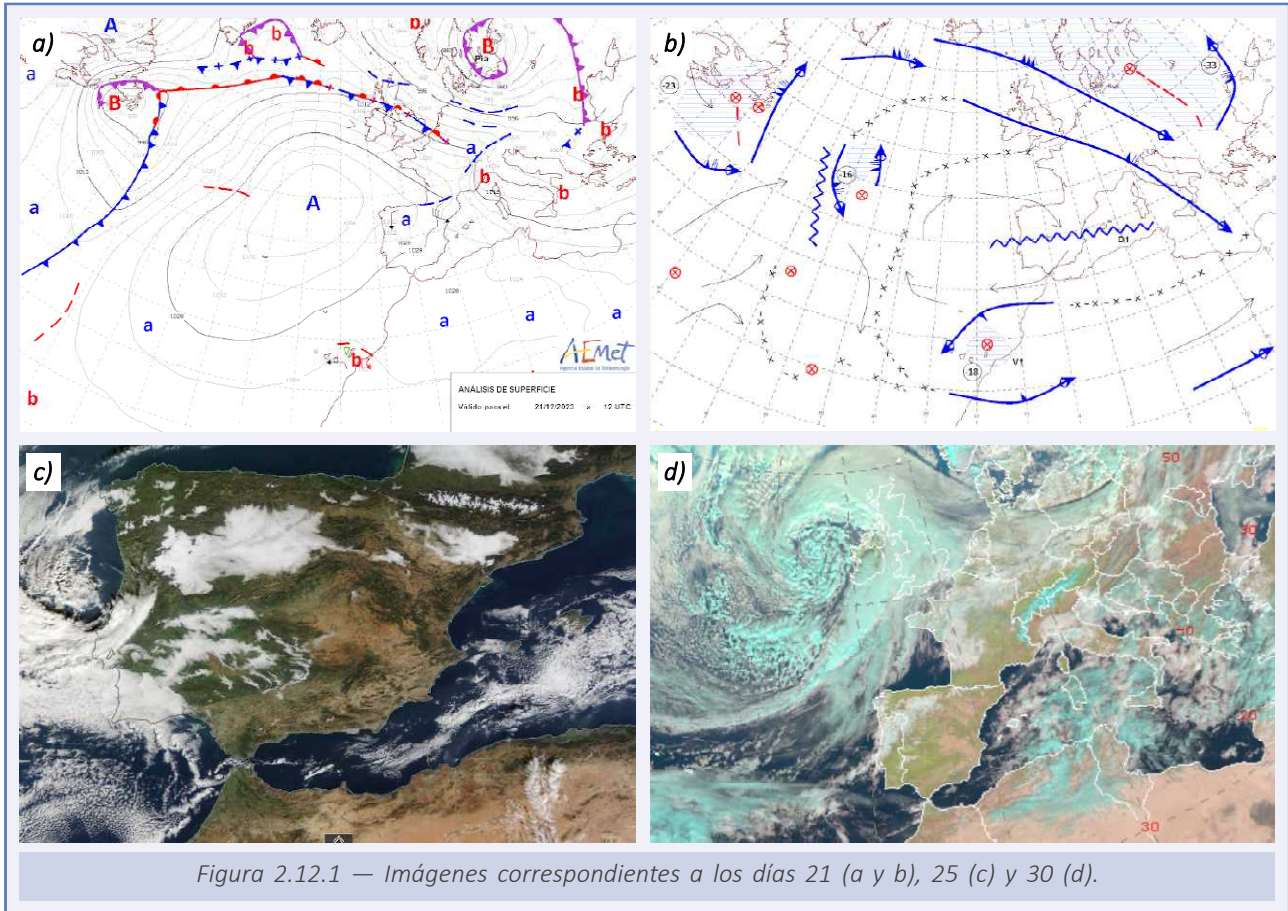
2.12. DICIEMBRE

Durante los primeros días de diciembre, la Península y Baleares continuaron bajo la situación sinóptica dominada por la formación de distintos sistemas de bajas presiones que se desarrollaban en el entorno del golfo de Vizcaya. Esta situación, que se prolongó hasta el día 6, dejó precipitaciones en gran parte de la Península a excepción de la vertiente mediterránea. También Canarias, durante los primeros días del mes se vio afectada por el paso de bajas presiones secundarias que se generaron al norte del archipiélago, dejando sus distintos sistemas frontales precipitaciones muy importantes, como las registradas el día 2 en la isla de La Palma donde en la estación de «Sauces-S.Andrés-Balsa Adeyahame» se acumularon del orden de unos 140 mm en 24 horas. A partir del día 7, la circulación más intensa se desplazó hacia latitudes mayores, produciéndose la ciclogénesis de diferentes borrascas que transitaron por el entorno de las islas británicas y cuyos frentes atravesaron de oeste a este la Península entre los días 7 y 9, provocando de nuevo precipitaciones generosas en gran parte del territorio y escasas en la mitad oriental y Baleares.

La segunda decena del mes comenzó con el asentamiento en altura de una dorsal sobre la Península que dio lugar a un par de días de tiempo estable anticiclónico. La situación transitó muy rápidamente hacia el este permitiendo la llegada de un nuevo sistema frontal muy activo asociado otra vez a una nueva y profunda depresión británica. Tras el paso del frente el 12 y el 13 por la Península, comenzó a definirse un nuevo patrón dominado por un potente anticiclón posicionado al norte de la Península que se extendía hacia el sur de Escandinavia y a gran parte de Europa occidental provocando el bloqueo de la circulación del oeste. La situación se prolongó durante una semana, dando lugar a tiempo estable y ausencia de precipitaciones por todo el territorio y a heladas generalizadas a partir del día 16. También durante estos días, las altas presiones se intensificaron al norte del continente africano extendiéndose hacia Canarias dando lugar al típico patrón monzónico definido en la clasificación de Font, con dominio de la circulación del este sobre el archipiélago.

A partir del día 20 comenzaron a producirse cambios en la estructura sinóptica. A latitudes más altas, en el entorno de las islas británicas, se restableció la circulación zonal, permitiendo la génesis de nuevas borrascas. Por otro lado, en el Atlántico, al noroeste de la Península, se asentó un potente anticiclón reforzado por una dorsal en altura que dejaba a la Península en su flanco oriental y bajo una circulación de norte que por un lado mantenía la estabilidad en gran parte del territorio (figura 2.12.1.a) pero favorecía la llegada de una masa de aire más húmeda al Cantábrico, donde volvieron las precipitaciones. Corriente abajo de la dorsal atlántica se formó en altura una depresión aislada entre Canarias y la Península (figura 2.12.1.b), inestabilizando la atmósfera sobre el archipiélago y provocando por allí un período de precipitaciones generalizadas que se prolongó entre los días 20 y 24. Poco a poco, el anticiclón se desplazó hacia el sur y se centró en la Península, favoreciendo la formación de nieblas en los valles del interior y las heladas, muy generalizadas en todo el interior peninsular, hasta el 28 (figura 2.12.1.c).

El año 2023 acabó en la Península con la intensificación de la circulación zonal del oeste y el paso de nuevos sistemas frontales asociados a dos profundos sistemas de baja presión localizados sobre las islas británicas, el primero de ellos denominado Gerrit y el



segundo Geraldine (figura 2.12.1.d), retornando las precipitaciones al cuadrante noroccidental y desapareciendo las heladas. Canarias, sin embargo, finalizó 2023 bajo la influencia del anticiclón norteafricano que imponía sobre las islas condiciones muy secas y cálidas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los siguientes organismos el uso de imágenes y datos que se hace en este documento:

- Copernicus Climate Change Service (**C3S**)
- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (**ECMWF**)
- European Meteorological Services Network (**EUMETNET**)
- European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites (**EUMETSAT**)
- European Space Agency (**ESA**)
- International Pacific Research Center (**IPRC**)/Universidad de Hawái (**UH**)
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (**KNMI**)
- Meteorological Office (**Met Office**) of United Kingdom
- National Aeronautics and Space Administration (**NASA**) of United States
- National Oceanic and Atmospheric Administration (**NOAA**) of United States

ANEXOS

ANEXO A. OLAS DE CALOR Y FRÍO: DEFINICIÓN Y METODOLOGÍA. EVOLUCIÓN

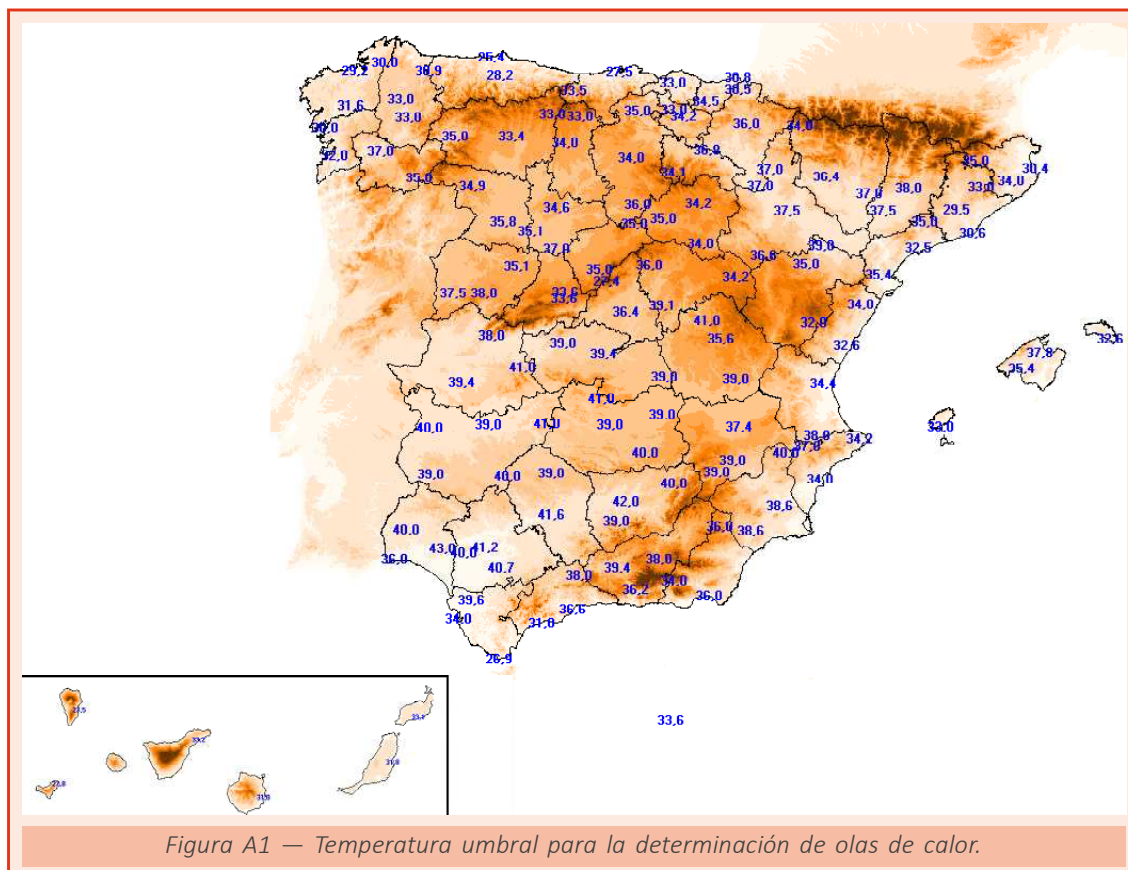
A1. Ola de calor. Definición y metodología

Se considera ola de calor un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del período 1971-2000.

Se describe seguidamente la metodología empleada:

En primer lugar, se procede a determinar las estaciones en base a una serie de requisitos: tienen que funcionar en la actualidad, tener una serie suficientemente larga para poder calcular sus percentiles y distribuirse uniforme sobre el territorio. Con estas premisas se seleccionan 137 estaciones, de las que 6 pertenecen a Canarias.

A continuación, se calcula para cada estación una *temperatura umbral* que, de acuerdo al criterio establecido, es el percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del período 1971-2000. El mapa de la figura A1 representa la distribución de temperatura resultante y la ubicación de las estaciones.



