

Informe sobre el estado del clima de España 2022



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 2022

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, Juan Antonio de Cara García, Rubén del Campo Hernández, Pedro Pablo Rivas Soriano y Miguel Ángel García Couto.

Han colaborado también: Belinda Lorenzo Mariño, José Vicente Moreno García, María Teresa Toha Rebull, Beatriz Peraza Sánchez y Jaime Rey Vidaurrázaga.

Imagen de portada:

Muestra de la reducción de la visibilidad provocada por la intensa llegada de polvo en suspensión que tuvo lugar a mediados de marzo de 2022. Comparación de una fotografía realizada durante el episodio con otra tomada los días previos.

Autor:

Rubén del Campo.



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, 2023

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

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

NIPO: 666-23-003-8

<https://doi.org/10.31978/666-23-003-8>

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 2022	5
1.1. Temperatura	6
1.1.1. Evolución de las temperaturas durante 2022	7
1.1.2. Episodios de temperaturas extremas	9
1.1.3. Evolución de los récords diarios de temperatura en España	10
1.1.4. Análisis de olas de calor y olas de frío de 2022	12
1.1.5. Evolución de la temperatura superficial del agua del mar	18
1.2. Precipitación	23
1.2.1. Evolución de la precipitación a lo largo de 2022	24
1.2.2. Episodios de precipitaciones intensas	25
1.3. Sequía meteorológica, índice de precipitación estandarizado (SPI) y características agroclimáticas y fenológicas	27
1.3.1. Precipitación por zonas características de AEMET o grandes cuencas	27
1.3.2. Índice de precipitación estandarizado por zonas características de AEMET o grandes cuencas	28
1.3.3. Características agroclimáticas y fenológicas del año 2022	30
1.4. Insolación	39
1.4.1. Anomalías significativas de insolación	41
1.5. Gases de efecto invernadero	42
1.6. Descargas eléctricas y tormentas durante 2022	46
1.6.1. Descargas eléctricas	46
1.6.2. Días de tormenta	48
1.7. Fenómenos meteorológicos extremos	49
1.7.1. Principales episodios de fenómenos meteorológicos extremos	49
1.7.2. Borrascas con gran impacto	52
2. DESCRIPCIÓN MENSUAL DE LAS PRINCIPALES CONFIGURACIONES SINÓPTICAS	57
2.1. Enero	58
2.2. Febrero	59
2.3. Marzo	60
2.4. Abril	62
2.5. Mayo	63
2.6. Junio	65
2.7. Julio	67
2.8. Agosto	69
2.9. Septiembre	71
2.10. Octubre	73
2.11. Noviembre	75
2.12. Diciembre	77
AGRADECIMIENTOS	79
ANEXOS	81
A. Olas de calor y frío: definición y metodología. Evolución	81
B. Efemérides climatológicas	93
C. Caracterización de una estación de observación fenológica	97
D. Caracterización de la temperatura y la precipitación mediante percentiles	101
E. Referencias	103
F. Lista de siglas y acrónimos	105

INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

Esta edición del *Informe sobre el estado del clima en España 2022* (IECLE 2022) es la número cuatro de una serie de informes anuales publicados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). El IECLÉ 2022 aporta una instantánea del contexto global y europeo, provee de un análisis detallado de las condiciones en España correspondiente al año 2022, analiza las tendencias e indicadores climáticos, así como los fenómenos meteorológicos extremos y destacables acontecidos a escala nacional y regional.

Dentro del ámbito objetivo del IECLÉ 2022 reside el proporcionar información basada en evidencias, el identificar patrones y tendencias y el descubrir información valiosa que pueda ayudar a: predecir comportamientos futuros, reconocer oportunidades para la mitigación de riesgos y apoyar la toma de decisiones para el análisis y mejora de procesos. En relación a su proceso de elaboración, el IECLÉ 2022 se confecciona a partir de los conjuntos de datos operativos que forman parte de las fuentes de datos AEMET, auténtico tesoro para el ámbito de la investigación y la toma de decisiones de esta organización. Estos datos han sido sometidos a validaciones continuas y estrictos controles de calidad, para ofrecer una visión general de 2022 en el contexto a largo plazo. Asimismo, se han tenido en consideración datos de libre acceso de otras fuentes oficiales ajenas a AEMET, con garantías de controles de calidad. Estos han sido empleados como complementarios a los de AEMET y cuando han aportado elementos informativos adicionales.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), confirma que en 2022 las concentraciones de los tres principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, superaron los registros más altos observados en 2021, el último año para el que se dispone de valores mundiales consolidados (1984-2021). La OMM constata que el aumento anual de la concentración de metano de 2020 a 2021 fue el más alto desde que existen registros. Los datos en tiempo real de determinados emplazamientos constatan que los niveles de los tres gases de efecto invernadero siguieron aumentando en 2022. Esta tendencia alcista constituye uno de los principales factores del cambio climático.

En efecto, los datos registrados por las diferentes redes de observación confirman este contexto de cambio climático. Los últimos ocho años han sido los más cálidos registrados a nivel mundial. Dentro de este intervalo de años, el año 2022 se situó en sexto lugar, con una anomalía de temperatura de 0.86 °C. El año 2022 se caracterizó por temperaturas muy superiores a la media en gran parte del planeta, con máximos anuales en partes de Europa, del sur de Asia, el norte, el sureste y el suroeste del océano Pacífico y del océano Atlántico. Por otro lado, las temperaturas registraron valores inferiores a la media en el centro y este del océano Pacífico tropical, en consonancia con un episodio de la fase fría del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), también conocido como La Niña, que persistió durante todo el año. El ENSO afecta tanto a los patrones meteorológicos globales, como a las temperaturas globales. Las temperaturas globales tienden a ser más cálidas los años en los que se da la fase cálida del ENSO, es decir, los años correspondientes a El Niño, a diferencia de los años

de ENSO-neutral y de los años de La Niña, en los que las temperaturas son más frías. Se ha constatado que la temperatura anual global aumentó a un ritmo medio de 0.08 °C por década desde 1880 y más del doble, 0.18 °C por década, desde 1981.

En lo relativo a la precipitación, el fenómeno de La Niña determinó la distribución espacial de las precipitaciones en gran parte del planeta en el año 2022. La precipitación media anual muestra los máximos de precipitación habituales de los trópicos y latitudes medias, y las zonas secas de los subtrópicos. Las características tropicales de La Niña contribuyeron a que se produjeran inundaciones en Indonesia, Malasia, Indochina, el sur de la India, Pakistán y Australia. Las inundaciones también fueron más frecuentes en el norte de Sudamérica y en el este de Brasil. Sin embargo, existió déficit de precipitación y condiciones de sequía en gran parte de la mitad sur de Sudamérica, entre otros lugares.

Las mediciones en los glaciares de las zonas de alta montaña de Asia, el oeste de América del Norte, América del Sur y partes del Ártico también revelan pérdidas considerables de su masa de hielo. En Islandia y el norte de Noruega se produjeron aumentos de masa asociados a precipitaciones superiores a la media y un verano relativamente fresco. Las dos regiones polares también experimentaron condiciones inusualmente cálidas en 2022. El hielo marino antártico alcanzó en febrero su mínimo de todos los meses de febrero y a finales de año, la capa de hielo de Groenlandia sufrió importantes deshielos.

El contenido de calor de los océanos alcanzó un máximo histórico en 2022. Alrededor del 90 % de la energía atrapada en el sistema climático por la acción de los gases de efecto invernadero es absorbida por los océanos. El ritmo de calentamiento de los océanos ha sido especialmente elevado en las dos últimas décadas. Pese a la persistencia de las condiciones del episodio de La Niña, el 58 % de la superficie oceánica experimentó al menos una ola de calor marina en 2022.

En lo que respecta a Europa, el año 2022 fue el segundo año más cálido registrado, con una anomalía de 0.9 °C. Se registraron temperaturas superiores a la media en el noreste de Escandinavia y en los países de la cuenca mediterránea noroccidental. El invierno, el verano y el otoño fueron más cálidos que la media, mientras que la primavera fue ligeramente más fría, con una anomalía comprendida entre -0.1 y -0.2 °C. En el conjunto de Europa, el verano fue el más cálido registrado, con una anomalía de 1.4 °C y entre 0.3-0.4 °C por encima del verano de 2021, que hasta entonces fue el más cálido registrado. La mayor parte de Europa occidental registró numerosas olas de calor. Los 10 años más cálidos de Europa se han producido desde 2007. La temperatura anual de Europa ha aumentado a un ritmo medio de 0.15 °C por década desde 1910, sin embargo, se ha triplicado hasta 0.46 °C desde 1981.

Con respecto a la precipitación, el año 2022 en Europa, fue hasta un 10 % más seco que la media. Mayo fue el mes más seco, con un 21-28 % menos de precipitaciones que la media, mientras que septiembre fue el mes más húmedo con un 13-21 % más de precipitaciones. En 2022 las zonas agrícolas de muchos continentes se vieron gravemente afectadas por la sequía. El año comenzó más seco de lo normal en algunas zonas del sur de Europa. Estas condiciones se dieron en la mayor parte de Europa desde el mes de marzo de 2022 y persistieron durante el verano y el otoño. La situación produjo la propagación e intensificación de grandes incendios, por lo que el año en su conjunto registró la segunda mayor superficie quemada en los países de la Unión Europea. En invierno, las precipitaciones variaron de una región a otra. Se

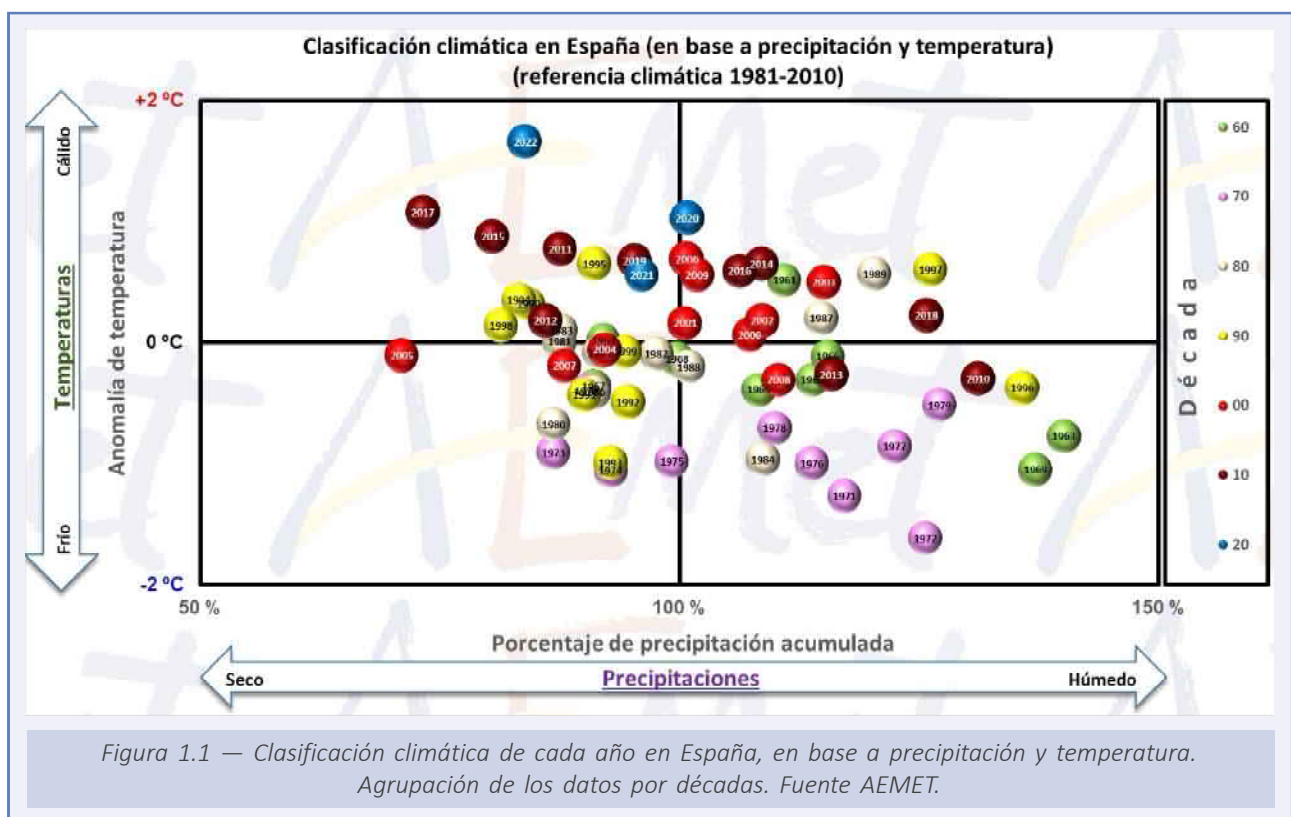
dieron condiciones más húmedas que la media en el norte y este de Europa, y más secas que la media en el suroeste. La primavera y el verano fueron más secos que la media en la mayoría de las zonas, aunque en zonas aisladas se registraron anomalías húmedas durante el verano.

En los Alpes europeos, el deshielo de los glaciares alcanzó máximos históricos debido a una combinación de varios factores: poca nieve invernal, intrusión de polvo sahariano en marzo de 2022 y las olas de calor que se produjeron entre mayo y principios de septiembre. La temperatura media de la superficie de los mares europeos fue la más cálida registrada.

En la dimensión estructural del informe, el IECLC 2022 consta de tres secciones diferenciadas. En el Capítulo 1 se analizan las características espaciales y temporales del clima en España en el año 2022. Asimismo, se profundiza en el estudio del comportamiento de las variables meteorológicas más relevantes y se estudian sus variaciones tanto espaciales como temporales. El Capítulo 2 expone una descripción de las principales configuraciones sinópticas que determinaron el tiempo sensible en los diferentes meses del año 2022 en España. Finalmente, varios anexos complementan la información proporcionada a lo largo del IECLC 2022.