El siguiente paso consiste en localizar los episodios que, según los criterios fijados, serán considerados olas de calor, y se realiza en tres etapas:

Primera etapa. Se obtienen para cada una de las 137 estaciones seleccionadas, sus *episodios cálidos*, entendiendo como tales, episodios de al menos tres días consecutivos con temperatura máxima que iguala o supera su temperatura umbral. Dado que es bastante improbable que una ola de calor se presente fuera de los meses veraniegos, solo se estudia el período comprendido entre el 1 de junio y el 30 de septiembre.

Segunda etapa. Se determinan los *días cálidos*, considerando como tales a aquellos en que al menos el 10% de las estaciones consideradas están dentro de uno de los episodios cálidos localizados en la primera etapa.

Tercera etapa. Finalmente se localizan las olas de calor, que son todos aquellos episodios de tres o más días cálidos consecutivos. Cuando dos olas de calor están separadas por tan solo un día, se consideran una única ola.

Los datos de Canarias se han procesado de manera independiente, pero con una variación respecto al criterio general, ya que, al utilizarse solamente seis estaciones, bastaría con que uno de los observatorios registrase un episodio cálido para que se considerase ola de calor en el archipiélago; por ello, en Canarias, se exige que sean al menos dos las estaciones que registren un episodio cálido para que constituya una ola de calor.

En los anteriores informes anuales del clima en España solo se consideraba el período comprendido entre el 1 de junio y el 30 de septiembre, pero dado que en el mes de octubre no es infrecuente que se registren olas de calor en Canarias, se ha eliminado esta restricción y a partir de este informe se van a considerar los 365 días del año. En la Península y Baleares todas las olas de calor registradas hasta la fecha se dan dentro del cuatrimestre de junio a septiembre y por tanto la ampliación del período del estudio no influye en los resultados, pero en Canarias se han registrado trece olas de calor fuera del citado cuatrimestre, de las que diez corresponden al mes de octubre, y las tres restantes se reparten entre los meses de abril, mayo y noviembre.

Los tres factores que determinan la intensidad de una ola de calor son: las temperaturas alcanzadas durante la misma, su duración y el territorio afectado, siendo necesario cuantificar estos aspectos para cada una de las olas de calor si se quieren valorar y comparar.

Para estimar el territorio afectado durante una ola de calor se ha determinado el día que más provincias la registraron, asignando a la ola dicho máximo. Se considera que un día determinado una provincia está viviendo una ola de calor cuando al menos uno de los observatorios estudiados está dentro de un episodio cálido, es decir, no es suficiente con que supere la temperatura umbral de manera puntual.

Para determinar la magnitud de las temperaturas, en primer lugar, se han determinado las estaciones con algún día de episodio cálido durante la ola de calor, y se ha tomado la media de las temperaturas máximas de estas estaciones para el día más cálido como dato representativo; a esta temperatura se la ha denominado *temperatura máxima de la ola*. También se ha calculado para cada estación la anomalía máxima de las temperaturas registradas durante la ola con respecto a su temperatura umbral, asignando como valor representativo para la ola la media de dichas anomalías; a este valor se le denomina *anomalía de la ola*.

Así pues, los cuatro valores elegidos para caracterizar una ola de calor son:

- su duración;
- el número de provincias afectadas;
- la temperatura máxima de la ola;
- la anomalía de la ola.

Los resultados para la Península, Baleares, Ceuta y Melilla se presentan en la tabla A1, y para Canarias en la tabla A2.

Tabla A1. Olas de calor en Península, Baleares, Ceuta y Melilla desde 1975.

Año	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura máxima de la ola (°C)	Provincias afectadas
2023	09/07/2023	12/07/2023	4	3.2	39.0	15
2023	17/07/2023	20/07/2023	4	3.5	38.8	21
2023	06/08/2023	13/08/2023	8	3.3	38.6	26
2023	17/08/2023	25/08/2023	9	4.0	38.7	39
2022	12/06/2022	18/06/2022	7	3.2	37.7	39
2022	09/07/2022	26/07/2022	18	4.5	38.1	44
2022	30/07/2022	14/08/2022	16	3.5	36.6	33
2021	21/07/2021	23/07/2021	3	2.0	37.0	16
2021	11/08/2021	16/08/2021	6	4.1	40.2	36
2020	18/07/2020	20/07/2020	3	1.3	36.0	11
2020	25/07/2020	02/08/2020	9	3.1	37.0	23
2020	05/08/2020	10/08/2020	6	2.5	37.0	27
2019	26/06/2019	01/07/2019	6	4.0	38.8	29
2019	20/07/2019	25/07/2019	6	2.0	36.8	30
2019	06/08/2019	10/08/2019	5	3.3	37.9	11
2018	31/07/2018	07/08/2018	8	3.1	38.6	36
2017	13/06/2017	21/06/2017	9	2.6	37.1	30
2017	12/07/2017	16/07/2017	5	3.9	41.1	14
2017	28/07/2017	30/07/2017	3	1.6	37.7	12
2017	02/08/2017	06/08/2017	5	2.9	37.7	23
2017	20/08/2017	22/08/2017	3	2.2	37.4	11
2016	17/07/2016	19/07/2016	3	3.5	37.0	20
2016	26/07/2016	28/07/2016	3	1.3	37.0	13
2016	22/08/2016	25/08/2016	4	1.8	36.0	12
2016	03/09/2016	07/09/2016	5	3.3	39.0	29
2015	27/06/2015	22/07/2015	26	3.4	37.6	30
2015	27/07/2015	29/07/2015	3	2.3	38.7	10
2013	05/07/2013	09/07/2013	5	2.4	37.7	13
2012	24/06/2012	28/06/2012	5	2.1	38.3	25
2012	08/08/2012	11/08/2012	4	3.7	39.5	40
2012	17/08/2012	23/08/2012	7	2.8	36.2	30
2011	25/06/2011	27/06/2011	3	1.6	37.8	15
2011	19/08/2011	21/08/2011	3	2.3	37.1	19
2009	16/08/2009	20/08/2009	5	1.8	35.9	15
2008	03/08/2008	05/08/2008	3	1.5	36.9	17
2007	28/07/2007	31/07/2007	4	1.9	39.4	11
2006	24/07/2006	26/07/2006	3	2.0	35.3	9
2006	04/09/2006	06/09/2006	3	2.6	36.5	15
2005	14/07/2005	17/07/2005	4	2.3	36.8	18
2005	05/08/2005	08/08/2005	4	2.8	38.9	19
2004	27/06/2004	29/06/2004	3	1.4	38.4	17
2004	24/07/2004	26/07/2004	3	2.7	40.0	10
2003	20/06/2003	23/06/2003	4	2.2	36.1	17
2003	30/07/2003	14/08/2003	16	3.7	37.2	38
2001	21/06/2001	25/06/2001	5	1.8	36.0	19
1998	07/08/1998	12/08/1998	6	2.4	35.6	26
1995	17/07/1995	24/07/1995	8	3.3	39.1	30
1994	29/06/1994	05/07/1994	7	2.9	38.6	22
1993	05/08/1993	07/08/1993	3	2.0	37.0	13
1993	18/08/1993	20/08/1993	3	2.8	35.1	18
1992	27/07/1992	29/07/1992	3	1.6	35.3	13
1992	04/08/1992	06/08/1992	3	1.4	39.7	14
1991	12/07/1991	19/07/1991	8	1.8	39.0	25
1991	03/08/1991	06/08/1991	4	1.9	38.6	22
1991	13/08/1991	18/08/1991	6	1.8	37.3	20

Tabla A1 (continuación). Olas de calor en Península, Baleares, Ceuta y Melilla desde 1975.

Año	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura máxima de la ola (°C)	Provincias afectadas
1991	25/08/1991	29/08/1991	5	2.6	36.1	16
1990	17/07/1990	24/07/1990	8	2.8	37.1	32
1990	02/08/1990	05/08/1990	4	2.3	36.8	19
1989	16/07/1989	21/07/1989	6	2.5	37.4	36
1989	30/07/1989	02/08/1989	4	2.1	39.0	17
1988	05/09/1988	08/09/1988	4	2.4	38.6	28
1987	11/08/1987	16/08/1987	6	4.0	37.5	27
1987	12/09/1987	17/09/1987	6	2.8	34.1	13
1985	22/07/1985	25/07/1985	4	1.3	37.9	23
1984	22/07/1984	24/07/1984	3	1.9	39.4	12
1982	05/07/1982	09/07/1982	5	3.5	38.5	29
1981	11/06/1981	16/06/1981	6	2.6	38.7	20
1981	28/07/1981	30/07/1981	3	2.7	38.0	21
1979	27/07/1979	29/07/1979	3	1.7	38.3	22
1978	14/07/1978	17/07/1978	4	3.0	39.3	27
1976	05/08/1976	07/08/1976	3	1.9	38.5	14
1975	13/07/1975	16/07/1975	4	2.5	40.4	14

Tabla A2. Olas de calor en Canarias desde 1975.

Año	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura máxima de la ola (°C)	Provincias afectadas
2023	10/08/2023	14/08/2023	5	3.6	33.0	2
2023	20/08/2023	24/08/2023	5	4.5	33.5	2
2023	02/10/2023	17/10/2023	16	4.1	33.9	2
2022	09/07/2022	11/07/2022	3	5.6	37.6	2
2022	24/07/2022	26/07/2022	3	3.8	32.5	2
2021	15/08/2021	19/08/2021	5	5.8	35.1	2
2021	05/09/2021	07/09/2021	3	1.3	28.9	1
2021	11/09/2021	13/09/2021	3	2.0	29.6	1
2015	10/08/2015	13/08/2015	4	2.7	30.7	2
2015	22/09/2015	25/09/2015	4	1.2	28.9	1
2013	20/08/2013	23/08/2013	4	2.4	32.7	2
2012	25/06/2012	27/06/2012	3	7.1	39.0	1
2012	17/07/2012	23/07/2012	7	4.2	33.5	2
2012	19/08/2012	22/08/2012	4	2.9	31.9	2
2012	20/09/2012	26/09/2012	7	1.7	29.4	1
2011	20/06/2011	23/06/2011	4	5.0	37.4	1
2010	27/08/2010	31/08/2010	5	3.9	33.5	2
2009	24/07/2009	01/08/2009	9	6.0	36.5	2
2007	28/07/2007	31/07/2007	4	6.8	37.4	2
2006	03/09/2006	07/09/2006	5	5.7	35.3	2
2005	20/07/2005	22/07/2005	3	2.9	32.6	2
2005	04/09/2005	08/09/2005	5	5.4	34.8	2
2004	23/07/2004	29/07/2004	7	6.9	36.2	2
2004	04/08/2004	06/08/2004	3	0.9	30.4	2
2004	17/08/2004	21/08/2004	5	2.0	29.6	1
2004	26/08/2004	31/08/2004	6	5.0	34.9	2
2003	12/08/2003	14/08/2003	3	1.8	29.4	1
2003	13/09/2003	20/09/2003	8	1.6	29.3	1
2002	15/09/2002	18/09/2002	4	1.5	29.0	1
1999	05/08/1999	07/08/1999	3	0.8	28.4	1
1999	27/08/1999	29/08/1999	3	3.8	33.1	2
1998	05/08/1998	07/08/1998	3	3.2	34.9	2
1990	05/08/1990	11/08/1990	7	5.9	35.4	2
1990	26/08/1990	28/08/1990	3	4.8	35.9	1
1987	07/09/1987	16/09/1987	10	6.7	35.4	2
1986	05/09/1986	07/09/1986	3	4.9	34.4	2
1985	03/09/1985	05/09/1985	3	3.7	35.1	1
1984	17/07/1984	19/07/1984	3	3.2	35.3	2
1983	05/09/1983	07/09/1983	3	6.1	36.1	2
1983	25/09/1983	27/09/1983	3	4.9	35.0	2
1982	24/07/1982	27/07/1982	4	5.8	36.7	2
1980	06/08/1980	09/08/1980	4	4.3	34.7	2
1978	11/09/1978	13/09/1978	3	5.6	33.7	2
1976	05/08/1976	15/08/1976	11	6.1	35.3	2
1976	28/08/1976	10/09/1976	14	2.3	30.9	1

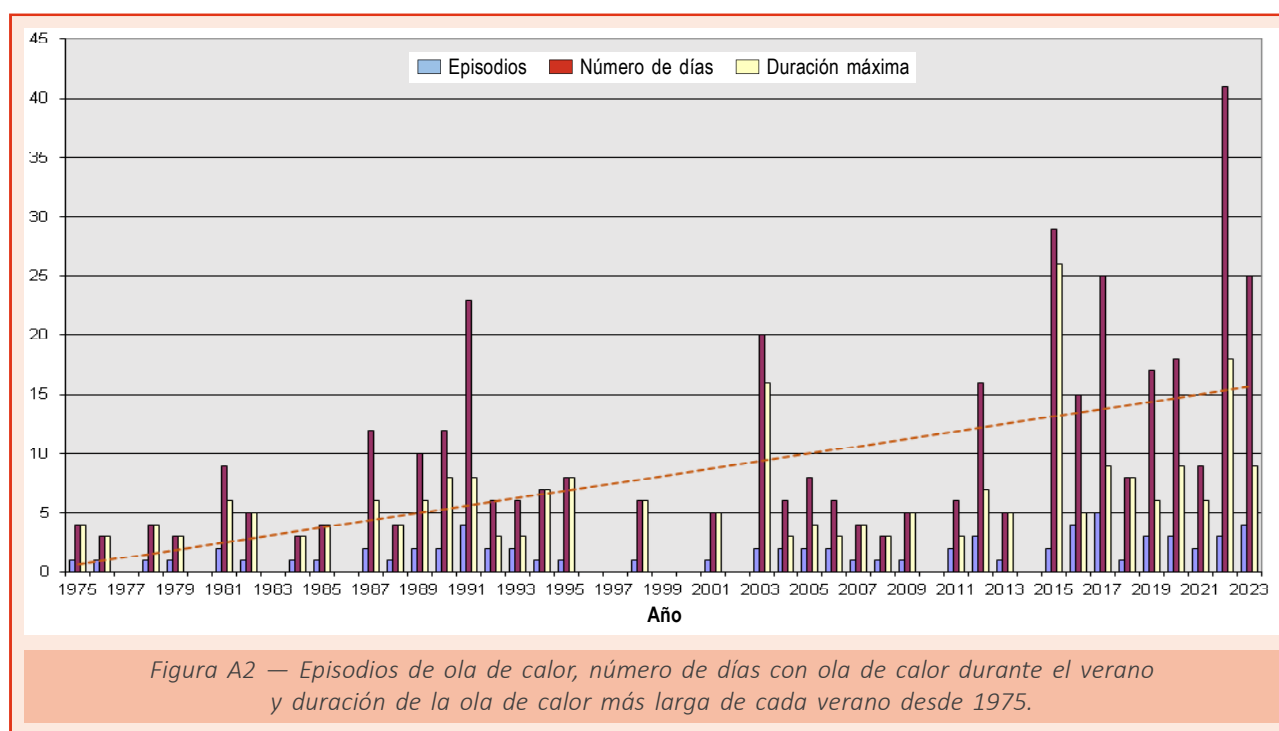
A2. Evolución de las olas de calor registradas en España desde 1975

De acuerdo con la definición y metodología descritas en el punto A1 de este anexo, la evolución de las olas de calor registradas en España desde 1975 puede verse en los gráficos que siguen a continuación. Para todos ellos se ha realizado un análisis de tendencia con el test de Mann-Kendall al nivel de significación del 5 %. En Península y Baleares los valores de temperatura media de las máximas no muestran tendencia; el resto de las variables presentan tendencias. En Canarias no existen tendencias.

El gráfico de la figura A2 representa para cada año el número de episodios de ola de calor, los días que totalizan, y la duración de la ola de calor más larga para Península, Baleares, Ceuta y Melilla, destacando los años 1991, 2003, 2012, 2015, 2016, 2017, 2019, 2020, 2022 y 2023:

- 2022 por ser el año con más días con ola de calor, concretamente 41, repartidos en tres episodios, superando al verano de 2015, que con 29 días con ola de calor ocupa la segunda posición y a los de 2017 y 2023 que con 25 días quedan en tercer lugar. Destaca también por tener la segunda y la tercera ola de calor más larga; la segunda, con 18 días, es superada tan solo por la de 26 días registrada en 2015, mientras la tercera, con 16 días, iguala a la de 2003.
- 2017 por ser el año con más olas de calor, concretamente 5, que totalizan 25 días; le siguen 1991, 2016 y 2023 con 4, que totalizan 23 días en 1991, 15 en 2016 y 25 en 2023.
- 2003 por registrar la tercera ola de calor más larga, con 16 días y miles de víctimas mortales repartidas por gran parte de Europa.
- 2015 por ser la ola de calor más larga en los años considerados, 26 días, superando en 8 días a la de 2022.

Con línea discontinua se muestra la línea de tendencia del número anual de días con ola de calor, cuya pendiente indica que el número de días con ola de calor aumenta a razón de 3,1 días cada 10 años.



El gráfico de la figura A3 muestra el número máximo de provincias afectadas en días con ola de calor para Península, Baleares, Ceuta y Melilla, destacando especialmente los años 1989, 2003, 2012, 2018, 2021, 2022 y 2023:

- 2022 por registrar la ola de calor más extensa, con 44 provincias afectadas el 16 de julio y también la tercera ola de calor más extensa con 39 provincias afectadas el 16 de junio, en una de las olas de calor más tempranas de toda la serie.
- 2012 por ser la segunda ola de calor más extensa, con 40 provincias afectadas el 10 de agosto, le sigue la ya referida de 2022 con 39 provincias, la de 2003 con 38 provincias los días 3 y 4 de agosto y las de 1989 y 2018 con 36 provincias con ola de calor, los días 19 de julio de 1989 y 3 de agosto de 2018.
- 2023 por ser la tercera ola de calor más extensa, con 39 provincias afectadas el 22 de agosto, cifra que podría incrementarse cuando se disponga de todos los datos.

Con línea discontinua se incluye la línea de tendencia que muestra también una pendiente positiva que indica que las olas de calor van ganando en extensión a razón de 3 provincias cada 10 años.

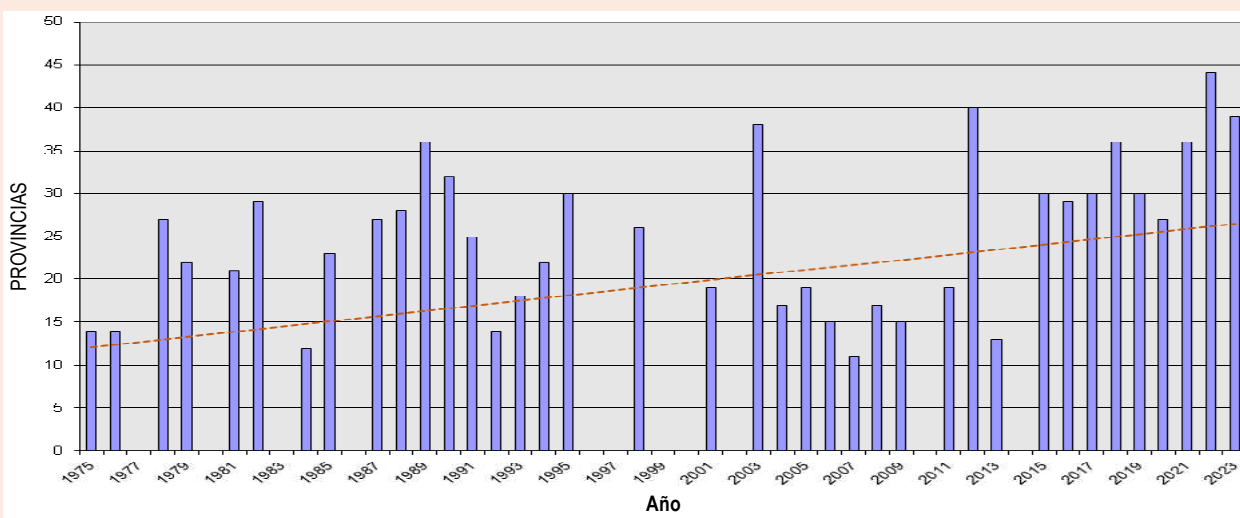


Figura A3 — Número máximo de provincias afectadas en días con ola de calor desde 1975.

La figura A4 representa la temperatura máxima de la ola más alta para cada año para Península, Baleares, Ceuta y Melilla, destacando la de 2017, con una temperatura máxima de la ola de 41.1 °C, correspondiente al día 13 de julio, seguida de la de 1975 con 40.4 °C el día 16 de julio, aunque en ambos casos se trata de olas de calor que afectan fundamentalmente al centro y sur peninsular.

Si bien la temperatura máxima de la ola es un indicador de la intensidad de una ola de calor, está muy influenciada por las estaciones que la registren, de manera que olas de calor que afecten solo al sur peninsular tendrán en general valores más altos que las

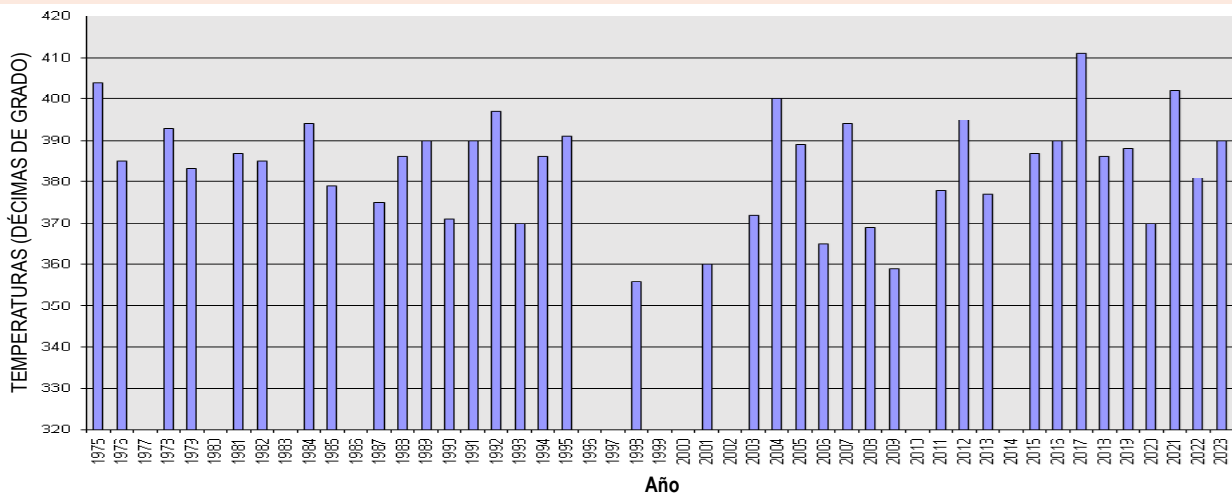


Figura A4 — Temperatura media de las máximas correspondiente al día más cálido, calculada para las estaciones con ola de calor, desde 1975.

que se extiendan también por el norte o solo por el norte, por lo que a la hora de valorar la intensidad de una ola de calor es mejor indicador la anomalía de la ola y por ello la figura A5 muestra la anomalía de la ola más alta de cada verano, desde 1975. La ola de calor más destacada, con una anomalía de la ola de 4,5 °C, corresponde a la registrada entre el 9 y el 26 de julio de 2022, seguida de la que transcurrió entre el 11 y el 16 de agosto de 2021, con 4,1 °C. En tercer lugar, con una anomalía de la ola de 4,0 °C, figuran las acaecidas entre el 17 y el 25 de agosto de 2023, entre el 26 de junio y el 1 de julio de 2019 y entre el 11 y el 16 de agosto de 1987.

Con trazo discontinuo se incluye la línea de tendencia que muestra también una pendiente positiva que indica que la anomalía de la ola va ganando en intensidad a razón de 2,7 °C cada 10 años.