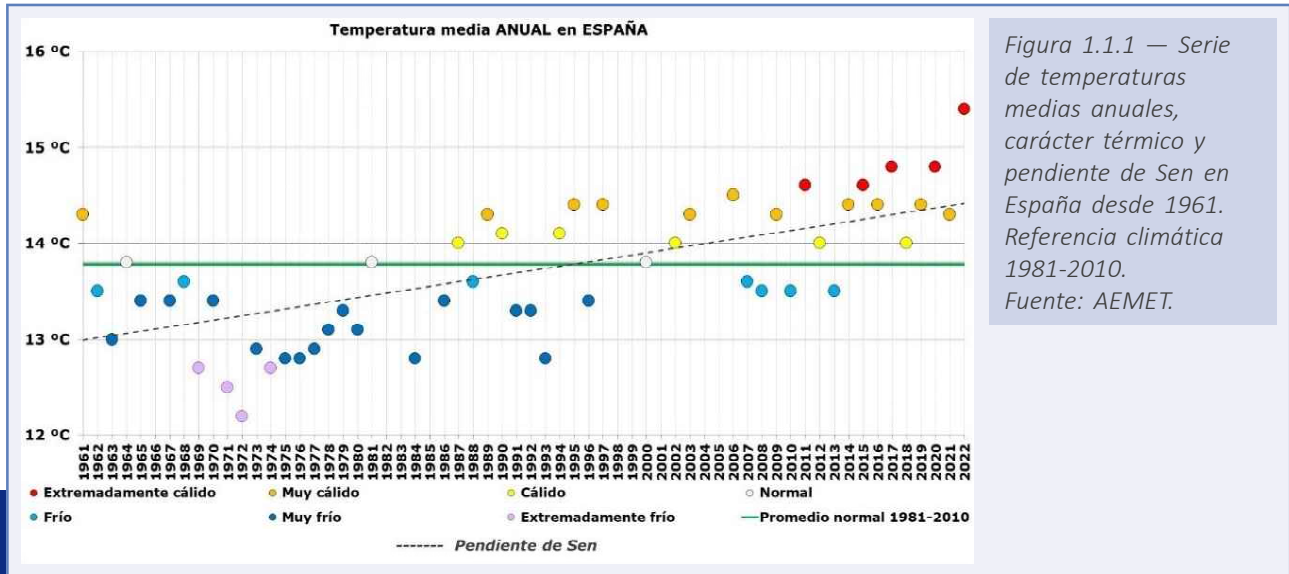
1. ESTADO DEL CLIMA DE ESPAÑA: AÑO 2022

El año 2022 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 2022 se sitúa en el cuadrante superior izquierdo, donde aparecen los años más cálidos y secos con respecto al periodo de referencia 1981-2010.



1.1. TEMPERATURA

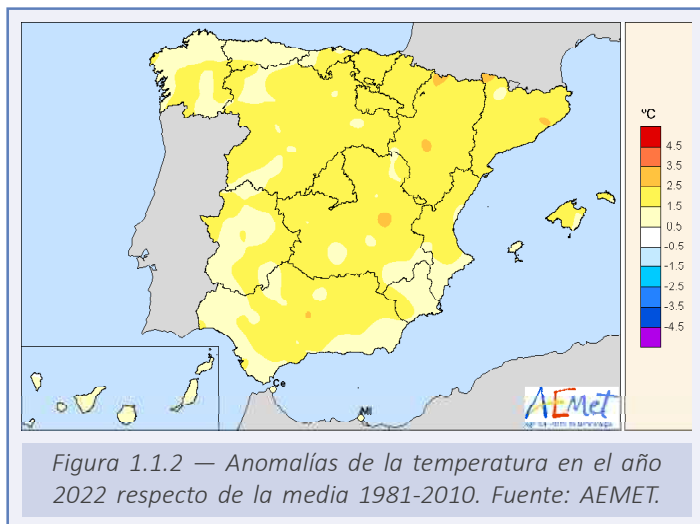
El año 2022 fue extremadamente cálido en España, con una temperatura media de 15.4 °C (15.4 °C en el promedio de la España peninsular, 18.4 °C en Baleares y 19.1 °C en Canarias), valor que queda 1.6 °C por encima del promedio anual normal (periodo de referencia 1981-2010). Se ha tratado del año más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, superando en 0.6 °C a los años 2017 y 2020, que eran hasta ahora los más cálidos. De los diez años más cálidos de la serie, nueve pertenecen al siglo XXI.



6

Para la estimación de la tendencia en la serie de datos de temperatura media 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). Se ha encontrado una tendencia estadísticamente significativa, con un 95 % de nivel de confianza, de que la temperatura media anual ha ascendido 1.48 °C entre 1961 y 2022 en España.

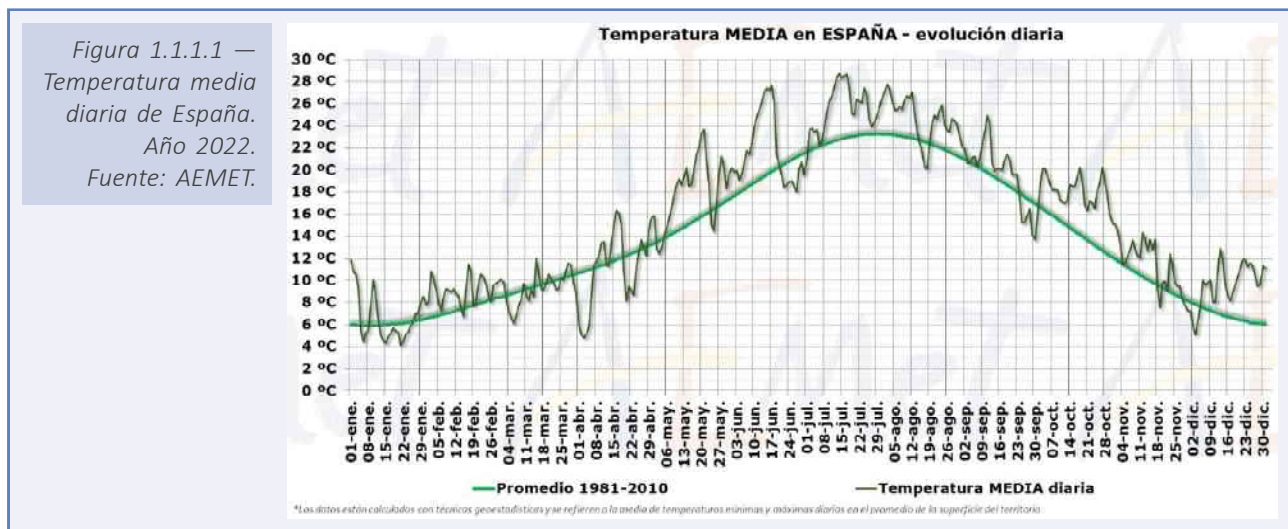
El año fue extremadamente cálido en prácticamente todo el territorio peninsular español y en Baleares. En Canarias tuvo un carácter variable de unas zonas a otras, resultando en conjunto muy cálido. Se observaron anomalías térmicas cercanas a +2 °C en la mayor parte de Cataluña, Aragón, Navarra, País Vasco, La Rioja, Cantabria, Castilla y León, Madrid, Castilla-La Mancha, centro y norte de la Comunitat Valenciana, interior de Galicia, centro de Andalucía y en zonas de Extremadura y de la Región de Murcia. En el resto de la España peninsular las anomalías se situaron alrededor de +1 °C. En Baleares tomaron valores comprendidos entre +1 °C y +2 °C, mientras que en Canarias se situaron alrededor de +1 °C.



Las temperaturas máximas diarias quedaron en promedio 1.9°C por encima del valor normal, mientras que las temperaturas mínimas diarias se situaron 1.5°C por encima de la media, resultando una oscilación térmica diaria 0.4°C superior a la normal.

1.1.1. Evolución de las temperaturas durante 2022

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 periodo de referencia 1981-2010.



El año comenzó con un mes de enero cálido, con una temperatura media en España que se situó 0.7°C por encima de la media del mes. Febrero fue muy cálido, con una anomalía de +1.9°C.

La primavera (periodo comprendido entre el 1 de marzo y el 31 de mayo) tuvo un carácter muy cálido, con una temperatura media sobre España de 12.9°C, valor que queda 0.7°C por encima de la media de esta estación. La primavera comenzó con un mes de marzo frío, con una temperatura media que se situó 0.6°C por debajo de la media del mes. Abril fue también frío, con una temperatura 0.3°C por debajo de la normal. En cambio, mayo fue extremadamente cálido, con una temperatura 3.0°C por encima de la media del mes, resultando el segundo mayo más cálido desde el comienzo de la serie en 1961 y el más cálido del siglo XXI.

El verano (periodo comprendido entre el 1 de junio y el 31 de agosto) tuvo un carácter extremadamente cálido, con una temperatura media en España de 24.0°C, valor que queda 2.2°C por encima de la media. Se trató del verano más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, habiendo superado en 0.4°C el anterior valor más alto de la serie, que era hasta ahora el de 2003. El verano comenzó con un mes de junio muy cálido, el cuarto más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, con una temperatura media en España que se situó 2.0°C por encima de la media del mes. Julio fue extremadamente cálido, resultando el mes de julio y el mes en general más cálido de la serie, con una temperatura 2.7°C superior a la media de julio. Agosto fue muy cálido, con una temperatura 2.0°C por encima de la media del mes, siendo el segundo agosto más cálido de la serie.

El otoño (periodo comprendido entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre) tuvo un carácter muy cálido, con una temperatura media sobre España de 16.4 °C, valor que queda 2.0 °C por encima de la media. Fue el otoño más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, empatado con el de 1983, y el más cálido del siglo XXI. El otoño comenzó con un mes de septiembre cálido, con una temperatura media 0.6 °C por encima de la media del mes. Octubre fue extremadamente cálido, con una temperatura media 3.5 °C superior a la media, resultando el octubre más cálido desde el comienzo de la serie en 1961. Noviembre fue muy cálido, con una temperatura media 1.8 °C por encima de la media, siendo el quinto mes de noviembre más cálido de la serie.

Por último, el mes de diciembre tuvo en conjunto un carácter extremadamente cálido, con una temperatura media en la España peninsular 2.8 °C por encima de la media del mes, resultando el mes de diciembre más cálido desde el comienzo de la serie en 1961.

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 1981-2010 de cada uno de los periodos, la anomalía térmica, el carácter y el orden que ocupan en la serie ordenada de más a menos cálido dentro de la serie de 62 años de datos que comienza en 1961.

El 71% de los días de 2022 tuvieron una temperatura media superior al valor normal del periodo de referencia, mientras que el 29% tuvieron una temperatura media inferior a ese valor.

Únicamente los meses de marzo y abril tuvieron una temperatura media inferior al valor climático de referencia. El resto de los meses la temperatura media fue superior al promedio, destacando julio, octubre y diciembre, los más cálidos de la serie con anomalías de +2.7 °C, +3.5 °C y +2.8 °C, respectivamente, y mayo y agosto, los segundos más cálidos con +3.0 °C y +2.0 °C.

Mes	Temperatura media 2022	Promedio normal (1981-2010)	Anomalía	Carácter	Orden
Enero	6.6	5.9	+0.7	Cálido	21
Febrero	9.0	7.1	+1.9	Muy cálido	8
Marzo	9.3	9.9	-0.6	Frío	34
Abril	11.2	11.5	-0.3	Frío	36
Mayo	18.2	15.2	+3.0	Extremadamente cálido	2
Junio	21.8	19.8	+2.0	Muy cálido	4
Julio	25.6	22.9	+2.7	Extremadamente cálido	1
Agosto	24.7	22.7	+2.0	Muy cálido	2
Septiembre	19.8	19.2	+0.6	Cálido	21
Octubre	18.0	14.5	+3.5	Extremadamente cálido	1
Noviembre	11.4	9.6	+1.8	Muy cálido	5
Diciembre	9.6	6.8	+2.8	Extremadamente cálido	1
Invierno	8.1	6.6	+1.5	Muy cálido	14
Primavera	12.9	12.2	+0.7	Muy cálido	12
Verano	24.0	21.8	+2.2	Extremadamente cálido	1
Otoño	16.4	14.4	+2.0	Muy cálido	1
ANUAL	15.4	13.8	+1.6	Extremadamente cálido	1

Tabla 1.1.1.1. Temperatura media mensual, estacional, anual, promedio normal, anomalía, carácter y orden. Año 2022.

1.1.2. Episodios de temperaturas extremas

En 2022 fueron muy frecuentes los episodios cálidos, registrándose tres olas de calor en la península ibérica y Baleares y dos en Canarias. En la figura 1.1.2.1 se ha representado la evolución anual de la temperatura máxima en España.

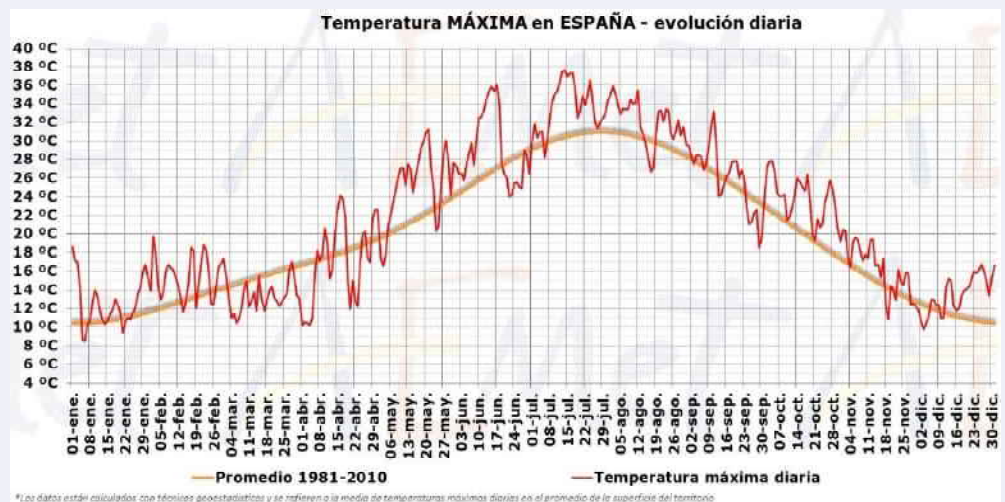
Destacó la ola de calor, de excepcional duración e intensidad, que afectó a la España peninsular y Baleares entre los días 9 y 26 de julio, y que fue debida a la presencia de un potente anticiclón atlántico que favoreció el desplazamiento de una masa de aire muy cálida de origen africano en la península ibérica y Baleares. Se registraron temperaturas, tanto máximas como mínimas, muy por encima de las normales para la época del año, llegando a superarse los 45 °C en algunos puntos de la mitad sur de la Península.

Canarias también se vio afectada por este episodio, que dio lugar a dos sucesivas olas de calor en el archipiélago: la primera entre los días 9 y 11, y la segunda entre el 24 y el 26 de julio. Hubo además otras dos olas de calor en la Península y Baleares, debidas a invasiones de aire cálido procedente del norte de África: la primera se extendió entre los días 12 y 18 de junio, y la segunda entre el 30 de julio y el 15 de agosto.

Otros episodios cálidos destacados fueron el de los días 7 a 24 de mayo, con temperaturas muy por encima de las normales para la época del año, especialmente durante los días 20 a 22 de mayo, llegando a superarse los 40 °C en algunas zonas de Andalucía, y el de los días 8 a 13 de septiembre, en el que también se alcanzaron los 40 °C en algunos puntos del sur de la Península.

Las temperaturas más elevadas del año se observaron durante la ola de calor de julio, destacando entre observatorios principales los 46.0 °C registrados en Morón de la Frontera el 24 de julio, los 45.1 °C medidos en Murcia y Alcantarilla/base aérea el 25 de julio, y los 44.8 °C observados en Sevilla/aeropuerto el 13 de julio. En dieciocho estaciones principales se registró la temperatura máxima diaria más alta desde que hay registros.

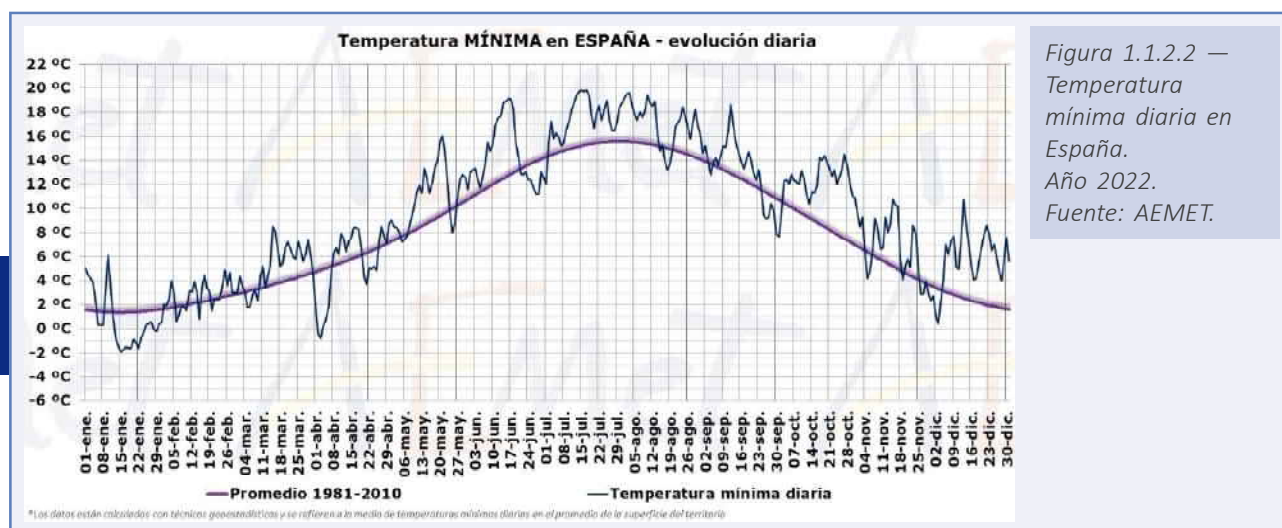
Figura 1.1.2.1 —
Temperatura
máxima diaria en
España.
Año 2022.
Fuente: AEMET.



Durante 2022 los episodios fríos fueron, en cambio, escasos y de poca intensidad. En la figura 1.2.1.2 se ha representado la evolución anual de la temperatura mínima en España.

Hubo únicamente una ola de frío, entre los días 14 y 18 de enero, en la que las temperaturas mínimas estuvieron muy por debajo de los normales en muchas regiones, si bien las máximas tomaron valores ligeramente superiores a los normales. Otros episodios fríos destacados fueron los de los días 5 a 8 de enero, en los que tanto las máximas como las mínimas diarias se situaron por debajo de los valores habituales para la época del año, y el de los días 31 de marzo a 6 de abril, con temperaturas tanto máximas como mínimas por debajo de las habituales para la época del año.

Las temperaturas más bajas de 2022 entre observatorios principales correspondieron a Molina de Aragón, con -11.5°C el 29 de enero, Teruel y Soria, con -9.1°C los días 14 y 22 de enero, respectivamente, y Puerto de Navacerrada, donde se registraron -8.9°C el 2 de abril.



1.1.3. Evolución de los récords diarios de temperatura en España

En base a 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 se llamará «récords de temperaturas altas y bajas». 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 muestran 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 de temperatura en un año, en este informe anual del clima 2022 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 temperaturas altas y bajas no debería variar demasiado con el paso del tiempo, ajustándose a la misma distribución estadística teórica.

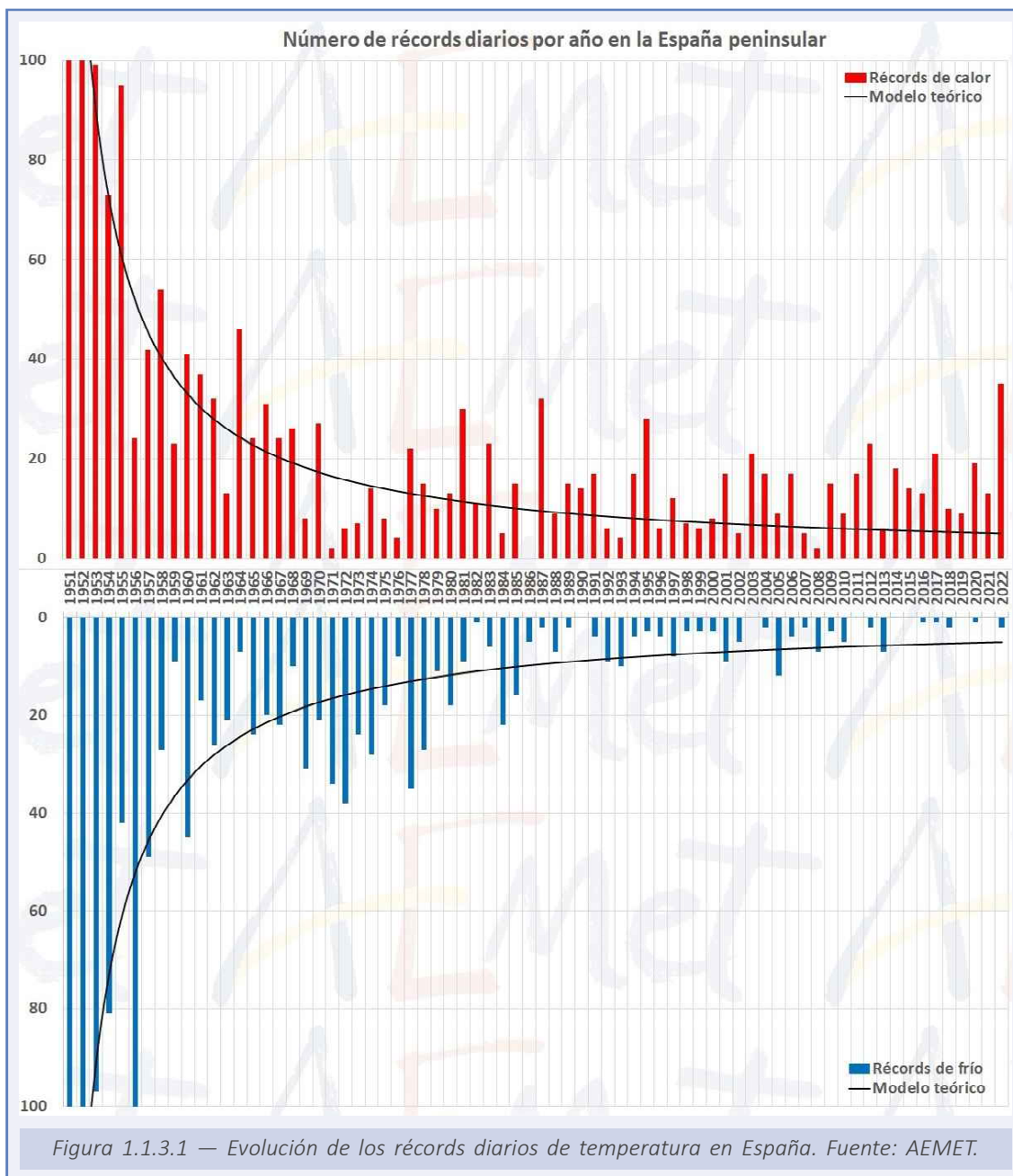
El método parte de la base de que, en el primer año de registros, en este caso 1950, todos los días se producen de forma simultánea récords de temperaturas altas y bajas (solo hay un registro cada día del primer año de la serie, por lo que ese registro es a la vez el más alto y el más bajo). Así, el número de récords de ese primer año es de 365, tanto en temperaturas altas como bajas. En 1951, el segundo año de la 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 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 diarios de temperaturas altas y bajas desde 1950 en la España peninsular. Durante los últimos 30 años, el número real de récords de temperaturas altas diarias es mucho mayor que el valor teórico, y el número de récords diarios de temperaturas bajas 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.

2022 ha sido un año excepcional. En el año con más días con ola de calor de la serie histórica (41), se registraron 35 récords diarios de temperaturas altas, que es siete veces el valor esperable según el modelo teórico. En una sencilla operación entre récords registrados y esperados, la proporción de 2022 (7.1:1) es casi el doble que el siguiente año de la serie (4.0:1 del año 2012). En el otro extremo, en 2022 hubo solo dos récords de temperaturas bajas, el 2 y 3 de abril, días muy fríos con heladas tardías.

El año empezó y acabó con récords de temperaturas altas, ya que el 1 y 2 de enero y los días 22, 23, 26 y 30 de diciembre se superaron los máximos históricos diarios. Entre mayo y julio hubo largos periodos en los que de forma consecutiva se superaron los respectivos de récords de días cálidos: entre el 18 y el 21 de mayo, entre el 14 y el 18 de junio, que coincide con la primera ola de calor del año, y entre el 11 y el 18 de julio, este último periodo inmerso dentro de la ola de calor más larga de 2022, 18 días y la segunda más larga de la serie histórica. También en el periodo entre el 25 y 28 de octubre se superaron de forma consecutiva todos los récords diarios de temperaturas altas.

Según el modelo teórico, basado en un clima estable, durante el periodo de 10 años que transcurrió entre 2013-2022, se deberían haber producido 53 récords de temperaturas altas y 53 de temperaturas bajas (la probabilidad es igual en ambos casos), mientras que la realidad muestra que en los últimos 10 años se produjeron 14 récords de temperaturas bajas y 158 de temperaturas altas, resultando, por tanto, que el número de récords de temperaturas altas multiplica por 11.3 el número de récords de temperaturas bajas.



1.1.4. Análisis de olas de calor y olas de frío de 2022

En el verano de 2022 se registraron cinco olas de calor, tres de ellas en Península y Baleares y las otras dos en Canarias.

Las olas de calor en Península y Baleares

El verano de 2022, con una temperatura media de 24.0°C ha sido el más cálido a nivel nacional desde 1961, año en que comienza la serie; durante el mismo se han registrado tres olas de calor que totalizan 41 días, que como puede comprobarse en el anexo A,

convierten a 2022 en el verano con más días con ola de calor de la serie, a bastante distancia del verano de 2015, que con 29 días ocupa la segunda posición.

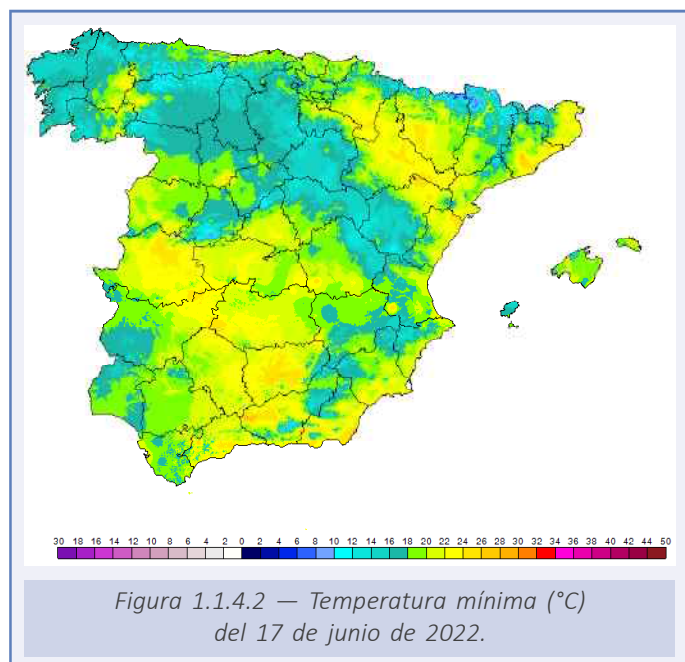
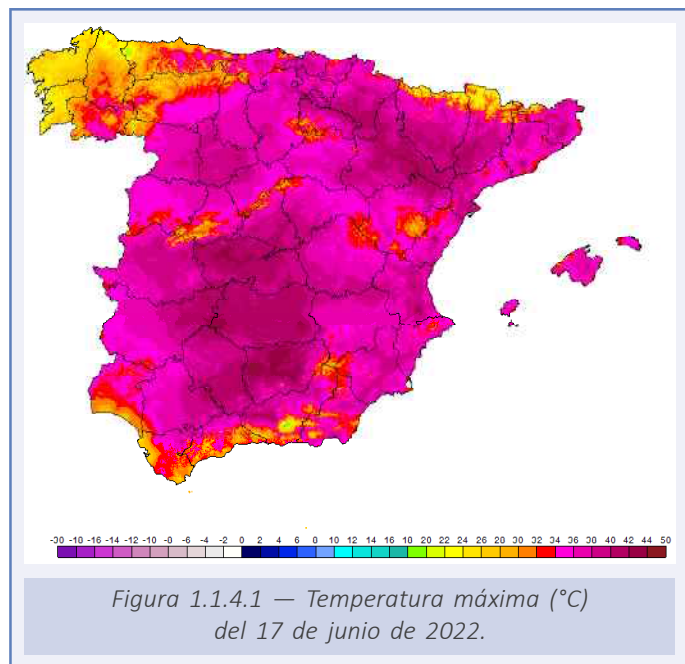
La primera ola de calor, con una duración de siete días, transcurrió entre el 12 y el 18 de junio, siendo la segunda más temprana de toda la serie, solo por detrás de la que en el año 1981 comenzó el 11 de junio. También destaca por su extensión, ya que con 39 provincias afectadas el día 16, ocupa la tercera posición, solo por detrás de la registrada también en el verano de 2022 entre el 9 y el 26 de julio, que se extendió por 44 provincias y de la de agosto de 2012, que abarcó 40 provincias. La temperatura máxima de la ola fue 37.7 °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 17 de junio, día al que corresponde la temperatura máxima de la ola y en él se observa cómo los 40 °C se alcanzaron en la práctica totalidad de la Península, exceptuando el cuadrante noroeste.