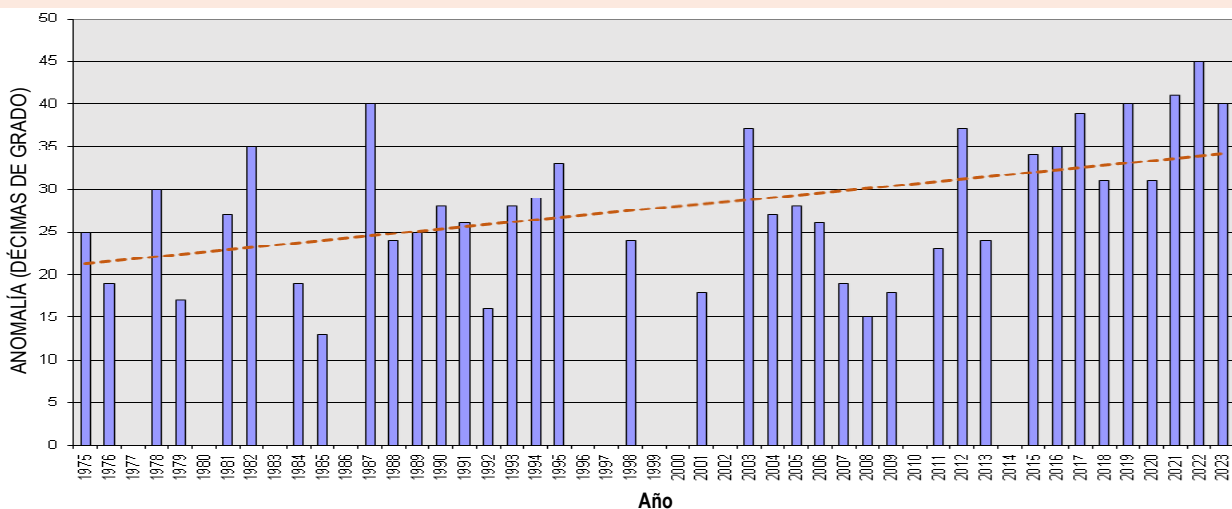


Figura A5 — Anomalía de la ola máxima anual desde 1975.

El gráfico de la figura A-A6 representa para Canarias el número de episodios de ola de calor, los días que totalizan, y la duración de la ola de calor más larga. Sobresalen los años 1976, 2008, 2012 y 2023:

- 2012 por ser el año con más días con ola de calor, 27, y también por haber contabilizado el mayor número de olas de calor, concretamente 6. Es destacable también porque la ola de calor que transcurrió entre el 3 y el 5 de noviembre es la más tardía de toda la serie. El segundo lugar, con 26 días con ola de calor, corresponde al año 2023; les sigue 1976 con 25 días.
- 2023 por registrar la ola de calor más larga de toda la serie, con 16 días de duración, siendo además bastante tardía, ya que discurrió entre el 2 y el 17 de octubre. La segunda ola de calor más larga tuvo una duración de 14 días y se registró en 1976.
- 2008 por ser el año con la ola de calor más temprana, del 25 al 27 de abril.

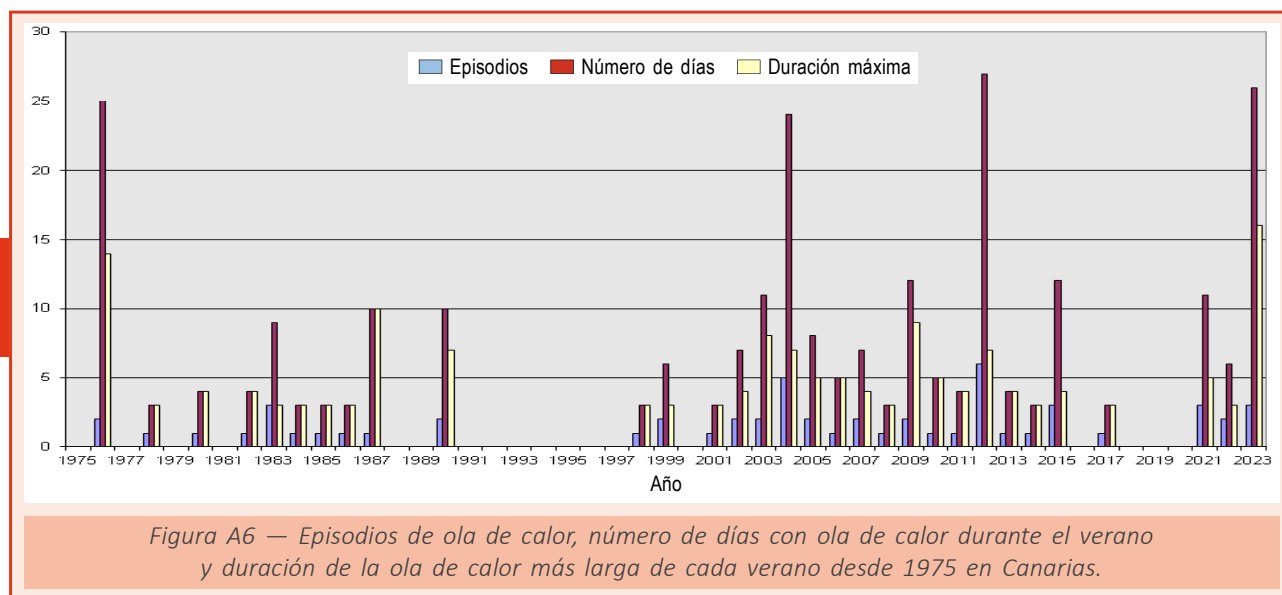


Figura A6 — Episodios de ola de calor, número de días con ola de calor durante el verano y duración de la ola de calor más larga de cada verano desde 1975 en Canarias.

La figura A7 representa la temperatura máxima de la ola más alta para cada año, desde 1975 en Canarias. La más elevada, 39,0 °C, se alcanzó el año 2012, concretamente el 27 de junio; en segundo lugar, nos encontramos con los 37,4 °C de los días 22 de junio de 2011 y 30 de julio de 2007; en segundo lugar, nos encontramos con los 37,6 °C del 10 de julio de 2022 y los 37,4 °C de los días 22 de junio de 2011 y 30 de julio de 2007.

La figura A8 muestra la anomalía de la ola más alta de cada verano, desde 1975, que resulta mejor indicador de la intensidad de una ola de calor que la temperatura máxima de la ola. En Canarias, la anomalía de la ola más elevada, 7,1 °C, se alcanza en la ola de calor que tuvo lugar entre el 25 y el 27 de junio de 2012; le siguen los 6,9 °C de la registrada entre el 23 y el 29 de julio de 2004, y los 6,8 °C de la que transcurre entre el 28 y el 31 de julio de 2007.

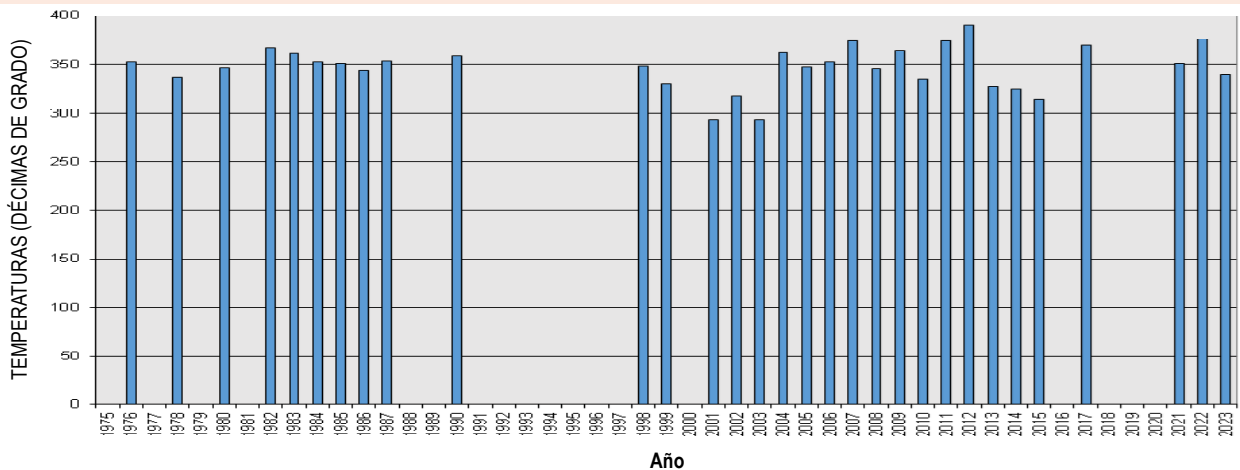


Figura A7 — Temperatura media de las máximas correspondiente al día más cálido, calculada para las estaciones con ola de calor, desde 1975 en Canarias.

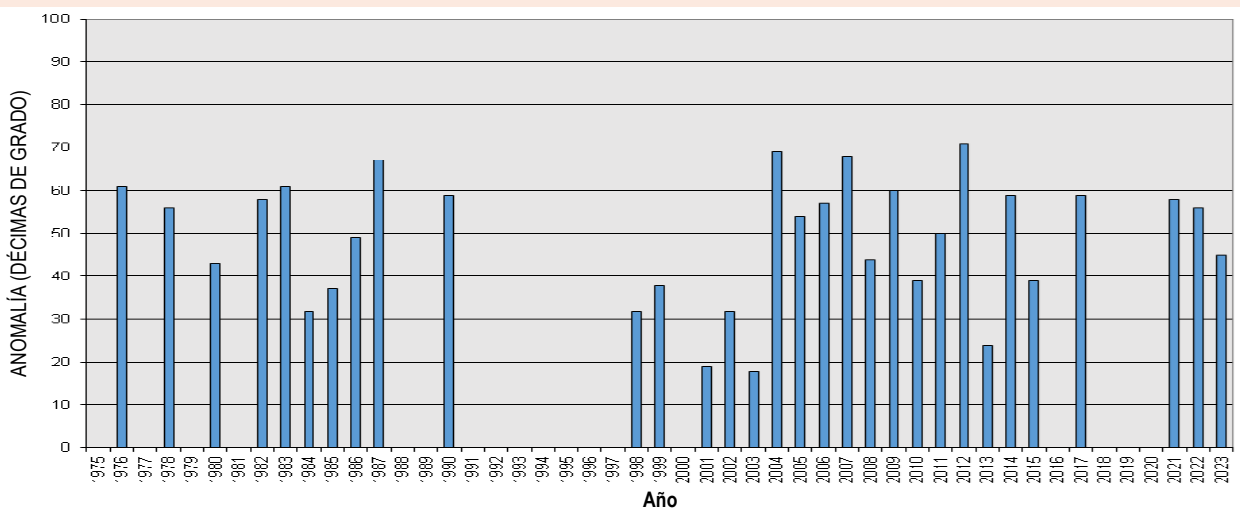


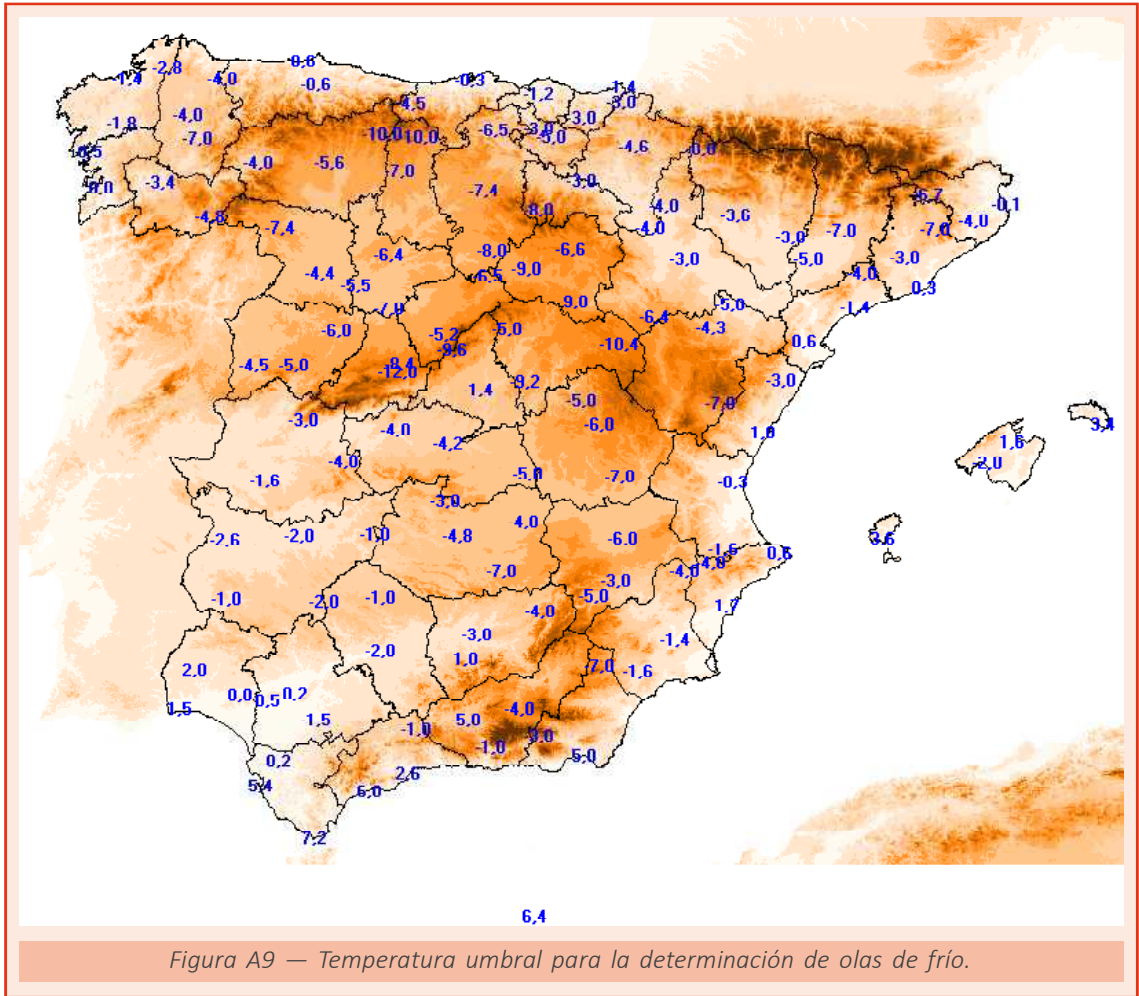
Figura A8 — Anomalía de la ola máxima anual desde 1975 en Canarias.