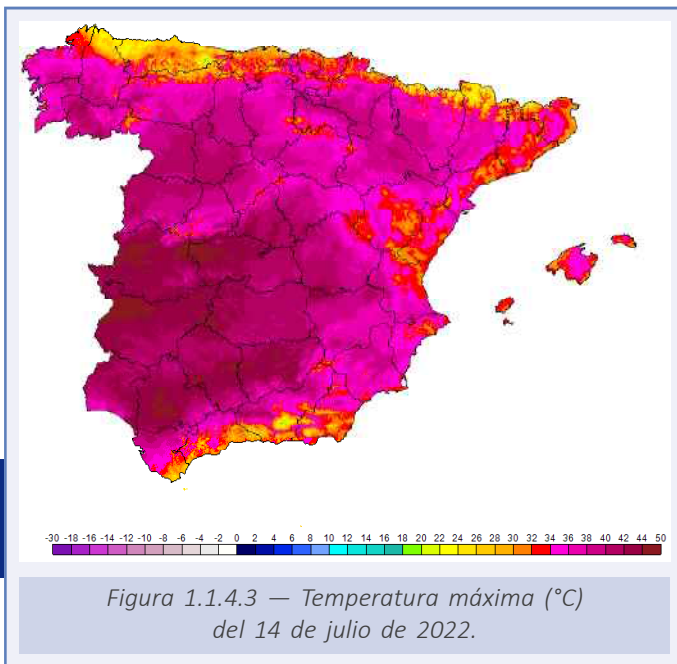
Durante estos días, cinco estaciones de la red principal de AEMET alcanzaron la temperatura máxima más elevada de su serie para un mes de junio, concretamente Hondarribia-Malkarroa con 42.7 °C el día 18, Albacete/Los Llanos con 41.0 °C el día 14, Granada/base aérea con 40.3 °C el día 14, San Sebastián/Igueldo con 39.7 °C y València/Aeropuerto con 39.3 °C el día 17.

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 17, con valores por encima de los 20 °C en la mayor parte de la Península y de Baleares, e incluso de los 25 °C en numerosas estaciones de Extremadura, Andalucía, valle del Ebro y litoral mediterráneo.

Durante esta ola de calor, diez estaciones de la red principal de AEMET registraron la temperatura mínima más elevada de su serie para un mes de junio: Madrid/Cuatro Vientos con 25.9 °C el día 16, Madrid/Barajas con 24.8 °C también el día 16, Granada/aeropuerto con 24.6 °C el día 17, Granada/base aérea con 24.2 °C el día 15, Madrid/Torrejón con 24.2 °C el día 16, Pamplona/aeropuerto con 22.4 °C el día 17, Ponferrada con 21.9 °C el día 17, Santander/Parayas con 21.0 °C el día 17, Bilbao/aeropuerto con 20.5 °C el día 17 y Foronda/Txokiza con 19.3 °C el día 17.

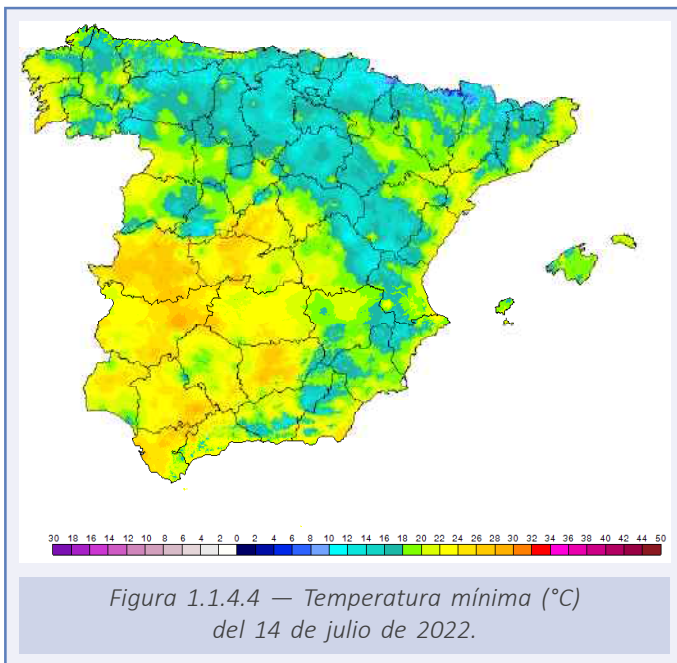


La segunda ola de calor del verano de 2022 en Península y Baleares es la más destacable de toda la serie. Transcurrió entre el 9 y el 26 de julio, con una duración por tanto de 18 días, que la convierten en la segunda más larga, lo que ya da idea de su importancia, aunque es todavía más sobresaliente su extensión, ya que con 44 provincias afectadas el 16 de julio ocupa la primera posición, como también ocupa la primera posición en cuanto a intensidad, ya que con una anomalía de la ola de 4.5 °C supera en 0.4 °C al récord anterior de la ola de calor de agosto de 2021. Es por tanto la ola de calor más extensa e intensa y la segunda más larga, dándose la circunstancia de que tras una tregua de tan solo tres días, el treinta de julio comenzó una nueva ola de calor que se extendió hasta el 14 de agosto.



La temperatura máxima de la ola fue 38.1 °C y se registró el 14 de julio, día al que corresponde el mapa de la figura 1.1.4.3, en el que se observa cómo los 40 °C se superan en el centro y sur peninsular, así como en el valle del Ebro y en buena parte de Castilla y León y de Galicia, llegando a los 45 °C en estaciones situadas en los valles del Tajo, Guadiana y Guadalquivir.

También las mínimas fueron muy elevadas como se demuestra en el mapa de la figura 1.1.4.4, que reproduce las temperaturas mínimas del 14 de julio, con valores por encima de los 20 °C en gran parte de la Península y de Baleares, y de los 25 °C en buena parte de Andalucía, Extremadura, Murcia, Madrid, Comunitat Valenciana y suroeste de Galicia.



Durante esta ola de calor numerosas estaciones de la red principal de AEMET alcanzaron su temperatura máxima más elevada para un mes de julio, destacando Ourense con 44.1 °C el día 14, Huelva con 43.9 °C el día 25, Cáceres con 43.4 °C el día 14, Alicante con 42.4 °C el día 25, Madrid/Torrejón también con 42.4 °C el día 14, Pamplona con 42.3 °C el día 17, Madrid/Getafe con 42.0 °C el día 14 y Zamora con 41.8 °C el día 14, pero también Ponferrada, Madrid/Cuatro Vientos, Valladolid, Cuenca, Salamanca, Madrid/Retiro, Foronda, Valladolid/Villanubla, Burgos, Oviedo, Colmenar Viejo, Soria, León y Navacerrada registraron estos días su temperatura máxima más alta de un mes de julio.

También se registraron récords de temperatura mínima más alta para un mes de julio entre las estaciones de la red principal de AEMET, destacando Rota con 28.2 °C el día 13,

Segovia con 27.4 °C el día 15, Colmenar Viejo con 26.7 °C, Madrid/Getafe con 26.6 °C, Madrid/Retiro con 26.2 °C, el día 14 en los tres casos, Pontevedra con 24.9 °C el día 13 y Vigo con 24.6 °C el mismo día 13; además de las ya mencionadas, León, Zaragoza, Ávila, Valladolid y Navacerrada también registraron durante estos días la noche más cálida de su serie de datos para un mes de julio.

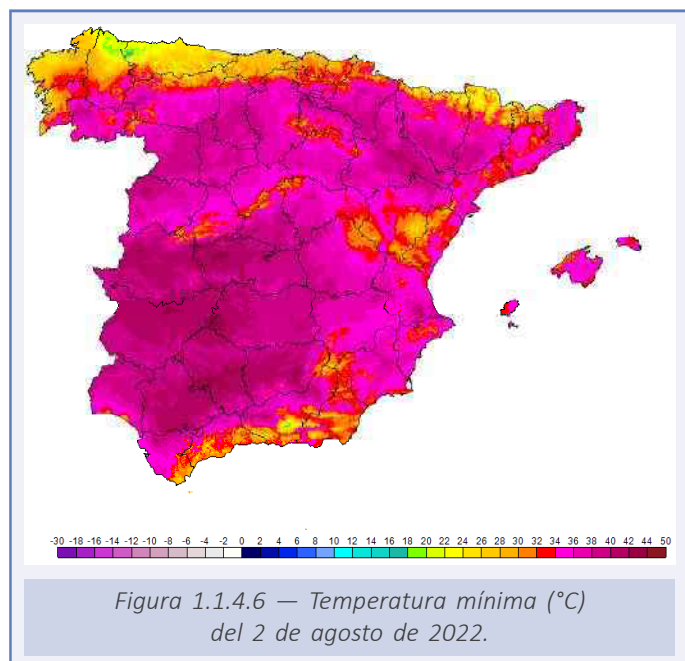
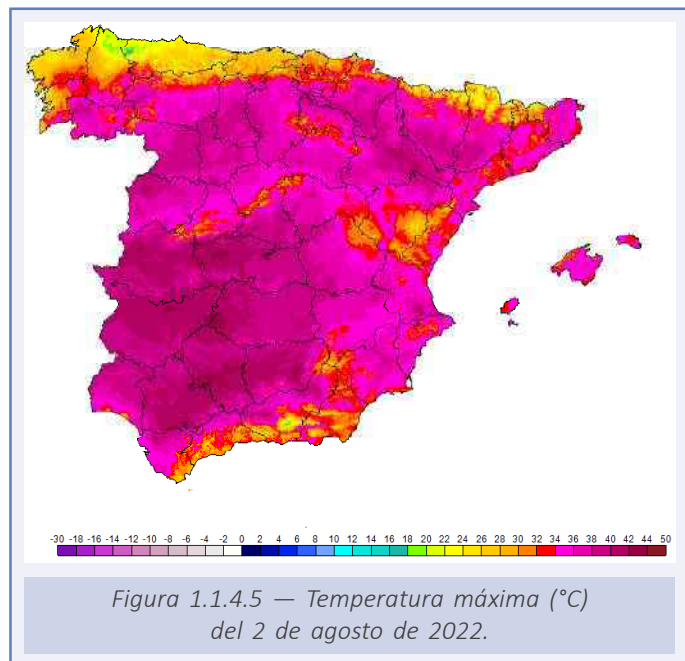
La tercera ola de calor se registró entre el 30 de julio y el 14 de agosto, con una duración por tanto de 16 días, que la coloca en tercera posición de la serie, por detrás de la de 2015, con 26 días y de la de julio de 2022 con 18 y empatada con la de 2003. Es de destacar que esta tercera ola de calor comienza tras un paréntesis de tan solo tres días tras la finalización de la anterior, que como ya se ha comentado es la más importante de toda la serie. Esta tercera ola de calor también destaca por la extensión alcanzada, 33 provincias el 2 de agosto y por la anomalía de la ola, 3.5 °C, siendo la temperatura máxima de la ola 36.6 °C el parámetro menos destacable.

El mapa de la figura 1.1.4.5 representa las temperaturas máximas del 2 de agosto, día al que corresponde la temperatura máxima de la ola, con valores por encima de 40 °C en los valles del Ebro, Tajo, Guadiana y Guadalquivir, así como en el oeste de Castilla y León, en puntos del sureste peninsular y en la provincia de Ourense.

Durante estos días siete estaciones de la red principal de AEMET alcanzaron la temperatura máxima más alta de su serie para un mes de agosto, concretamente Alicante y Almería/aeropuerto con 42 °C en ambos casos, Alicante-Elche/aeropuerto con 41.9 °C, Ibiza/Es Codolá con 41.0 °C, Murcia/San Javier con 40.2 °C, Palma/puerto con 39.1 °C y Menorca/aeropuerto con 39.0 °C, temperaturas correspondientes todas ellas al día 13, salvo la de Menorca que se registró el día 14.

Las mínimas fueron también muy elevadas estos días, como se pone de manifiesto en el mapa de la figura 1.1.4.6, correspondiente al 2 de agosto, con valores por encima de 20 °C en la mayor parte de la Península y de Baleares, e incluso de los 25 °C en numerosos puntos del centro y sur peninsular, del litoral mediterráneo y de Baleares.

También en este caso hubo estaciones de la red principal de AEMET que registraron durante esta ola de calor la temperatura mínima más elevada de su serie para un mes de agosto: Palma/puerto con 29.0 °C el día 14, Alicante con 28.6 °C el día 13, València con



27.5 °C el día 13, Murcia con 27.2 °C el día 13, Menorca/aeropuerto con 26.7 °C el día 13, Castellón/Almassora con 26.6 °C el día 13, Zaragoza/aeropuerto con 24.8 °C el día 13, Valladolid con 23.5 °C el día 10 y Ávila con 23.2 °C el día 2.

Las olas de calor en Canarias

En Canarias hubo dos olas de calor durante el verano de 2022, ambas en el mes de julio.

La primera ola de calor, tuvo una duración de tres días y transcurrió entre el 9 y el 11 de julio. Afectó a las dos provincias, tuvo una temperatura máxima de la ola de 37.6 °C, que es el segundo valor más alto de toda la serie, y una anomalía de la ola de 5.6 °C.

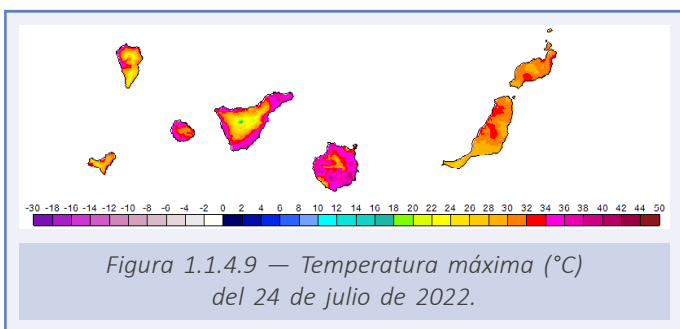
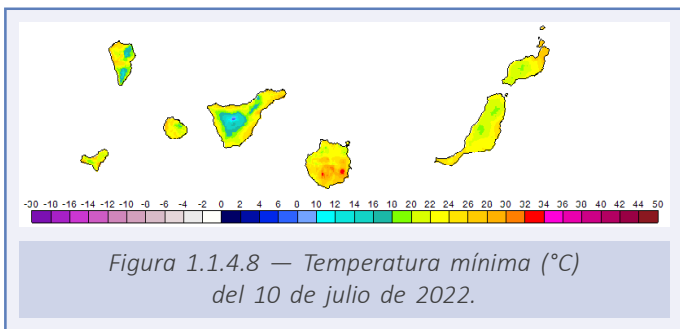
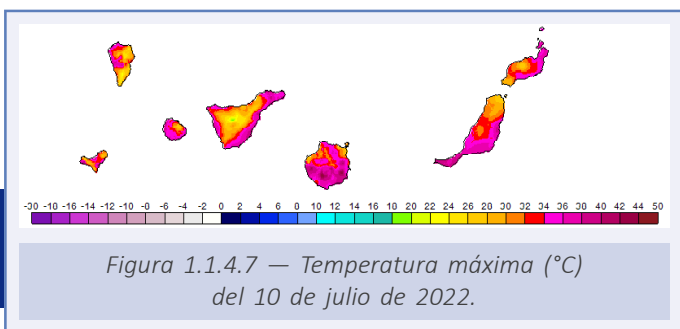
El mapa de la figura 1.1.4.7 muestra las temperaturas máximas del 10 de julio, día al que corresponde la temperatura máxima de la ola, que como ya se ha dicho, es el segundo valor más alto de la serie. Este día se alcanzaron los 40 °C en numerosas estaciones de Gran Canaria y en menor medida en la de Tenerife.

En estos tres días ninguna estación de la red principal de AEMET registró récord de temperatura máxima para un mes de julio, a pesar de que los valores fueron muy elevados como demuestran los 39.3 °C de Fuerteventura/aeropuerto y Santa Cruz de Tenerife, los 38.0 °C de Lanzarote/aeropuerto el día 9, los 37.6 °C de Fuerteventura/aeropuerto el día 9 o los 36.8 °C de Tenerife/Sur el día 10.

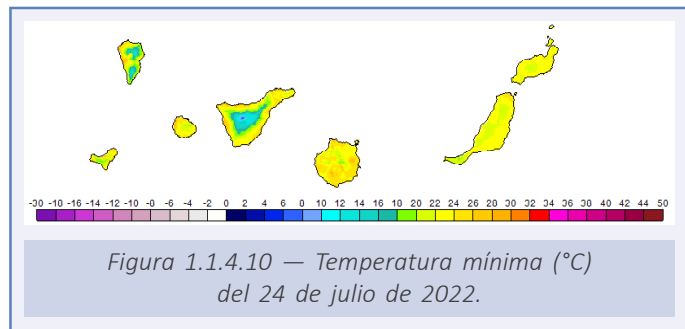
Las mínimas resultaron también muy elevadas como prueba el mapa de la figura 1.1.4.8, que representa las temperaturas mínimas del 10 de julio, con valores por encima de los 25 °C en numerosas estaciones repartidas por todas las islas. Entre las estaciones de la red principal de AEMET destacan los 26.5 °C de Fuerteventura/aeropuerto, los 25.9 °C de Santa Cruz de Tenerife o los 24.1 °C de Lanzarote/aeropuerto, temperaturas mínimas todas ellas correspondientes al día 10.

La segunda ola de calor tuvo también una duración de tres días, discurrió entre el 24 y el 26 de julio, afectó a las dos provincias y resultó menos intensa que la anterior. La temperatura máxima de la ola fue 32.5 °C y la anomalía de la ola 3.8 °C. Es una ola de calor que no ha destacado en ningún aspecto.

La temperatura máxima de la ola se registró el día 26, fecha a la que corresponde el mapa de la figura 1.1.4.9. Entre las estaciones de la red principal destacan los 43.4 °C del día 25 en Lanzarote/aeropuerto que además es el récord de su serie para un mes de julio, los 40.0 °C de La Gomera/aeropuerto el día 25 y de Lanzarote/aeropuerto el día 26 o los 38.5 °C de Tenerife/Los Rodeos el día 26.



También las noches fueron muy cálidas como se desprende del mapa de la figura 1.1.4.10, que representa las temperaturas mínimas del 24 de julio. Los valores más elevados entre la red de estaciones principales de AEMET se encuentran en Tenerife/Los Rodeos con 27.6 °C, Fuerteventura/aeropuerto y Gran Canaria/aeropuerto con 25.7 °C y en Tenerife/Sur con 25.2 °C, valores todos ellos correspondientes al día 26.

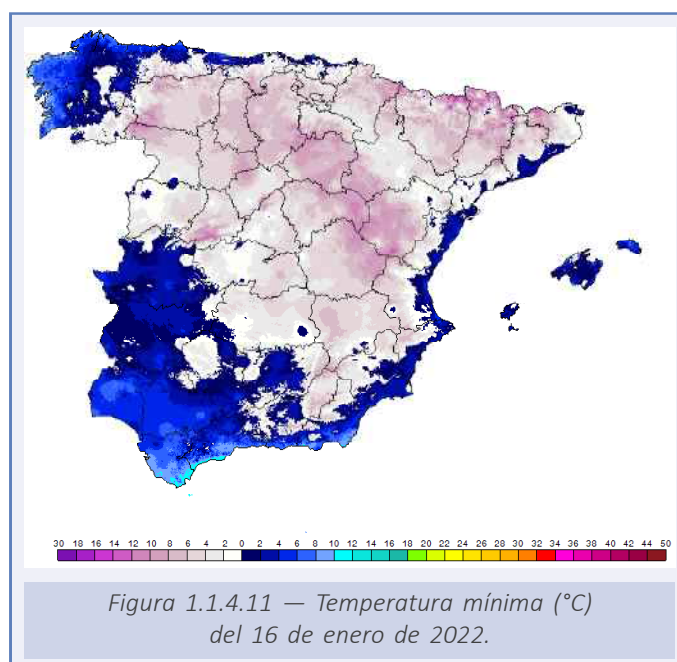


Análisis de olas de frío registradas en España en 2022

En el invierno 2021-2022 se ha registrado una ola de frío de 5 días de duración, entre el 14 y el 18 de enero, que afectó a 11 provincias el día 17, localizadas fundamentalmente en el noreste peninsular. La temperatura mínima de la ola fue -4.0 °C y la anomalía de la ola -1.3 °C . Ha sido una ola de frío poco destacable, ya que tanto por extensión como por anomalía está entre las menos importantes de la serie.

El mapa de la figura 1.1.4.11 muestra las temperaturas mínimas del día 16 de enero, que resultó ser el más frío del episodio, con heladas que se extendieron por la práctica totalidad de la Península, con valores por debajo de los -10 °C en estaciones de la sierra de Gredos, el sistema Ibérico y los Pirineos. Entre las estaciones de la red principal de AEMET destacan las temperaturas mínimas de Ávila con -5.0 °C el día 16, Girona/Costa Brava también con -5.0 °C los días 14 y 17, -5.0 °C también se registró en Madrid/Torrejón el día 15 y en Valladolid/Villanubla el 16, -4.9 °C fue la mínima medida en Cuenca el día 14 y en Lleida el 17.

Las precipitaciones fueron muy escasas y la nieve apenas hizo acto de presencia estos días.



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 periodo 1981-2010 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 2022.

En el año 2022, los valores más altos de temperatura superficial del mar en las zonas marítimas y costeras se registraron entre el 10 y el 12 de agosto, con valores próximos a 30°C en el mar Balear. El día 11 de agosto, la temperatura media del mar Balear registró su máximo histórico, con una media 29.3°C en los 56 000 km² de superficie de la zona marítima, superando en cuatro décimas los registros del 14 de agosto de 2003, que era máximo histórico hasta 2022. El 11 de agosto se registró también el máximo histórico de temperatura superficial del mar en la boya de València de Puertos del Estado, con una temperatura de 29.94°C. En este mismo punto de medida también se superó el máximo diario de los meses de junio, agosto, septiembre y noviembre.

Los mínimos anuales, con valores ligeramente superiores a 11°C, se registraron en el litoral de Gipuzkoa entre el 26 y el 31 de enero.

Todas las zonas marítimas y costeras tuvieron durante 2022 una anomalía positiva de la temperatura superficial del agua del mar (figura 1.1.5.2). En el mar Balear la anomalía media de temperatura fue de +1.6°C, con zonas de hasta +1.8°C entre el norte de Mallorca y los litorales de Tarragona y de Castellón.

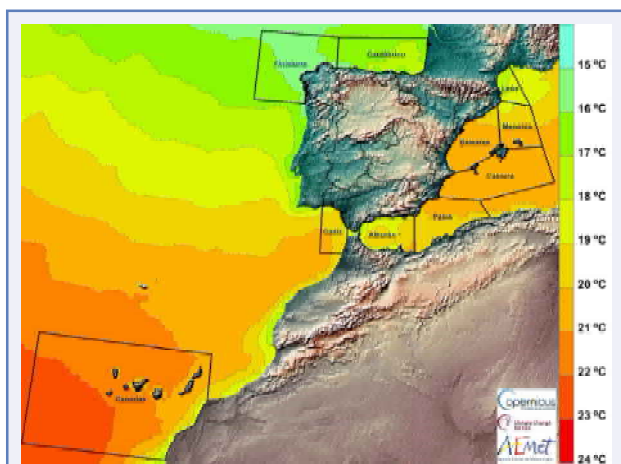


Figura 1.1.5.1 — Temperatura media de la superficie del mar. Año 2022. Fuente de datos para la elaboración del mapa: C3S.

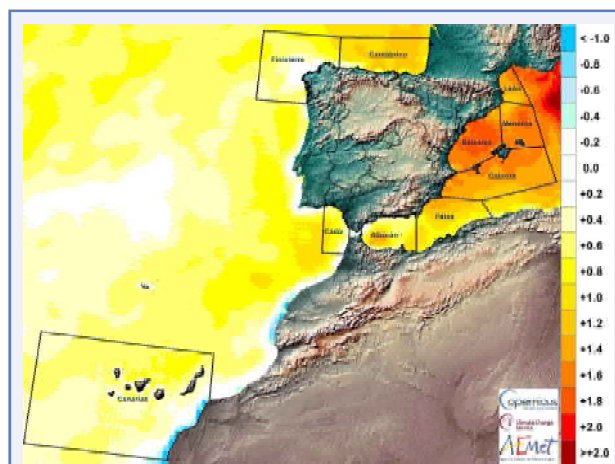
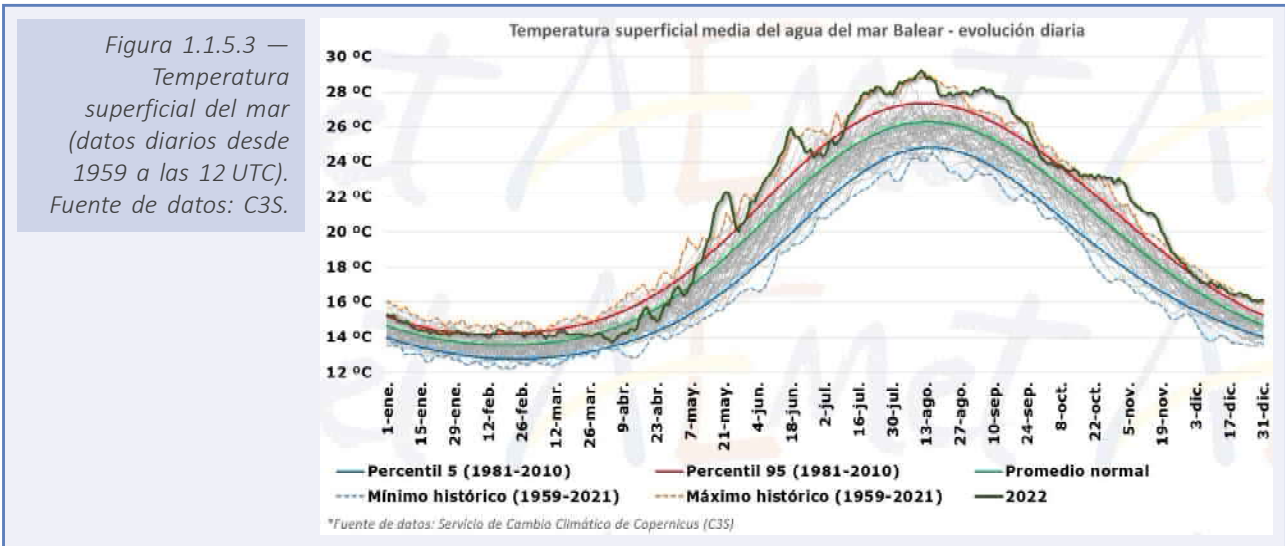


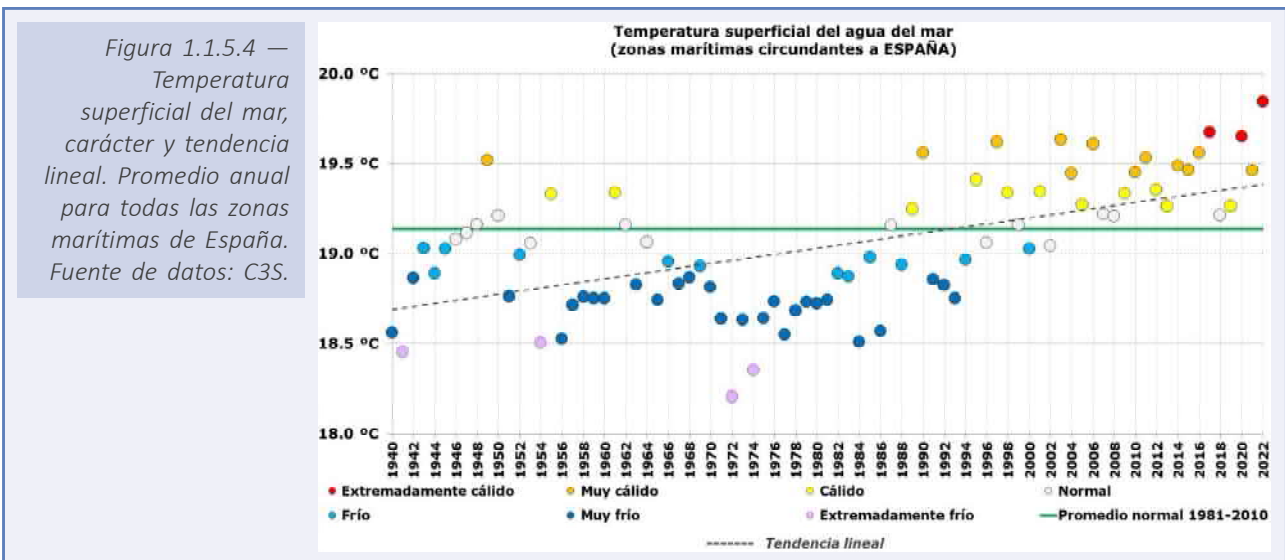
Figura 1.1.5.2 — Anomalía de la temperatura superficial del mar. Año 2022. Fuente de datos para la elaboración del mapa: C3S.

La anomalía de temperatura que se ha registrado en 2022 en el mar Balear, además de intensa, fue prolongada y persistente en el tiempo, ya que se prolongó entre los primeros días del mes de mayo y el final de noviembre. El 94% de los días del año el mar Balear tuvo una temperatura media superior al promedio normal, un tercio de los días

el registro supuso el máximo histórico diario desde al menos 1959 y un 60% se ha situado entre el 5% de días con temperaturas más altas en las aguas de la zona (figura 1.1.5.3). En el litoral de A Coruña la anomalía de temperatura ha sido inferior a +0.3 °C.



De acuerdo con los reanálisis de temperatura superficial del mar ERA5, la temperatura media anual de la superficie del agua del mar en las zonas marítimas circundantes a España en 2022 tuvo un carácter extremadamente cálido, con una anomalía media en el promedio de todas las zonas de +0.7 °C respecto al periodo de referencia climática 1981-2010 (figura 1.1.5.4).