A3. Ola de frío. Definición y metodología

Se considera ola de frío un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran mínimas por debajo del percentil del 5% de su serie de temperaturas mínimas diarias de los meses de enero y febrero del período 1971-2000.

Se describe seguidamente la metodología empleada:

En primer lugar, se procede a determinar las estaciones en base a una serie de requisitos: tienen que funcionar en la actualidad, tener una serie suficientemente larga para poder calcular sus percentiles y distribirse uniformemente sobre el territorio. Con estas premisas, finalmente se seleccionan 131 estaciones. Canarias, por lo suave de sus temperaturas, queda fuera del estudio.



El mapa de la figura A9 muestra la distribución de las 131 estaciones utilizadas para el estudio y la temperatura umbral de las mismas.

El segundo paso consiste en determinar para cada estación una *temperatura umbral* que, de acuerdo a la definición de ola de frío empleada, es el percentil del 5% de su serie de temperaturas mínimas diarias de los meses de enero y febrero del período 1971-2000.

El siguiente paso consiste en localizar los episodios que, según los criterios fijados, serán considerados olas de frío, y se realiza en tres etapas:

Primera etapa. Se obtienen para cada una de las 131 estaciones del estudio, sus *episodios fríos*, entendiendo como tales, episodios de al menos tres días consecutivos con temperatura mínima igual o inferior a su temperatura umbral. Dado que es bastante improbable que una ola de frío se presente fuera de los meses invernales, solo se estudia el período comprendido entre el 1 de noviembre y el 31 de marzo, que equipararemos con el invierno. Ello no implica que fuera de estos meses no puedan darse temperaturas anormalmente bajas para la época del año de que se trate, pero normalmente sus efectos no serán tan acusados, especialmente para la salud humana, y por ello no parece muy adecuado emplear el calificativo de ola de frío para estos episodios.

Segunda etapa. Se determinan los *días fríos*, considerando como tales a aquellos en que al menos el 10% de las estaciones consideradas están dentro de uno de los episodios fríos localizados en la primera etapa.

Tercera etapa. Finalmente se localizan las olas de frío, que son todos aquellos episodios de tres o más días fríos consecutivos. Cuando dos olas de frío están separadas por tan solo un día, se consideran una única ola.

En los anteriores informes anuales del clima en España solo se consideraba el período comprendido entre el 1 de noviembre y el 28 (o 29) de febrero, pero a partir de este informe se va a considerar también el mes de marzo.

Los tres factores que determinan la intensidad de una ola de frío son: las temperaturas registradas, la duración y el territorio afectado.

Para estimar el territorio afectado durante una ola de frío se ha determinado el día que más provincias la registraron, asignando a la ola dicho máximo. Se considera que un día determinado una provincia está viviendo una ola de frío cuando al menos uno de los observatorios estudiados está dentro de un episodio frío, es decir, no es suficiente con que la mínima registrada no alcance la temperatura umbral de manera puntual.

Para establecer la magnitud de las temperaturas, en primer lugar, se determinan las estaciones con algún día de episodio frío durante la ola de frío, considerando la media de las temperaturas mínimas de estas estaciones para el día más frío como dato representativo; a esta temperatura se la denominará *temperatura mínima de la ola*. Además, se ha calculado para cada estación la anomalía para el día más frío registrado durante la ola, con respecto a su temperatura umbral, asignando como valor representativo para la ola la media de dichas anomalías; a este valor se le denominará *anomalía de la ola*.

Así pues, los cuatro valores elegidos para caracterizar una ola de frío son:

- su duración;
- el número de provincias afectadas;
- la temperatura mínima de la ola;
- la anomalía de la ola.

Los resultados se presentan en la tabla A3.

Tabla A3. Olas de frío desde 1975.

Invierno	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura mínima de la ola (°C)	Provincias afectadas
2022-2023	19/01/2023	31/01/2023	3	-1,2	-3.5	13
2022-2023	28/02/2023	02/03/2023	3	-2,0	-5.1	14
2021-2022	14/01/2022	18/01/2022	5	-1,3	-4.0	11
2020-2021	05/01/2021	08/01/2021	4	-2,3	-4.0	16
2020-2021	11/01/2021	18/01/2021	8	-4,1	-7.6	30
2018-2019	04/01/2019	08/01/2019	5	-1,6	-4.6	19
2018-2019	11/01/2019	13/01/2019	3	-2,0	-3.9	12
2017-2018	04/12/2017	06/12/2017	3	-1,5	-5.3	13
2016-2017	18/01/2017	20/01/2017	3	-2,5	-4.0	15
2014-2015	30/12/2014	01/01/2015	3	-1,6	-4.4	17
2011-2012	02/02/2012	05/02/2012	4	-2,9	-4.9	31
2011-2012	08/02/2012	15/02/2012	8	-3,3	-5.5	39
2011-2012	21/02/2012	23/02/2012	3	-1,9	-7.0	17
2010-2011	22/01/2011	26/01/2011	5	-2,8	-6.3	23
2009-2010	18/12/2009	21/12/2009	4	-4,4	-9.0	19

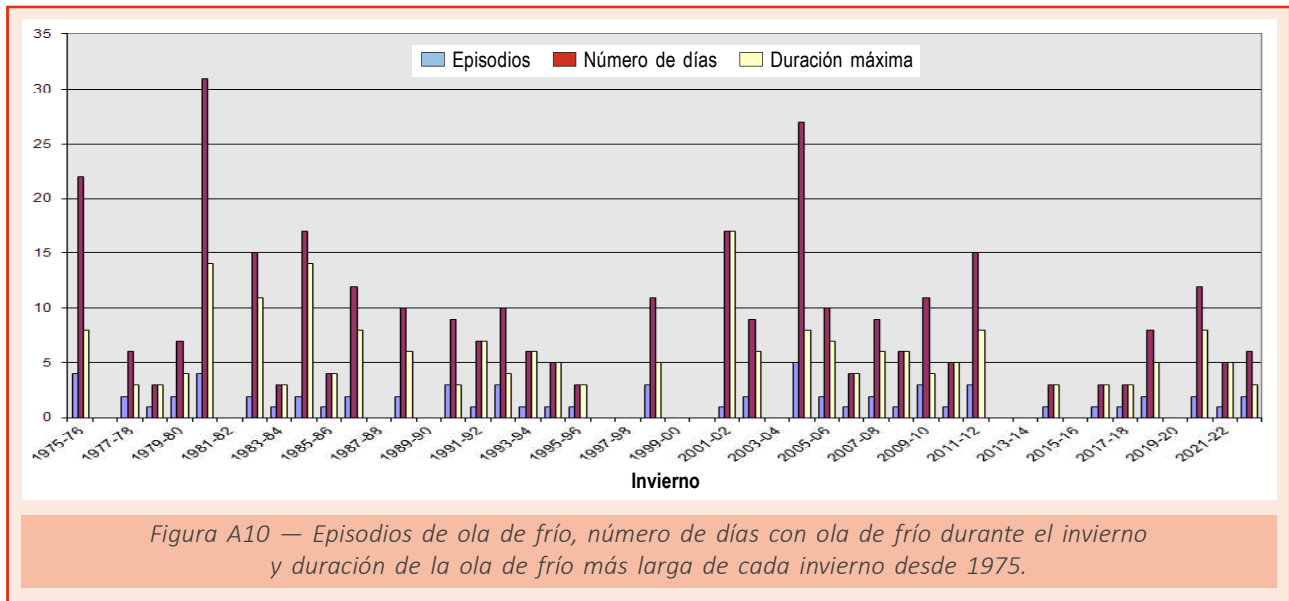
Tabla A3 (continuación). Olas de frío desde 1975.

Invierno	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura mínima de la ola (°C)	Provincias afectadas
2009-2010	09/01/2010	11/01/2010	3	-3.1	-6.0	24
2009-2010	11/02/2010	14/02/2010	4	-2.1	-5.1	20
2008-2009	07/01/2009	12/01/2009	6	-3.5	-4.4	22
2007-2008	16/11/2007	18/11/2007	3	-3.5	-8.8	16
2007-2008	13/12/2007	18/12/2007	6	-2.5	-6.1	21
2006-2007	26/01/2007	29/01/2007	4	-3.0	-6.2	22
2005-2006	20/12/2005	26/12/2005	7	-2.3	-6.5	25
2005-2006	28/01/2006	30/01/2006	3	-3.2	-7.1	19
2004-2005	08/01/2005	11/01/2005	4	-1.6	-5.3	18
2004-2005	26/01/2005	02/02/2005	8	-5.1	-7.0	31
2004-2005	17/02/2005	19/02/2005	3	-2.1	-5.2	20
2004-2005	23/02/2005	02/03/2005	8	-4.2	-7.6	27
2004-2005	07/03/2005	10/03/2005	4	-1.9	-5.8	18
2002-2003	11/01/2003	16/01/2003	6	-2.2	-5.3	36
2002-2003	16/02/2003	18/02/2003	3	-2.4	-6.3	16
2001-2002	13/12/2001	29/12/2001	17	-5.0	-8.4	32
1998-1999	04/12/1998	08/12/1998	5	-1.3	-3.6	11
1998-1999	01/02/1999	03/02/1999	3	-2.5	-5.7	12
1998-1999	13/02/1999	15/02/1999	3	-2.4	-6.1	15
1995-1996	21/02/1996	23/02/1996	3	-2.1	-3.3	17
1994-1995	24/12/1994	28/12/1994	5	-2.2	-3.8	26
1993-1994	18/01/1994	23/01/1994	6	-1.7	-4.6	21
1992-1993	02/01/1993	05/01/1993	4	-1.3	-3.8	15
1992-1993	24/02/1993	26/02/1993	3	-3.1	-7.2	11
1992-1993	01/03/1993	03/03/1993	3	-3.6	-3.3	13
1991-1992	19/01/1992	25/01/1992	7	-2.4	-4.1	16
1990-1991	21/12/1990	23/12/1990	3	-1.9	-5.1	19
1990-1991	14/01/1991	16/01/1991	3	-2.0	-4.5	14
1990-1991	13/02/1991	15/02/1991	3	-2.3	-5.9	17
1988-1989	22/11/1988	25/11/1988	4	-3.1	-7.2	19
1988-1989	30/12/1988	04/01/1989	6	-2.2	-6.3	28
1986-1987	14/01/1987	21/01/1987	8	-2.7	-4.3	28
1986-1987	19/02/1987	22/02/1987	4	-2.4	-5.4	19
1985-1986	09/02/1986	12/02/1986	4	-3.9	-7.5	23
1984-1985	29/12/1984	31/12/1984	3	-1.8	-3.4	11
1984-1985	04/01/1985	17/01/1985	14	-5.5	-7.2	45
1983-1984	15/02/1984	17/02/1984	3	-0.9	-5.2	18
1982-1983	20/01/1983	23/01/1983	4	-2.0	-5.8	21
1982-1983	08/02/1983	18/02/1983	11	-4.8	-6.6	44
1980-1981	30/11/1980	13/12/1980	14	-3.0	-4.8	26
1980-1981	29/12/1980	04/01/1981	7	-2.1	-5.2	25
1980-1981	10/01/1981	15/01/1981	6	-2.6	-3.4	18
1980-1981	31/01/1981	03/02/1981	4	-2.2	-5.6	24
1979-1980	20/12/1979	23/12/1979	4	-3.1	-5.7	13
1979-1980	14/01/1980	16/01/1980	3	-2.1	-5.1	13
1978-1979	20/12/1978	22/12/1978	3	-2.5	-7.3	13
1977-1978	13/01/1978	15/01/1978	3	-2.6	-2.8	12
1977-1978	12/02/1978	14/02/1978	3	-2.8	-5.8	26
1975-1976	21/12/1975	25/12/1975	5	-2.2	-6.5	24
1975-1976	28/12/1975	04/01/1976	8	-2.1	-6.1	14
1975-1976	16/01/1976	20/01/1976	5	-1.4	-5.1	13
1975-1976	25/01/1976	28/01/1976	4	-3.1	-5.4	25