La temperatura media anual de la superficie del agua del mar en 2022 en las zonas marítimas y costeras (desde el litoral hasta 20 millas mar adentro) de cada una de las islas y provincias con mar, así como el promedio normal, la anomalía y el orden que ocupan en la serie ordenada de más a menos cálido dentro de la serie de 83 años de datos es la que se adjunta en la tabla 1.1.5.1.

Provincia / isla	Promedio anual 2022	Promedio normal (1981-2010)	Anomalía	Orden
Zonas costeras				
A Coruña	15.4	15.3	+0.1	17
Alacant/Alicante	20.5	19.2	+1.4	1
Almería	19.5	18.7	+0.7	3
Asturias	16.3	15.7	+0.6	3
Barcelona	19.4	18.0	+1.4	1
Bizkaia	17.0	16.0	+1.0	1
Cádiz	18.7	18.4	+0.4	12
Cantabria	16.9	16.1	+0.9	1
Castelló/Castellón	20.5	18.9	+1.6	1
Ceuta	18.5	18.0	+0.5	9
El Hierro	21.7	21.4	+0.4	8
Fuerteventura	20.7	20.4	+0.3	12
Gipuzkoa	17.2	16.2	+1.0	2
Girona	18.3	17.2	+1.2	1
Gran Canaria	20.9	20.5	+0.4	7
Granada	18.3	17.9	+0.4	8
Huelva	18.9	18.4	+0.5	6
Ibiza y Formentera	20.7	19.3	+1.5	1
La Gomera	21.5	21.1	+0.4	5
La Palma	21.3	20.9	+0.5	5
Lanzarote	20.7	20.3	+0.4	6
Lugo	16.1	15.6	+0.5	6
Málaga	18.4	18.0	+0.4	9
Mallorca	20.7	19.2	+1.5	1
Melilla	19.3	18.6	+0.7	1
Menorca	20.4	19.0	+1.4	1
Murcia	20.3	19.0	+1.3	1
Pontevedra	15.8	15.2	+0.6	3
Tarragona	20.1	18.5	+1.6	1
Tenerife	20.9	20.5	+0.4	6
València/Valencia	20.4	19.0	+1.4	1
Zona	Promedio anual 2022	Promedio normal (1981-2010)	Anomalía	Orden
Zonas marítimas				
España	19.8	19.1	+0.7	1
Alborán	19.1	18.4	+0.7	4
Baleares	20.3	18.8	+1.6	1
Cabrera	20.7	19.3	+1.3	1
Cádiz	19.6	19.0	+0.6	2
Canarias	21.6	21.2	+0.3	7
Cantábrico	16.8	15.8	+1.0	1
Finisterre	16.0	15.5	+0.5	5
León	18.1	16.8	+1.3	1
Menorca	19.9	18.4	+1.4	1
Palos	20.0	19.1	+0.9	1

Tabla 1.1.5.1. Temperaturas medias de la superficie del mar en 2022 por costa provincial y por zonas marítimas; sus anomalías respecto sus valores medios en el periodo de referencia; y sus jerarquías en los 83 años de la serie. Fuente de datos para la elaboración de la tabla: C3S.

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, considerando una significación al 95 % del nivel de confianza, 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 2022 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 periodo 1940-2022, 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 2022 en función de la pendiente calculada.

Zona marítima	Mínimo	Año	Máximo	Año	Media 1940-2022	Incremento 1950-2021
España	18.2 °C	1972	19.8 °C	2022	19.0 °C	0.8 °C
Alborán	17.6 °C	1941	19.2 °C	2015	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	1.1 °C
Cádiz	18.0 °C	1972	19.6 °C	2020	18.9 °C	0.9 °C
Canarias	20.3 °C	1972	21.9 °C	1997	21.1 °C	0.6 °C
Cantábrico	14.6 °C	1972	16.8 °C	2022	15.7 °C	1.0 °C
Finisterre	14.6 °C	1972	16.1 °C	1997	15.4 °C	0.5 °C
León	15.2 °C	1941	18.1 °C	2022	16.7 °C	0.8 °C
Menorca	17.1 °C	1940	19.9 °C	2022	18.4 °C	1.0 °C
Palos	18.1 °C	1941	20.0 °C	2022	19.0 °C	0.9 °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 (1940-2022). Fuente de datos para la elaboración de la tabla: C3S.

En la figura 1.1.5.5 se muestra la evolución de la temperatura media anual en la zona de Baleares, la de mayor incremento de temperatura superficial del mar desde 1940, y en la figura 1.1.5.6 se muestra la evolución de la temperatura media anual en la zona de Finisterre, la de menor incremento de temperatura superficial del mar. En ambas imágenes se ha incluido la pendiente de Sen.

En todas las zonas el mayor calentamiento se ha producido en verano, salvo en Canarias que ha sido en otoño. La estación en la que se ha producido el menor incremento de temperatura ha sido el invierno en las zonas mediterráneas (salvo Alborán), y la primavera en las atlánticas y Alborán.

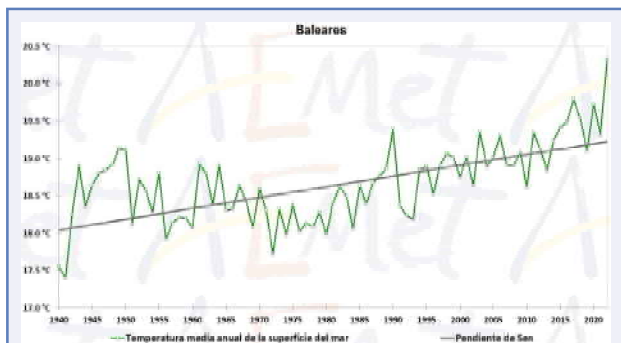


Figura 1.1.5.5 — Temperatura media anual de la superficie del mar y pendiente de Sen en la zona de Baleares. Fuente de datos: C3S.

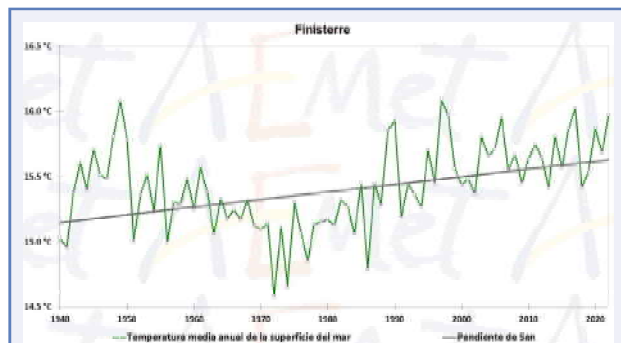
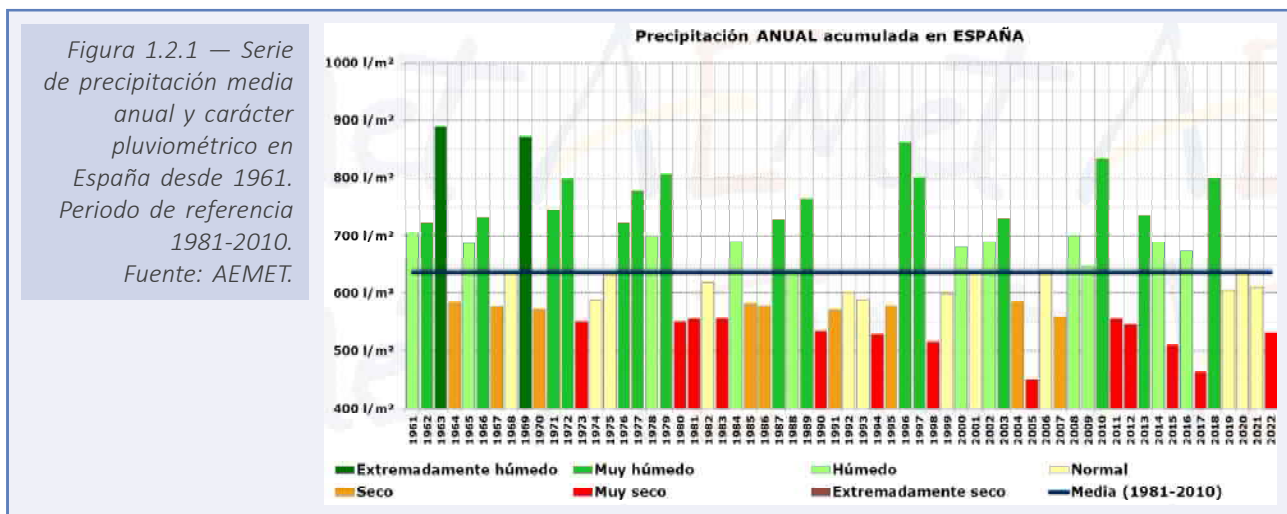


Figura 1.1.5.6 — Temperatura media anual de la superficie del mar y pendiente de Sen en la zona de Finisterre. Fuente de datos: C3S.

1.2. PRECIPITACIÓN

El año 2022 fue en su conjunto muy seco en cuanto a precipitaciones (figura 1.2.1), con un valor de precipitación media sobre España de 532.5 mm (536 mm en el promedio de la España peninsular; 456 mm en Baleares y 308 mm en Canarias). El acumulado total de 2022 representó el 84 % del valor normal en el periodo de referencia 1981-2010, tratándose del sexto año más seco desde el comienzo de la serie en 1961, y el cuarto del siglo XXI. En España peninsular y Baleares, el año 2022 resultó de carácter muy seco, por el contrario, en Canarias tuvo carácter húmedo.



El año fue entre normal y seco en prácticamente toda la Península, resultando entre seco y muy seco en el tercio norte peninsular, gran parte de Castilla-La Mancha, Andalucía y sur de Extremadura, llegando a ser extremadamente seco en áreas de Cataluña, del País Vasco, Navarra, norte de La Rioja y noroeste de Aragón. Por el contrario, el año fue húmedo o muy húmedo en la Comunitat Valenciana, Murcia, Almería y en puntos de Extremadura y de Castilla y León y en el archipiélago canario. En el archipiélago balear, el año tuvo carácter entre normal y húmedo con excepción de la mitad occidental de la isla de Mallorca donde fue muy seco.

La precipitación acumulada en el año 2022 fue inferior al valor normal en prácticamente toda la Península y llegó a ser inferior al 75 % en la cornisa cantábrica, norte de Castilla y León, puntos de Aragón y Cataluña, gran parte de Navarra y La Rioja, sur del País Vasco, Guadalajara y mitad occidental de la isla de Mallorca. En contraste, la precipitación acumulada llegó a superar el 100 % del valor normal en el sureste de Aragón, la Comunitat Valenciana, Murcia, Almería, norte de Granada, Albacete, áreas de Cuenca, Toledo, sur de Madrid y Extremadura, así como en el archipiélago canario (figura 1.2.2).

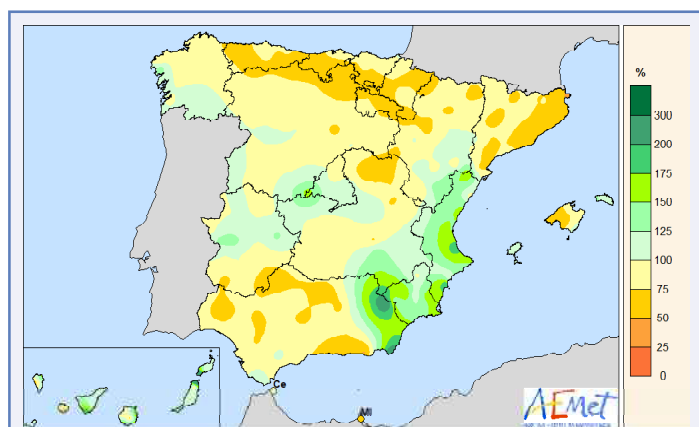


Figura 1.2.2 — Porcentaje de precipitación del año 2022 respecto de la media del periodo de referencia 1981-2010. Fuente: AEMET.

1.2.1. Evolución de la precipitación a lo largo de 2022

El año 2022 comenzó con un mes de enero muy seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular y Baleares de 16 mm y 15.2 mm, respectivamente, valores que representaron el 26 % y el 29 % del valor normal del mes (periodo de referencia: 1981-2010). En Canarias enero fue normal con un 88 % del valor medio del periodo de referencia. El mes de febrero tuvo también carácter muy seco, con una precipitación media sobre la España peninsular correspondiente al 21 % del valor normal del mes, siendo el tercer mes de febrero más seco, detrás de 2020 y 1997. En Baleares, febrero fue extremadamente seco, llegando a ser el tercer febrero más seco desde el comienzo de la serie en 1961, después de 2020 y 1964. En Canarias, febrero tuvo carácter normal.

En contraste con los meses anteriores, la primavera fue, en conjunto, húmeda, con un valor medio de precipitación de 189.4 mm, que representó el 112 % del valor normal del trimestre. Se trató de la vigésimo tercera primavera más húmeda desde el comienzo de la serie en 1961, y la undécima del siglo XXI. La primavera comenzó con un mes de marzo muy húmedo, con un 222 % del valor normal del mes (periodo de referencia: 1981-2010). Se trató del sexto mes de marzo más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961, y el cuarto del siglo XXI. Abril fue húmedo, con un valor medio de precipitación correspondiente al 104 % del valor normal del mes. Por el contrario, mayo fue extremadamente seco, con un valor medio correspondiente al 35 % del promedio mensual del periodo de referencia, siendo el segundo mayo más seco desde 1961, detrás de mayo de 2015.

24

Por el contrario, el verano resultó muy seco, con un valor de precipitación media que representa el 65 % del valor normal del trimestre. Se trató del noveno verano más seco desde el comienzo de la serie en 1961, y el cuarto del siglo XXI. El verano comenzó con un mes de junio muy seco, con un valor del 52 % del valor normal del mes. Julio fue también muy seco con un valor de precipitación media del 50 % del valor normal del mes, tratándose del noveno mes de julio más seco desde el comienzo de la serie en 1961 y del tercero del siglo XXI, detrás de los meses de julio de los años 2005 y 2007. Por el contrario, en Canarias ha sido el tercer mes de julio más húmedo del siglo XXI. Finalmente, agosto tuvo carácter normal, con un valor medio de precipitación del 97 % del valor normal del mes. Nuevamente, en Canarias fue el tercer mes de agosto más húmedo desde el comienzo de la serie, detrás de los meses de agosto de los años 2005 y 2015.

El otoño fue muy seco, con un valor medio de precipitación del 77 % del valor promedio del trimestre. Se trató del decimocuarto otoño más seco desde el comienzo de la serie en 1961, y el tercero del siglo XXI. El otoño comenzó con un mes de septiembre seco con un 85 % de precipitación respecto al valor normal del mes. En Canarias fue el mes de septiembre más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961. Octubre mantuvo el carácter seco, con un valor medio del 68 % del valor normal del mes. Noviembre tuvo carácter normal, con un 81 % del valor normal de precipitación del mes.

Finalmente, el mes de diciembre tuvo carácter húmedo con un valor medio de precipitación del 143 % del valor normal del mes. Se ha tratado del décimo segundo mes de diciembre más húmedo desde el comienzo de la serie en 1961 y del cuarto del siglo XXI.

En la tabla 1.2.1 se muestran los valores mensuales, estacionales y anual de precipitación acumulada en España, así como el promedio normal de cada uno de los periodos, la anomalía (% de déficit o superávit), y la posición que ocupan en la serie ordenada de más a menos seco dentro de la serie de los 62 años de datos.

Mes	Precipitación acumulada 2022	Promedio normal (1981-2010)	Anomalía	Carácter	Orden
Enero	16.7	62.0	-73%	Muy seco	5
Febrero	11.1	51.9	-79%	Muy seco	3
Marzo	102.5	46.3	+122%	Muy húmedo	57
Abril	66.1	63.4	+4%	Húmedo	35
Mayo	20.8	59.0	-65%	Extremadamente seco	2
Junio	17.4	33.2	-48%	Muy seco	8
Julio	8.5	17.1	-50%	Muy seco	9
Agosto	21.6	22.3	-3%	Normal	37
Septiembre	37.1	43.8	-15%	Seco	26
Octubre	51.4	76.1	-32%	Seco	19
Noviembre	63.6	78.4	-19%	Normal	27
Diciembre	115.7	81.6	+42%	Húmedo	51
Invierno	93.6	195.5	-52%	Muy seco	4
Primavera	189.4	168.6	+12%	Húmedo	40
Verano	47.5	72.6	-35%	Muy seco	9
Otoño	152.1	198.3	-23%	Muy seco	14
ANUAL	532.5	635.0	-16%	Muy seco	6

Tabla 1.2.1. Precipitación media mensual, estacional y anual durante el año 2022. Precipitación media normal, anomalía y posición de sequedad. Fuente: AEMET.

1.2.2. Episodios de precipitaciones intensas

A lo largo de 2022 hubo episodios de lluvias fuertes, siendo más frecuentes en los meses de primavera y otoño. Los episodios más destacados fueron los siguientes:

En el mes de marzo destacó el episodio de los días 13 a 15 causado por el paso de la borrasca Celia, que produjo importantes acumulaciones de precipitación en 12 horas en numerosos puntos de las provincias de Málaga, Cádiz y en el sistema Central. También destacó el intenso temporal marítimo sobre Canarias, así como el episodio de calima que se produjo en gran parte del país a consecuencia de la intrusión de polvo sahariano guiada por la circulación de sur provocada por la borrasca.

En mayo destacó el episodio de lluvias intensas que se dio en los primeros días del mes, marcado por las intensas tormentas que se produjeron en gran parte del territorio peninsular, en especial en la vertiente mediterránea. Destacaron las fuertes granizadas registradas en puntos del centro y Levante los días 2 y 3, así como las acumulaciones observadas en 24 horas en la ciudad de València entre los días 3 y 4.

En el otoño destacaron varios episodios, el primero de ellos asociado a una depresión térmica peninsular que, el 25 de septiembre, provocó precipitaciones muy intensas en el cuadrante sureste peninsular, con valores de hasta 40 mm en diez minutos en Murcia

y en el entorno del cabo de la Nao. El siguiente episodio destacable correspondió al paso de la borrasca Armand, los días 19 a 22 de octubre, que produjo acumulaciones importantes de precipitación en zonas occidentales del sistema Central y en áreas centrales de los Pirineos. Simultáneamente al proceso de declive de Armand se produjo la ciclogénesis de la segunda gran borrasca atlántica de la temporada, Béatrice. Los impactos más notables se produjeron a lo largo de los días 22 y 23 en los que se registraron acumulaciones importantes de precipitación en puntos de Galicia, así como precipitaciones de cierta intensidad en zonas de Extremadura.

Finalmente, en diciembre se produjo el paso de la borrasca Efraín en la primera quincena del mes. Destacaron las precipitaciones registradas en Extremadura el día 13, donde se superaron en algunas zonas los 100 mm acumulados en 24 horas, especialmente en puntos de la provincia de Cáceres. No obstante, en la sierra de Grazalema se observaron las mayores acumulaciones, de hasta 178 mm en 24 horas.

Entre los valores de precipitación máxima diaria registrados en un observatorio principal en el año 2022 destacan los 148 mm registrados en València/aeropuerto el día 11 de noviembre y que constituye el valor más alto de precipitación diaria en este observatorio desde el comienzo de la serie en 1966; Alicante-Elche/aeropuerto que registró 132.5 mm de precipitación el día 3 de marzo, valor que constituye también el más alto de su serie desde 1967; Hondarribia/Malkarroat que registró 125 mm el día 17 de agosto; Vigo/aeropuerto que registró 118 mm el día 19 de diciembre y Gran Canaria/aeropuerto que registró 104 mm el día 25 de diciembre y que constituye el valor más alto de precipitación diaria desde el comienzo de la serie en 1951. En cuanto a la precipitación total anual, entre las estaciones principales, destacan los 1744 mm acumulados en Vigo/Peinador, los 1630 mm acumulados en Pontevedra, los 1627 mm acumulados en Hondarribia/Malkarroat y los 1507 mm acumulados en Santiago de Compostela/Labacolla.

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 2022 fue en conjunto muy seco en cuanto a precipitaciones y extremadamente cálido en cuanto a temperaturas. Tan solo las cuencas del Júcar y del Segura estuvieron 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 se muestra la precipitación anual (año natural 2022), el valor normal (periodo de referencia 1981-2010), 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 Ebro y del Pirineo Oriental, muy seco en las cuencas del Norte y Noroeste, Duero y Guadalquivir, seco en las cuencas del Guadiana y Sur, normal en las cuencas del Tajo y del Júcar y húmedo en la cuenca del Segura.

Salvo las cuencas del Júcar y del Segura, el resto de cuencas estuvieron por debajo de su valor normal para el periodo de referencia 1981-2010. Las zonas con mayor escasez de precipitaciones fueron las grandes cuencas del Pirineo Oriental, con un 67 % respecto a su valor normal, y las zonas características o cuencas del Sur, Ebro y Guadalquivir, con alrededor de una cuarta parte menos que su valor normal para el mismo periodo de referencia.

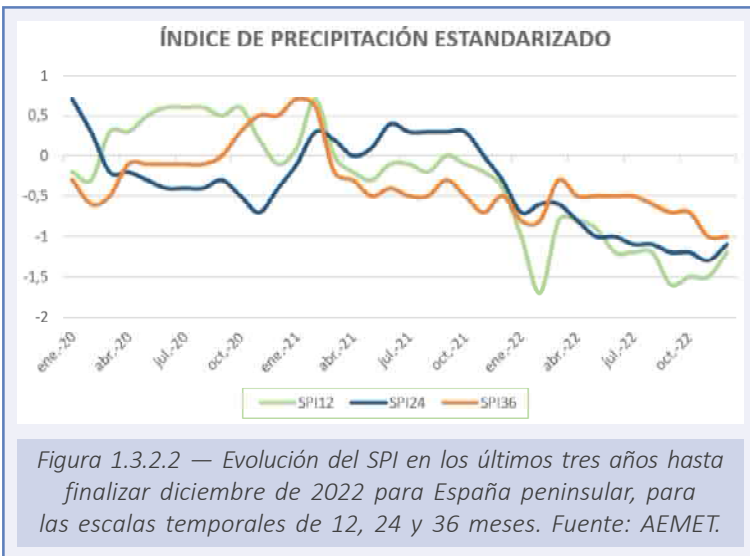
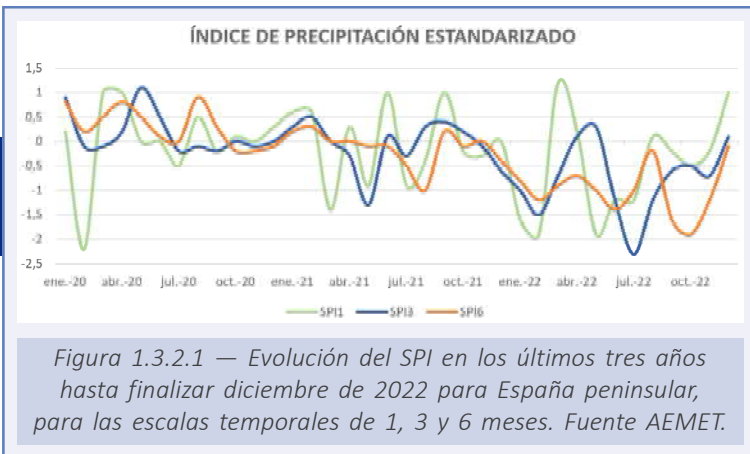
Zonas características (grandes cuencas)	Precipitación anual 2022	Precipitación normal (1981-2010)	% de precipitación	CARÁCTER
NORTE Y NOROESTE	1081	1307	83 %	MUY SECO
DUERO	483	582	83 %	MUY SECO
TAJO	590	594	99 %	NORMAL
GUADIANA	423	519	82 %	SECO
GUADALQUIVIR	445	580	77 %	MUY SECO
SUR	407	519	78 %	SECO
SEGURA	394	363	109 %	HÚMEDO
JÚCAR	508	498	102 %	NORMAL
EBRO	448	590	76 %	EXT. SECO
PIRINEO ORIENTAL	463	690	67 %	EXT. SECO
MEDIA ESPAÑA	537	641	84 %	MUY SECO

Tabla 1.3.1.1. Precipitación anual (año natural 2022), valor normal (periodo de referencia 1981-2010), 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 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 periodos en los que a lo largo del año el déficit de precipitaciones acumuladas pueda haber provocado periodos 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 periodo 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 periodo 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, a escalas temporales de 1, 3 y 6 meses. El SPI a 6 meses alcanzó el valor de -1 en el mes de febrero de 2022 y se mantuvo en niveles negativos durante todo el año, aunque con tendencia creciente hacia valores positivos en los últimos meses de 2022. Puede decirse que en febrero comenzó una sequía meteorológica según la escala temporal de 6 meses. A esta escala temporal el índice está relacionado con la actividad agrícola, por lo que durante el año 2022 la disponibilidad de agua para los cultivos estuvo comprometida a nivel de la España peninsular.

En la figura 1.3.2.2 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, 2 y 3 años. A estas escalas, el índice guarda relación con la disponibilidad de agua en los embalses y en los acuíferos.

Desde principios de 2022 estos índices comenzaron a descender y a alcanzar valores cada vez más negativos. El SPI a escala de 12 meses alcanzó el valor de -1 en enero de 2022,

momento en el que se considera que se ha iniciado un periodo de sequía meteorológica en esta escala temporal y que se mantiene durante todo el año. Por otra parte, el índice SPI a 36 meses también alcanzó el valor de -1 en el mes de noviembre de 2022, fecha en la que se dio por iniciado un periodo de sequía meteorológica a esta escala.

En la figura 1.3.2.3 se presenta el valor del SPI a escala de 1 año al finalizar diciembre de 2022 para cada una de las zonas características o grandes cuencas. Todas las grandes cuencas se encontraban en valores negativos salvo las del Júcar y Segura.

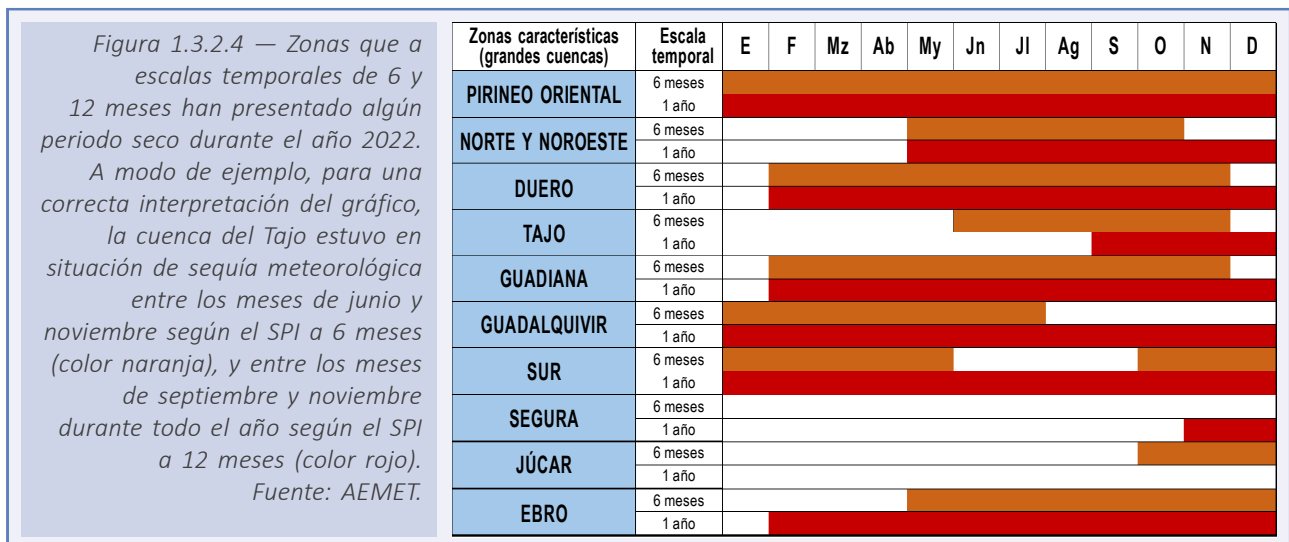


Figura 1.3.2.3 — Valor del SPI a escala de 1 año al finalizar diciembre de 2022 para cada una de las zonas características o grandes cuencas. Fuente: AEMET.

En la figura 1.3.2.4 se representan las zonas que, a escalas temporales de 6 y 12 meses, han padecido algún periodo seco durante el año 2022. Cabe destacar las grandes cuencas del Guadalquivir y del Sur que según su SPI a escala temporal de 12 meses han estado todo el año en sequía meteorológica.

La zona del Pirineo Oriental, a pesar de empezar el año con valores positivos en su SPI a escala de 12 meses, a partir de junio alcanzó valores de -1 para este índice y se mantuvo en valores negativos durante lo quedaba de año, llegando incluso a acercarse a valores de -2 al final de 2022. Las zonas del Duero y del Tajo, a pesar de acabar con un valor cercano a su valor normal, estuvieron en sequía meteorológica durante los primeros meses del año, tal y como se refleja en los valores del SPI a 1 año.

Si se tiene en cuenta el déficit de precipitación durante los 6 meses anteriores, esta vez fueron las zonas del Júcar y el Segura las más afectadas, ya que acabaron el año con un SPI a 6 meses en valores negativos y por debajo de -1.