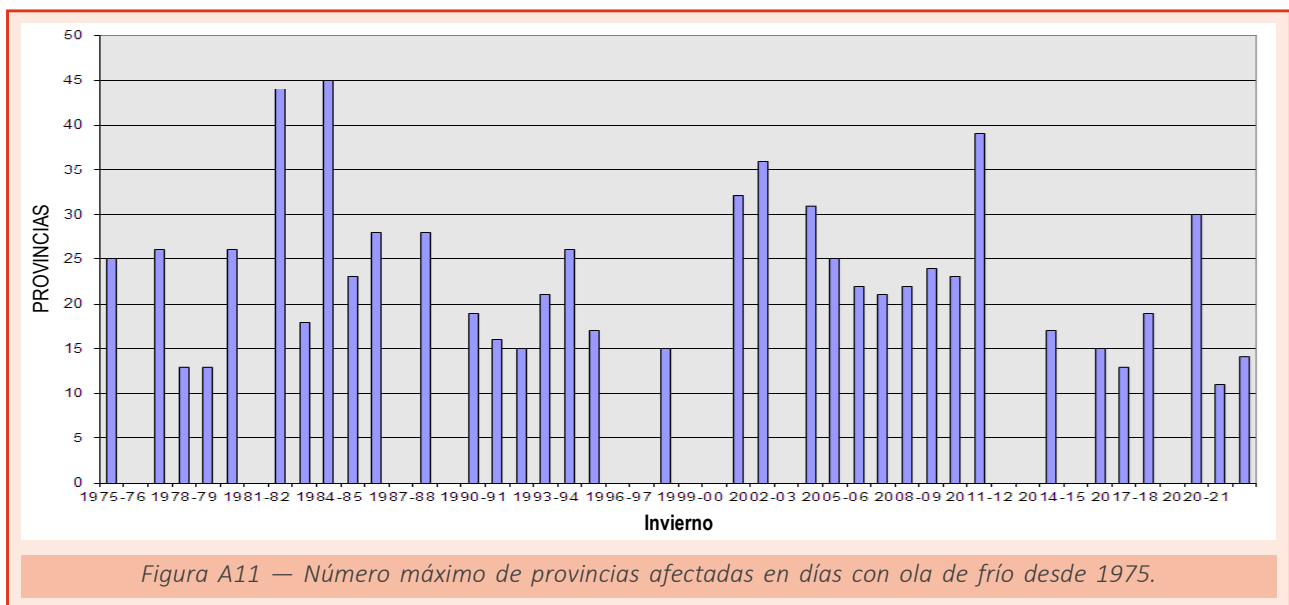
A4. Evolución de las olas de frío registradas en España desde 1975

De acuerdo a la definición y metodología descritas en el punto A3 de este anexo, la evolución de las olas de frío registradas en España desde 1975 puede verse en los gráficos que siguen a continuación. Para todos ellos se ha realizado un análisis de tendencia con el test de Mann-Kendall al nivel de significación del 5 % con el resultado de que en ninguno de ellos aparece tendencia.

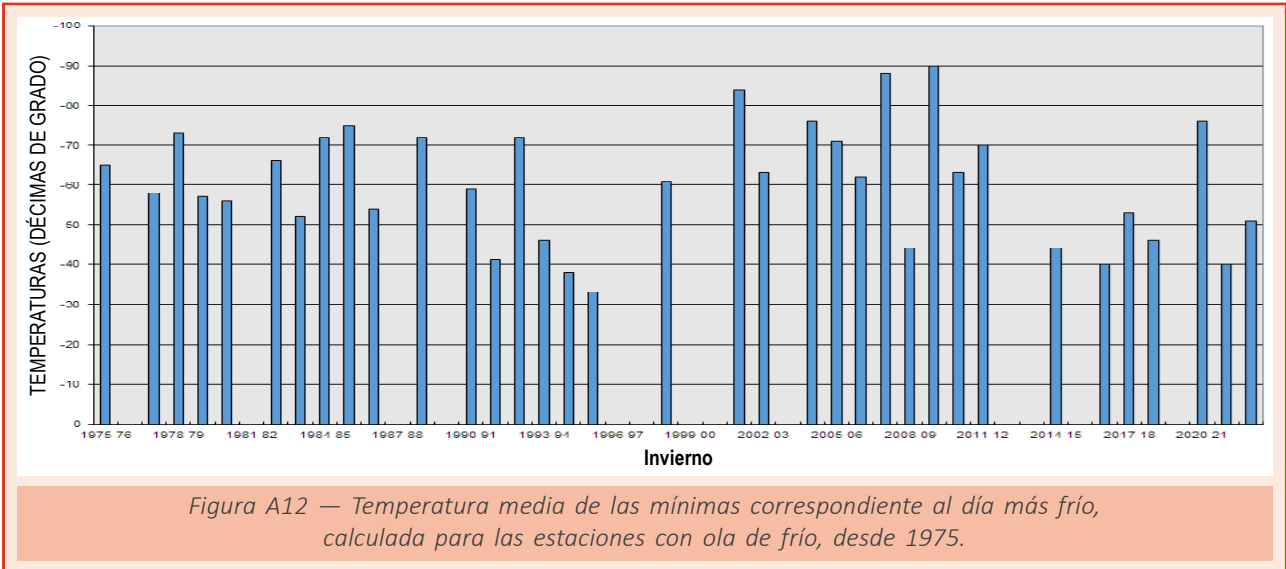
El gráfico de la figura A10 representa para cada invierno el número de episodios de ola de frío, los días que totalizan, y la duración de la ola de frío más larga. Destaca el invierno 1980-1981 que totaliza 31 días con ola de frío repartidos en 4 episodios, el invierno 2004-2005 con 27 días con ola de frío en 5 episodios y el invierno 1975-1976 con 22 días en 4 episodios. La ola de frío más larga, con 17 días de duración, se registró en el invierno 2001-2002, concretamente entre los días 13 y 29 de diciembre; las siguientes en duración, con 14 días, se producen durante los inviernos 1980-1981 y 1984-1985. También se aprecia como son varios los inviernos en que no se registra ninguna ola de frío.



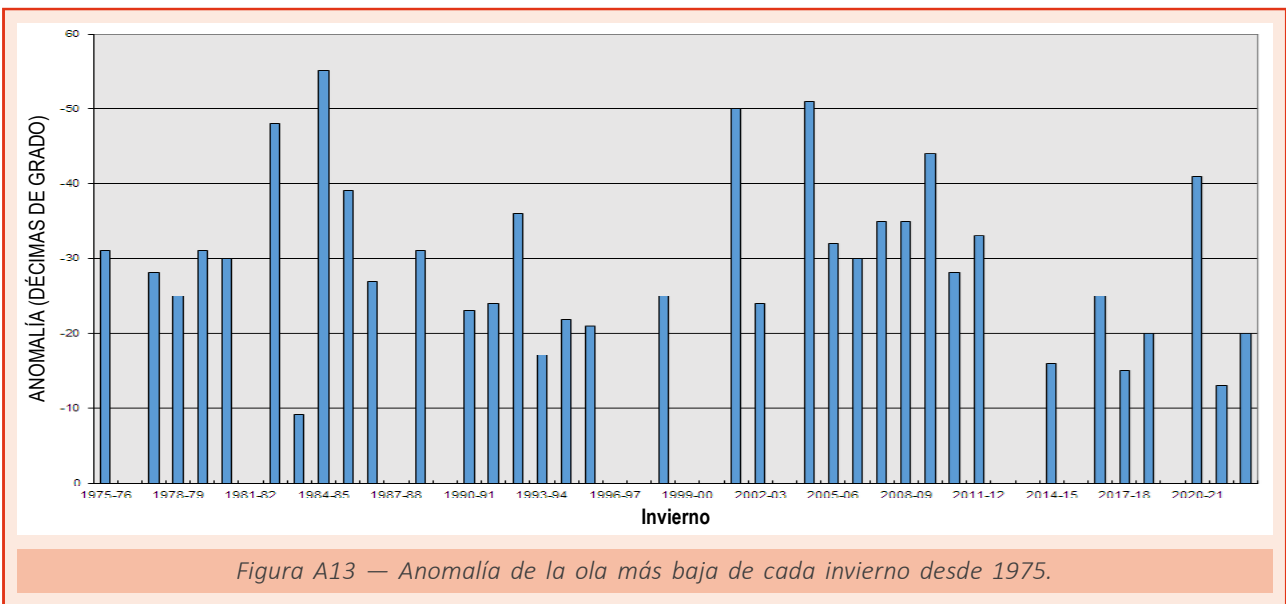
El gráfico de la figura A11 muestra el número máximo de provincias afectadas en días con ola de frío, destacando especialmente los inviernos 1984-1985, con 45 provincias afectadas los días 14 y 15 de enero, y el 1982-1983, con 44 provincias el 13 de febrero. La tercera ola en este sentido corresponde al invierno 2011-2012 y alcanzó a 39 provincias el 12 de febrero de 2012.



El gráfico de la figura A12 representa la temperatura mínima de la ola más baja para cada invierno, desde 1975. El valor más bajo, con $-9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, corresponde al invierno 2008-2009, concretamente al día 20 de diciembre; en segundo lugar figura el invierno 2007-2008, con un valor de $-8.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 17 de noviembre.



Si bien la temperatura mínima de la ola es un indicador de la intensidad de una ola de frío, está muy influenciada por las estaciones que la registren, de manera que olas de frío que afecten solo al norte peninsular tendrán en general valores más bajos que las que se extiendan también por el sur o solo por el sur, por lo que a la hora de valorar la intensidad de una ola de frío es mejor indicador la anomalía de la ola y por ello la figura A13 muestra la anomalía de la ola más baja de cada invierno. Las olas de frío más destacadas son las registradas en los inviernos 1984-1985, con una anomalía de la ola de $-5.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2004-2005 con $-5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2001-2002 con $-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 1982-1983 con $-4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.



ANEXO B. EFEMÉRIDES CLIMATOLÓGICAS

Efemérides de temperatura media anual más alta registradas en el año 2023

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Media 2023 (°C)	Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
					°C	Año		
1387	A Coruña	57	A Coruña	16,5	15,9	2022	0,6	1931
1387E	A Coruña/Alvedro	98	A Coruña	15,3	15,2	2011	0,1	1972
1212E	Asturias/Avilés	127	Asturias	15,0	14,6	2022	0,4	1969
1208H	Gijón, Musel	5	Asturias	16,5	16,1	2022	0,4	2002
1111	Santander I, CMT	52	Cantabria	16,0	15,8	2022	0,2	1951
5000C	Ceuta	87	Ceuta	20,1	19,6	2022	0,5	2005
4642E	Huelva, Ronda este	18	Huelva	19,7	19,5	2022	0,2	1985
C649I	Gran Canaria/Aeropuerto	24	Las Palmas	22,7	22,3	1998	0,4	1951
C029O	Lanzarote/Aeropuerto	14	Las Palmas	22,7	22,4	2010	0,3	1974
1505	Lugo/Rozas	442	Lugo	13,8	13,3	2020	0,5	1986
6155A	Málaga/Aeropuerto	6	Málaga	20,3	20,2	2022	0,1	1943
6000A	Melilla	52	Melilla	20,6	20,2	2022	0,4	1971
7178I	Murcia	62	Murcia	20,6	20,4	2022	0,2	1985
7031	Murcia/San Javier	4	Murcia	18,8	18,6	2016	0,2	1947
1690A	Ourense	146	Ourense	16,6	16,1	2020	0,5	1973
C929I	El Hierro/Aeropuerto	32	Santa Cruz de Tenerife	22,7	22,0	2017	0,7	1974
C139E	La Palma/Aeropuerto	33	Santa Cruz de Tenerife	21,9	21,6	2001	0,3	1971
C449C	Santa Cruz de Tenerife	36	Santa Cruz de Tenerife	23,2	22,7	1998	0,5	1920
C447A	Tenerife/Los Rodeos	632	Santa Cruz de Tenerife	18,6	18,1	2020	0,5	1944
C429I	Tenerife/Sur	64	Santa Cruz de Tenerife	23,1	22,5	2017	0,6	1981
9981A	Tortosa	50	Tarragona	19,6	19,5	2022	0,1	1920
3260B	Toledo	513	Toledo	17,5	17,4	2017	0,1	1983

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor más elevado de temperatura media anual.

105

Efemérides de temperatura media anual de las máximas más alta registradas en el año 2023

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Media máximas 2023 (°C)	Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
					°C	Año		
1387	A Coruña	57	A Coruña	19,6	19,0	2022	0,6	1931
1387E	A Coruña/Alvedro	98	A Coruña	19,9	19,7	2011	0,2	1972
8175	Albacete/Los Llanos	702	Albacete	23,4	23,2	2022	0,2	1940
1212E	Asturias/Avilés	127	Asturias	18,6	18,3	2015	0,3	1969
1208H	Gijón, Musel	5	Asturias	19,5	19,1	2022	0,4	2002
5973	Cádiz, Obs.	2	Cádiz	23,1	22,9	2022	0,2	1956
5910	Rota B. N. Observatorio	21	Cádiz	24,7	24,5	2022	0,2	1989
5000C	Ceuta	87	Ceuta	23,2	22,4	2022	0,8	2005
4121	Ciudad Real	626	Ciudad Real	23,8	23,7	2017	0,1	1971
0367	Girona/Costa Brava	143	Girona	24,0	23,9	2022	0,1	1973
4642E	Huelva, Ronda este	18	Huelva	25,9	25,5	2017	0,4	1985
C649I	Gran Canaria/Aeropuerto	24	Las Palmas	25,9	25,4	1998	0,5	1951
C029O	Lanzarote/Aeropuerto	14	Las Palmas	27,0	26,5	2022	0,5	1974
1505	Lugo/Rozas	442	Lugo	19,5	18,9	2011	0,6	1986
2462	Navacerrada, Puerto	1893	Madrid	13,1	13,0	2022	0,1	1946
6155A	Málaga/Aeropuerto	6	Málaga	25,2	25,0	2022	0,2	1943
6000A	Melilla	52	Melilla	24,1	23,8	1989	0,3	1971
7178I	Murcia	62	Murcia	27,1	26,5	2022	0,6	1985
7228	Murcia/Alcantarilla	75	Murcia	26,9	26,5	2022	0,4	1943
7031	Murcia/San Javier	4	Murcia	23,7	23,4	2022	0,3	1947
1484C	Pontevedra	113	Pontevedra	20,9	20,8	2022	0,1	1986
C929I	El Hierro/Aeropuerto	32	Santa Cruz de Tenerife	24,8	24,2	2003	0,6	1974
C449C	Santa Cruz de Tenerife	36	Santa Cruz de Tenerife	26,3	25,8	1998	0,5	1920
C447A	Tenerife/Los Rodeos	632	Santa Cruz de Tenerife	22,4	21,9	2020	0,5	1944
C429I	Tenerife/Sur	64	Santa Cruz de Tenerife	27,2	26,4	2017	0,8	1981
9981A	Tortosa	50	Tarragona	25,6	25,2	2022	0,4	1920
8416	Valencia	11	Valencia	24,1	23,9	2001	0,2	1938
8414A	Valencia/Aeropuerto	56	Valencia	24,8	24,6	2022	0,2	1966
9434	Zaragoza/Aeropuerto	249	Zaragoza	23,3	23,2	2022	0,1	1951

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor más elevado de temperatura media anual de las máximas.

Efemérides de temperatura media anual de las mínimas más alta registradas en el año 2023

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Media mínimas 2023 (°C)	Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
					°C	Año		
1387	A Coruña	57	A Coruña	13,4	12,8	2022	0,6	1931
1212E	Asturias/Avilés	127	Asturias	11,4	11,0	2022	0,4	1969
1208H	Gijón, Musel	5	Asturias	13,4	13,0	2022	0,4	2002
1111	Santander I, CMT	52	Cantabria	13,3	12,9	2022	0,4	1951
1109	Santander/Parayas	3	Cantabria	12,4	12,2	2022	0,2	1957
5000C	Ceuta	87	Ceuta	17,0	16,8	2022	0,2	2005
C649I	Gran Canaria/Aeropuerto	24	Las Palmas	19,4	19,2	1998	0,2	1951
1505	Lugo/Rozas	442	Lugo	8,0	7,9	2020	0,1	1986
3195	Madrid, Retiro	667	Madrid	11,4	11,3	2017	0,1	1920
6000A	Melilla	52	Melilla	17,2	16,9	2022	0,3	1971
1690A	Ourense	146	Ourense	10,2	9,8	2020	0,4	1973
C929I	El Hierro/Aeropuerto	32	Santa Cruz de Tenerife	20,6	20,1	2017	0,5	1974
C139E	La Palma/Aeropuerto	33	Santa Cruz de Tenerife	19,4	18,9	2008	0,5	1971
C449C	Santa Cruz de Tenerife	36	Santa Cruz de Tenerife	20,1	19,5	2017	0,6	1920
C447A	Tenerife/Los Rodeos	632	Santa Cruz de Tenerife	14,7	14,1	2020	0,6	1944
C429I	Tenerife/Sur	64	Santa Cruz de Tenerife	19,0	18,9	2004	0,1	1981
3260B	Toledo	513	Toledo	10,9	10,7	2020	0,2	1983

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor más elevado de temperatura media anual de las mínimas.

Efemérides de temperatura máxima diaria registradas en el año 2023 (extremos absolutos de la serie)

106

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Máxima 2023		Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
				°C	Día	°C	Fecha		
1082	Bilbao/Aeropuerto	42	Bizkaia	44,0	23-agosto	42,0	26/07/1947	2,0	1947
1111	Santander I, CMT	52	Cantabria	37,9	23-agosto	35,6	11/08/1953	2,3	1951
1109	Santander/Parayas	3	Cantabria	40,6	23-agosto	37,6	17/09/1987	3,0	1954
5000C	Ceuta	87	Ceuta	40,8	19-julio	40,2	30/07/2009	0,6	2003
9170	Logroño/Aeropuerto	353	La Rioja	43,3	24-agosto	42,8	07/07/1982	0,5	1948
2867	Salamanca/Matacán	790	Salamanca	41,1	22-agosto	41,0	10/08/2012	0,1	1945
C929I	El Hierro/Aeropuerto	32	Santa Cruz de Tenerife	35,4	10-octubre	34,2	16/10/1983	1,2	1973
2030	Soria	1081	Soria	38,9	9-agosto	38,7	17/07/2022	0,2	1943
9981A	Tortosa	50	Tarragona	43,9	23-agosto	43,0	07/07/1982	0,9	1920
8416	Valencia	11	Valencia	44,5	10-agosto	43,0	27/08/2010	1,5	1937
8414A	Valencia/Aeropuerto	56	Valencia	46,8	10-agosto	43,4	06/07/1986	3,4	1966

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor más elevado de temperatura máxima diaria.

Efemérides de temperatura mínima diaria más alta registradas en el año 2023 (extremos absolutos de la serie)

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Mínima 2023		Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
				°C	Día	°C	Fecha		
8096	Cuenca	949	Cuenca	24,7	18-julio	24,1	19/08/2012	0,6	1961
0367	Girona/Costa Brava	143	Girona	23,7	23-agosto	23,1	21/07/2015	0,6	1973
3168D	Guadalajara	727	Guadalajara	26,3	18-julio	25,4	19/08/2012	0,9	2011
9771C	Lleida	186	Lleida	24,9	19-julio	24,0	02/08/2001	0,9	1983
6155A	Málaga/Aeropuerto	6	Málaga	31,6	20-julio	29,4	03/08/1949	2,2	1942
8368U	Teruel	902	Teruel	21,3	31-julio	20,7	07/08/2017	0,6	1986
3260B	Toledo	513	Toledo	26,4	19-julio	26,0	08/08/2005	0,4	1982
9434	Zaragoza/Aeropuerto	249	Zaragoza	25,7	23-agosto	24,8	13/08/2022	0,9	1951

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor más elevado de temperatura mínima diaria.

Efemérides de precipitación anual más alta registradas en el año 2023

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Precipitación 2023 (mm)	Efeméride anterior		Diferencia (mm)	Datos desde
					mm	Año		
3168D	Guadalajara	727	Guadalajara	557,0	554,4	2018	2,6	2012

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor más alto de precipitación anual.

Efemérides de precipitación anual más baja registradas en el año 2023

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Precipitación 2023 (mm)	Efeméride anterior		Diferencia (mm)	Datos desde
					mm	Año		
0367	Girona/Costa Brava	143	Girona	349,2	411,2	2015	-62,0	1973
5514	Granada/Base aérea	687	Granada	175,0	181,0	2005	-6,0	1940
C029O	Lanzarote/Aeropuerto	14	Las Palmas	39,5	42,8	2001	-3,3	1973
9771C	Lleida	186	Lleida	179,0	180,1	1995	-1,1	1984
6155A	Málaga/Aeropuerto	6	Málaga	179,3	204,6	2019	-25,3	1943
C447A	Tenerife/Los Rodeos	632	Santa Cruz de Tenerife	287,6	298,7	2017	-11,1	1945

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor más bajo de precipitación anual.

Efemérides de precipitación máxima diaria registradas en el año 2023 (extremos absolutos de la serie)

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Máxima 2023		Efeméride anterior		Diferencia (mm)	Datos desde
				mm	Día	mm	Fecha		
3168D	Guadalajara	727	Guadalajara	86,4	19-octubre	44,0	29/10/2021	42,4	2011
3129	Madrid/Barajas	609	Madrid	73,8	19-octubre	73,4	13/11/1963	0,4	1951
3196	Madrid/Cuatro Vientos	690	Madrid	91,2	19-octubre	79,4	24/06/1995	11,8	1945
3200	Madrid/Getafe	620	Madrid	78,1	19-octubre	64,6	28/09/2012	13,5	1951
2465	Segovia	1008	Segovia	50,2	3-septiembre	40,8	19/06/1996	9,4	1988
3260B	Toledo	513	Toledo	90,4	3-septiembre	89,6	11/10/2008	0,8	1982
2422	Valladolid	734	Valladolid	60,4	3-septiembre	56,3	01/09/1999	4,1	1973

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor más elevado de precipitación máxima diaria.

Efemérides de racha máxima diaria registradas en el año 2023 (extremos absolutos de la serie)

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Máxima 2023		Efeméride anterior		Diferencia (km/h)	Datos desde
				km/h	Día	km/h	Fecha		
5402	Córdoba/Aeropuerto	90	Córdoba	128	22-octubre	126	18/12/1989	2	1959

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor anual más elevado de racha máxima diaria.

Efemérides de número de días de lluvia más alto registradas en el año 2023

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	N.º días 2023	Efeméride anterior		Diferencia (días)	Datos desde
					N.º días	Año		
1111	Santander I, CMT	52	Cantabria	211	208	2008	3	1949

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor anual más alto de número de días de lluvia.

Efemérides de número de días de granizo más alto registradas en el año 2023

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	N.º días 2023	Efeméride anterior		Diferencia (días)	Datos desde
					N.º días	Año		
9434	Zaragoza/Aeropuerto	249	Zaragoza	7	5	2005	2	1941

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor anual más alto de número de días de granizo.

Efemérides de número de días de niebla más alto registradas en el año 2023

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	N.º días 2023	Efeméride anterior		Diferencia (días)	Datos desde
					N.º días	Año		
3168D	Guadalajara	727	Guadalajara	12	9	2018	3	2012

Listado de una selección de estaciones principales de AEMET en las que se ha superado el anterior valor anual más alto de número de días de niebla.

ANEXO C. ¿QUÉ SON LAS NORMALES CLIMÁTICAS?

Las normales climáticas se definen como promedios de variables climáticas calculadas para un período de 30 años y constituyen un estándar para evaluar el clima. Permiten identificar tendencias, anomalías y cambios en los patrones climáticos que son esenciales para el estudio del cambio climático. Estos valores normales no son meramente estadísticos descriptivos, sino que encarnan la variabilidad inherente al clima de una región, proporcionando un marco para comparar condiciones climáticas actuales y pasadas e identificar tendencias climáticas. A medida que el cambio climático acelera las transformaciones en los patrones climáticos globales y regionales, las normales deben adaptarse para capturar estas tendencias emergentes y proporcionar una base actualizada para la comparación climática. Este proceso asegura que las normales reflejen de manera más precisa el «nuevo normal», para lo que se recalculan cada 10 años.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) establece directrices detalladas para realizar el cálculo de las normales climáticas, incluyendo recomendaciones sobre la selección de períodos de referencia, la integridad de los datos y el tratamiento de datos faltantes. Estas directrices aseguran la comparabilidad y la coherencia de las normales climáticas a nivel internacional, facilitando así su uso en diversos campos, desde la meteorología y la hidrología hasta la agricultura, la planificación urbana y la salud pública.

El proceso de cálculo de las normales climáticas comienza con la recolección de registros climatológicos diarios y mensuales de numerosas estaciones meteorológicas. Estos datos deben cubrir completamente el período de referencia y ser lo más completos y homogéneos posible. La recolección incluye variables climáticas como temperatura, precipitación, humedad, presión atmosférica, radiación solar y viento, entre otras.

Los datos registrados pasan por un riguroso control de calidad para identificar y corregir errores, datos faltantes y valores atípicos. Este proceso incluye la comparación con registros de estaciones cercanas y la detección de inconsistencias temporales. El control de calidad es crucial para asegurar la fiabilidad de las normales climáticas generadas.

El siguiente paso es la homogeneización que es esencial para corregir los sesgos introducidos por cambios en las metodologías de medición, ubicación de las estaciones, prácticas de observación, y otros factores no climáticos. Se utilizan métodos estadísticos para ajustar las series temporales, garantizando que las variaciones en los datos reflejen únicamente cambios en el clima. Este paso es fundamental para asegurar la comparabilidad de las normales a lo largo del tiempo.

Con los datos homogeneizados, se calculan las medias y otros estadísticos de interés para cada mes, estación (invierno, primavera, verano, otoño) y el año completo. Para parámetros como la precipitación total, la suma se calcula directamente. Para otros, como la temperatura media, se calcula la media aritmética de los valores diarios. Las normales de otros parámetros, como los percentiles, se derivan de la distribución de los datos durante el período de referencia. Finalmente, se evalúa la integridad de los conjuntos de datos para asegurar que los cálculos de las normales sean representativos.

La metodología de cálculo de las normales climáticas para el período 1991-2020 seguida en AEMET, viene descrita en la guía de la OMM (WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203, 2017), que establece los principios fundamentales para el cálculo de normales climáticas. El procedimiento detallado seguido en AEMET y la descripción de los datos utilizados se pueden consultar en LORENZO *et al.* (2023) y LORENZO *et al.* (2024).

ANEXO D. CARACTERIZACIÓN DE LA TEMPERATURA Y LA PRECIPITACIÓN MEDIANTE PERCENTILES

Con el fin de caracterizar las variables meteorológicas de temperatura y precipitación, se utilizan valores estadísticos que no tengan en cuenta la función de distribución de las variables estudiadas. Para obtener una descripción completa de la distribución, además de un valor que mida la tendencia central, es necesario indicar la dispersión. En este informe, para la tendencia central se ha calculado la media y para medir la dispersión los percentiles correspondientes al 20 % (P20), 40 % (P40), 60 % (P60) y 80 % (P80) calculados a partir del período de referencia (1991-2020), basándose en el método de GIBBS y MAHER (1967). Estos percentiles dividen el período de referencia en cinco intervalos y la caracterización del año estudiado se lleva a cabo asignando el valor medio de la variable al intervalo de percentiles correspondiente. De este modo, en el caso de la temperatura (T) del año estudiado, la caracterización de un año, de acuerdo con los percentiles indicados, es la siguiente:

- EC = Extremadamente cálido. $T > T_{\max}$. La temperatura sobrepasa el valor máximo registrado en el período de referencia 1991-2020.
- MC = Muy cálido: $P80 < T \leq T_{\max}$. La temperatura se encuentra en el intervalo correspondiente al 20 % de los años más cálidos.
- C = Cálido: $P60 < T \leq P80$.
- N = Normal: $P40 < T \leq P60$.
- F = Frío: $P20 < T \leq P40$.
- MF = Muy frío: $T_{\min} \leq T \leq P20$. La temperatura se encuentra en el intervalo correspondiente al 20 % de los años más fríos.
- EF = Extremadamente frío. $T < T_{\min}$. La temperatura no alcanza el valor mínimo registrado en el período de referencia 1991-2020.

Donde los valores de los percentiles del período de referencia 1991-2020 vienen reflejados en la tabla D1.

Tabla D1. Percentiles correspondientes a la temperatura para el período de referencia 1991-2020.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mínimo T_{\min}	4.0	4.2	8.2	10.2	13.1	15.8	20.9	21.2	16.8	11.4	7.5	4.6
P20	5.4	5.8	9.1	10.8	14.4	19.3	22.1	22.4	18.3	13.6	8.6	6.2
P40	5.9	6.6	9.5	12.0	15.4	19.9	22.8	23.0	19.1	14.4	9.4	6.5
P60	6.5	7.6	10.3	12.2	16.3	20.2	23.4	23.4	19.6	15.1	9.9	7.0
P80	7.1	8.6	10.7	13.0	16.9	21.2	23.9	23.8	20.2	16.1	11.0	7.8
Máximo T_{\max}	8.2	10.6	12.5	14.8	17.8	22.8	25.4	24.9	21.5	17.3	11.7	9.3

En el caso de la precipitación (PR), la caracterización del año, de acuerdo con los percentiles, es la siguiente:

- EH = Extremadamente húmedo. $PR > PR_{\max}$. La precipitación sobrepasa el valor máximo registrado en el período de referencia 1991-2020.
- MH = Muy húmedo: $P80 < PR \leq PR_{\max}$. La precipitación se encuentra en el intervalo correspondiente al 20% de los años más húmedos.
- H = Húmedo: $P60 < PR \leq P80$.
- N = Normal: $P40 < PR \leq P60$.
- S = Seco: $P20 < PR \leq P40$.
- MS = Muy seco: $PR_{\min} \leq PR \leq P20$. La precipitación se encuentra en el intervalo correspondiente al 20% de los años más secos.
- ES = Extremadamente seco. $PR < PR_{\min}$. La precipitación no alcanza el valor mínimo registrado en el período de referencia 1991-2020.

Donde los valores de los quintiles, del período de referencia 1991-2020, utilizados vienen reflejados en la tabla D2.

Tabla D2. Percentiles correspondientes a la precipitación para el período de referencia 1991-2020.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mínimo PR_{min}	11.5	8.1	3.2	22.6	16.6	10.0	7.3	7.9	14.5	21.7	23.0	17.7
P20	40.4	28.3	29.8	43.1	34.6	18.9	11.5	13.9	31.7	52.7	47.7	34.3
P40	49.3	45.0	47.1	50.5	49.5	23.0	13.9	18.3	40.7	69.2	62.2	49.7
P60	63.2	57.3	60.0	65.0	60.6	32.8	16.7	22.4	48.4	85.3	94.6	66.6
P80	89.2	72.2	74.6	89.4	75.6	39.6	20.5	27.8	57.9	100.2	104.2	110.5
Máximo PR_{max}	177.6	124.9	161.6	125.3	120.6	92.7	40.0	45.2	80.4	143.3	163.9	184.8

ANEXO E. REFERENCIAS

- COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S), 2024. European State of the Climate 2023. <https://climate.copernicus.eu/ESOTC/2023>.
- GIBBS, W. J. y MAHER, J. V., 1967. Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, 48, Melbourne: Bureau of Meteorology.
- HERSBACH, H., BELL, B., BERRISFORD, P. *et al.*, 2020. The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 146: 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- KENDALL, M. y GIBBONS, J., 1990. Rank Correlation Methods. Charles Griffin Book. Oxford Univ. Pr.
- LORENZO, B. *et al.*, 2023. Operational homogenization of daily climate series in Spain: experiences with different variables. 11th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases and 6th Interpolation Conference jointly organized with the 14th EUMETNET Data Management Workshop. Hungarian Meteorological Service.
- LORENZO, B. *et al.*, 2024. Operational homogenization of daily climate series in Spain: experiences with different variables. *Journal IDÖJÀRÁS. Quarterly Journal of the HungaroMet*. Hungarian Meteorological Service. (In Press).
- MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J. y KLEIST, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp. 179-186.
- MONTZKA, S. A., 2023. The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI). Laboratorio de Vigilancia Mundial de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera. Recuperado el 8 de abril de 2024 de: <https://gml.noaa.gov/aggi/aggi.html>.
- NÚÑEZ MORA, J. Á., 2020. Una cuarentena en penumbra. Agencia Estatal de Meteorología. <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/11745>.
- NÚÑEZ MORA, J. Á., 2020. Una cuarentena en penumbra. *Tiempo y Clima*, 5 (69), 8-10. <https://pub.ame-web.org/index.php/TyC/article/view/2382/2583>.
- ORIA IRIARTE, P., 2023. Desviaciones estándar y eventos anómalos de temperatura, ¿por qué el episodio de octubre de 2023 va a batir todos los récords? <https://aemetblog.es/2023/10/10/desviaciones-estandar-y-eventos-anomalos-de-temperatura-por-que-el-episodio-de-octubre-de-2023-va-a-batir-todos-los-records/>.
- PFEIFROTH, U., TRENTMANN, J., HOLLMANN, R., SELBACH, N., WERSCHECK, M. y MEIRINK, J. F., 2018. ICDR SEVIRI Radiation - based on SARA-2 methods, Satellite Application Facility on Climate Monitoring. https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewICDRDetails?acronym=SARAH_V002_ICDR.
- SEN, P. K., 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389. <https://doi.org/10.237/2285891>.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), 2017. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals (WMO-No. 1203).

<https://library.wmo.int/idurl/4/55797>.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), 2022. *Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin)*, No. 18: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2021.

<https://library.wmo.int/idurl/4/58743>.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), 2023. *Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin)*, No. 19: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2022.

<https://library.wmo.int/idurl/4/68532>.

ANEXO F. LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
C3S	Copernicus Climate Change Service (Servicio de Cambio Climático de Copernicus)
CFC	Clorofluorocarbono
dana/DANA	depresión aislada en niveles altos
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio)
ESA	European Space Agency (Agencia Espacial Europea)
EUMETNET	European Meteorological Services Network (Red de Servicios Meteorológicos Europeos)
EUMETSAT	European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites (Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos)
GD	Grado-día
GEI	Gas de efecto invernadero
HF	Hora-frío
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera (Instituto Portugués del Mar y la Atmosfera)
IPRC	International Pacific Research Center (Centro de Investigación Internacional del Pacífico)
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut / Royal Netherlands Meteorological Institute (Instituto Real de Meteorología de los Países Bajos)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, de los Estados Unidos de América)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América)
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ppb	número de moléculas de un gas traza por mil millones (10^9) de moléculas de aire seco (del inglés <i>parts per billion</i>)
ppm	número de moléculas de un gas traza por millón (10^6) de moléculas de aire seco (del inglés <i>parts per million</i>)
ppt	número de moléculas de un gas traza por billón (10^{12}) de moléculas de aire seco (del inglés <i>parts per trillion</i>)
RGB	Red-green-blue (imagen realizada en colores rojo, verde y azul)
SAF	Satellite Application Facilities
SDU	Sunshine duration (duración de la insolación)
SPI	Standardized Precipitation Index (índice de precipitación estandarizado)
UH	Universidad de Hawái
UTC	universal time coordinated (tiempo universal coordinado)
VAG	Vigilancia de la Atmosfera Global de la OMM
WMO	World Meteorological Organization (Organización Meteorológica Mundial, OMM)