1.3.3. Características agroclimáticas y fenológicas del año 2022

En los campos y montes de las zonas templadas de las latitudes medias, con una marcada estacionalidad, la fenología se manifiesta fundamentalmente en primavera, con fuerte actividad biológica y en otoño, con la preparación para el invierno. Pero el «calendario de la naturaleza» no es igual en los distintos lugares, ni en el mismo lugar en diferentes años. La sucesión de eventos de los ciclos biológicos está relacionada con el clima y el curso meteorológico anual, por lo que es un buen indicador climático. Para el conjunto del territorio ibérico-balear y sus tipos de ecosistemas, los estadios fenológicos de las especies más significativos suceden en los periodos enero-abril y septiembre-diciembre.

Se muestran a continuación los mapas de las anomalías de la acumulación de grados-día (GD), sobre los umbrales de 4 °C y 10 °C, durante enero-abril respecto al periodo de referencia 1996-2021 y los mapas de la anomalía de la acumulación de horas-frío (HF), bajo el umbral de 7 °C, durante septiembre-diciembre respecto al mismo periodo de referencia. La acumulación de grados-día se ha calculado usando la integral térmica de De Candolle o método residual y para la acumulación de horas-frío se ha utilizado el método de Crossa-Raynaud (ver anexo C). El periodo de referencia es 1996-2021 (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 caída de las hojas de muchos caducifolios).

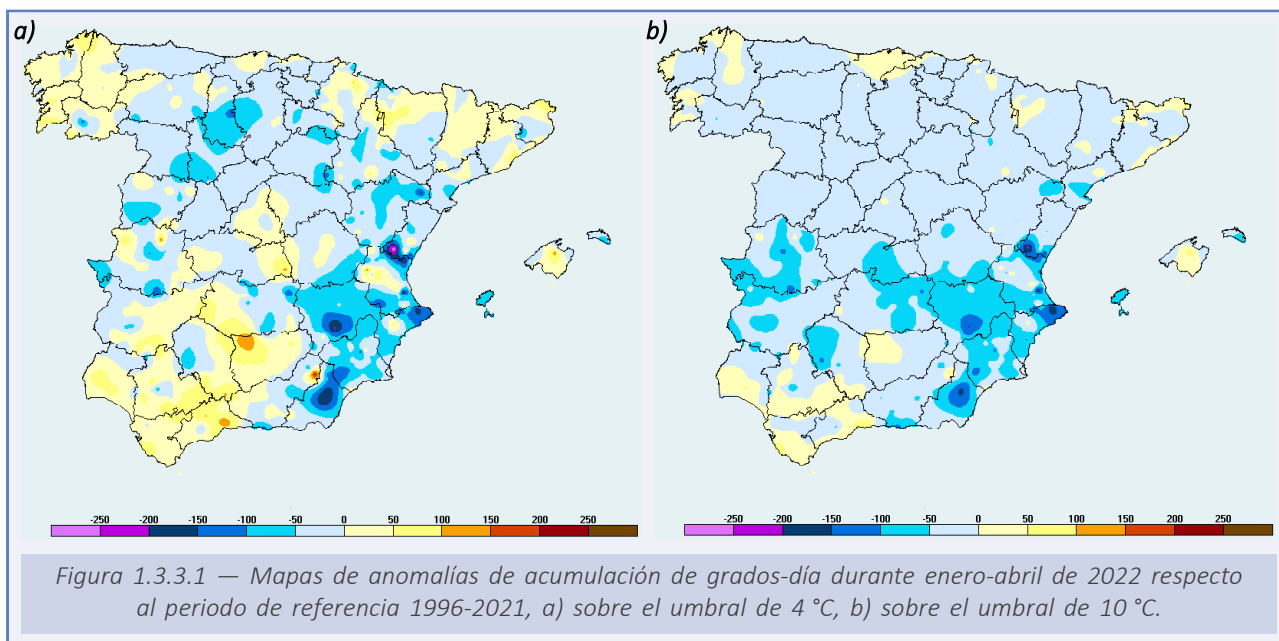
1.3.3.1. Periodo enero-abril de 2022

El carácter de la temperatura y las precipitaciones fue variable según los distintos meses y regiones. Por ejemplo, febrero fue muy cálido y muy seco, mientras que, por el contrario, marzo fue frío y muy húmedo.

Agroclimatología

La acumulación de grados-día, tanto sobre el umbral de 4 °C como sobre el de 10 °C, fue normal en la mayor parte del territorio y estuvo comprendida entre -50 GD y +50 GD. La acumulación de calor fue inferior a la normal en amplias zonas de la Comunitat Valenciana, Almería, Murcia, Albacete, Teruel y zonas dispersas del valle del Ebro y de Castilla y León, con anomalías comprendidas entre -100 GD y -200 GD sobre los umbrales de 4 °C y 10 °C en los Filabres-valle del Almanzora, el alto Segura, la Marina y Alto Palancia. Por el contrario, la anomalía sobre el umbral de 4 °C fue positiva, de 100 GD-150 GD, en las comarcas de Málaga, Baza y Andújar (figura 1.3.3.1).

Durante marzo se registraron heladas en muchas comarcas. En abril hubo algunas heladas y granizadas locales, además la falta de horas de sol favoreció en algunos lugares las enfermedades fúngicas. Los daños agrarios más significativos se registraron en Lleida, Huesca y Zaragoza y en menor medida en La Rioja, Castilla-La Mancha, Comunitat Valenciana, Murcia, Granada y País Vasco. Si se analizan los daños por cultivos, los más afectados fueron el almendro, el avellano, la vid, el melocotonero y el cerezo. Por el



contrario, a finales del mes se produjeron lluvias beneficiosas para el tempero de los suelos, por lo que mayo comenzó con campos verdes.

Fuera del periodo enero-abril las altas temperaturas siguieron afectando al campo. La segunda mitad de mayo fue muy calurosa y el terreno se agostó muy temprano, perjudicando en parte a la cosecha del cereal de secano de otoño-invierno de las Castillas y Aragón y en menor medida a la de Andalucía, ya que por esas fechas comenzaba a recogerse en las provincias de Cádiz y Sevilla. El calor afectó también a los cítricos en su fase de cuajado en Andalucía y en algunas zonas al olivar y a los pastos y cultivos forrajeros, sobre todo del occidente peninsular de Badajoz a León.

Al finalizar el mes de enero, los suelos presentaban humedad edáfica inferior a 100 mm en amplias zonas de las mesetas, en los valles del Ebro y Guadalquivir, en el Levante y el sureste, así como en Canarias. La humedad era superior a 200 mm en zonas de Galicia, montañas y campiñas cantábricas y del norte de Castilla y León, del Pirineo-Prepirineo, del sistema Ibérico, Baleares, Tortosa-Beceite-Baix Ebre, la Safor valenciana y algunas cumbres aisladas del resto peninsular y de la isla de La Palma (1.3.3.2a). En cuanto al porcentaje de humedad respecto a la capacidad máxima posible de retención, los suelos estaban prácticamente saturados en el País Vasco, Navarra y centro-este de Cantabria, muy húmedos con valores superiores al 80 %, en Galicia, cornisa cantábrica, norte de Castilla y León, Navarra, norte de Aragón y Cataluña, sistema Ibérico norte, sierras de Cuenca-Alto Tajo, Montes de Toledo y Guadalupe-La Jara, el Campo Arañuelo, Grazalema-Ronda y la isla de La Palma. Había suelos por debajo del 40 % de su capacidad en el tercio sureste peninsular, en zonas del valle del Ebro y en Canarias, e inferior al 10 % en zonas de Alicante-Almería (1.3.3.2b). A finales de la primera decena de enero se produjo una súbita crecida de algunos ríos, especialmente en Navarra y Aragón, en algunos casos con campos anegados.

A primeros de febrero muchas siembras de cereal de ciclo corto o de primavera se hicieron en suelos secos y duros sin el tempero adecuado. A final de mes los suelos estaban aún más secos. En las comarcas del norte y sistemas Ibérico y Central la diferencia no era muy grande. En el sureste peninsular y en Canarias estaban igual de secos,

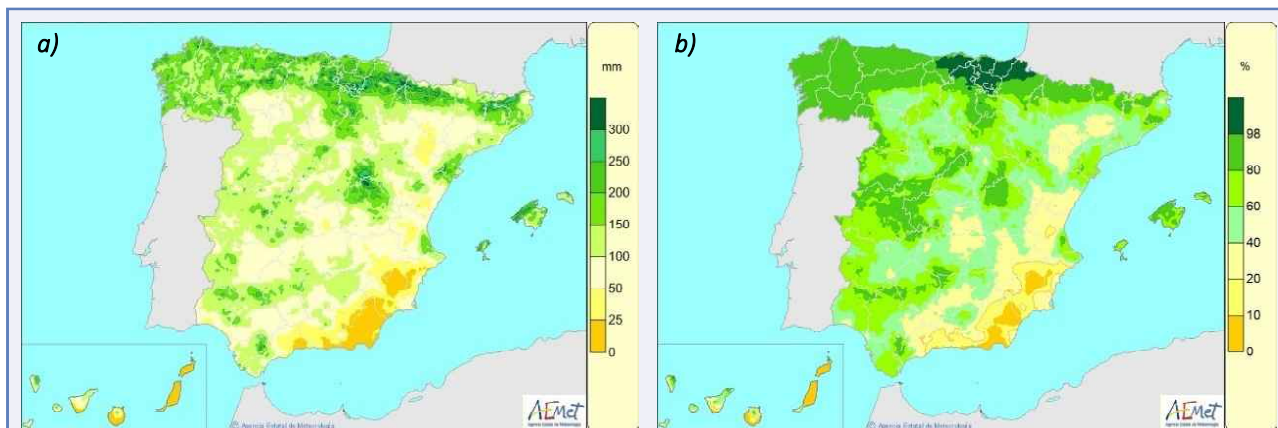


Figura 1.3.3.2 — a) Mapa de agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar, el día 31 de enero. b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 31 de enero.

pero en las mesetas y penillanuras del centro y oeste aumentó considerablemente la superficie con humedad inferior a 100 mm y en el valle del Ebro la humedad fue inferior a 50 mm. Incluso en la comarca turolense de Bajo Martín la mayor parte del suelo presentaba agua disponible para las plantas por debajo de 25 mm (1.3.3.3a). En cuanto al porcentaje de humedad edáfica respecto a la capacidad máxima de retención de agua, en Cantabria, el País Vasco y Navarra se alejaron de la casi saturación que presentaban en enero. Además, en el entorno de los sistemas Ibérico y Central, Montes de Toledo, Sierra Morena, Ronda-Grazalesa y Baleares, desapareció la zona con humedad por encima del 80%. Aumentó la extensión geográfica de las zonas con suelos con una humedad inferior al 40% en La Mancha, valle del Ebro, el sureste y sur, así como en Canarias y también aumentó la superficie de suelos casi secos con porcentaje de humedad inferior al 10% en zonas de Almería, Murcia, Alicante, las islas canarias orientales y zonas sur de las occidentales (1.3.3.3b).

A lo largo de marzo la humedad edáfica aumentó considerablemente. Al finalizar el mes había algunas zonas saturadas en las montañas e incluso en campiñas bajas como en la Safor-Marina Alta, Lorca, Ribera del Turia-Huerta valenciana o la Selva-Gironès-Baix Empordà. Permanecían con poca humedad edáfica algunas zonas del valle del Ebro, con

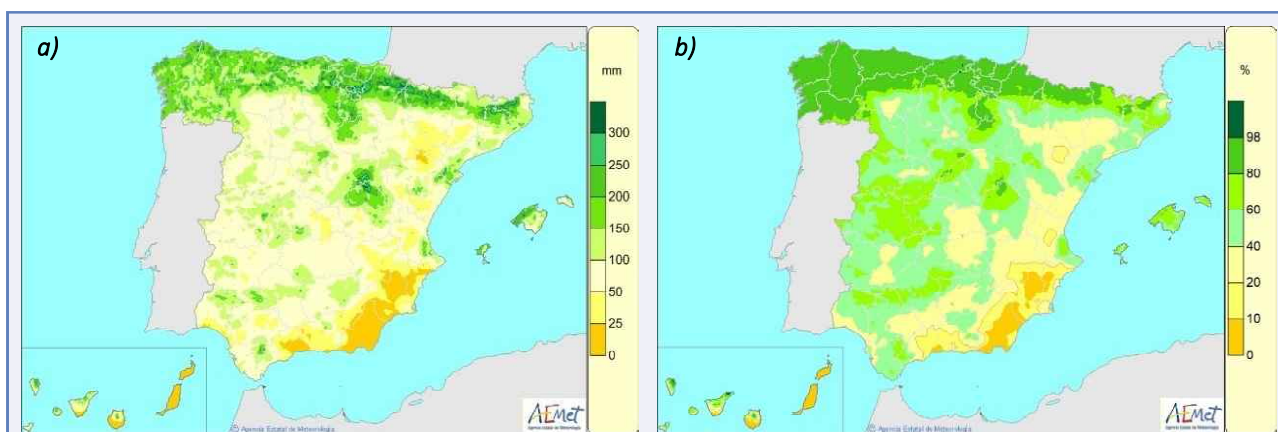


Figura 1.3.3.3 — a) Mapa de agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar, el día 28 de febrero. b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 28 de febrero.

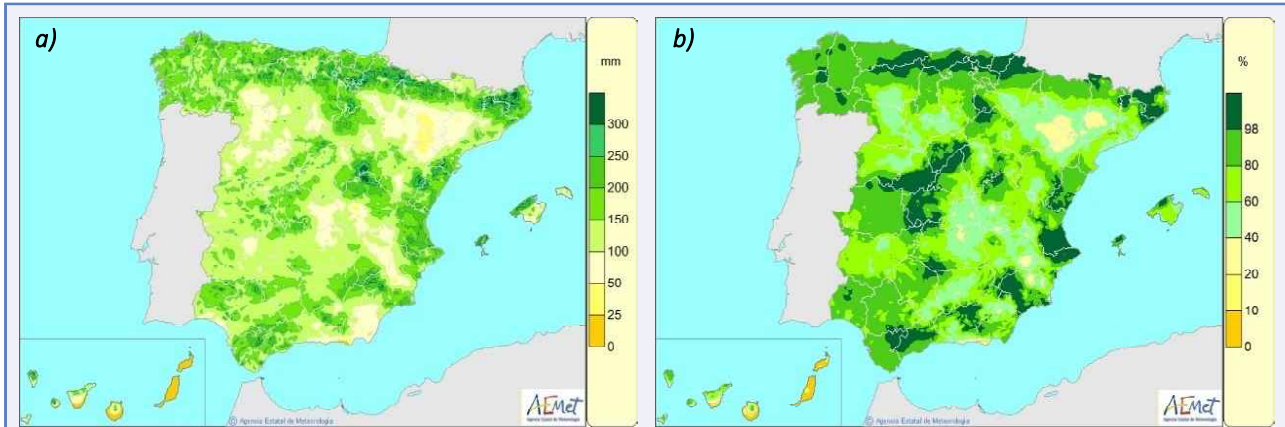


Figura 1.3.3.4 — a) Mapa de agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar, el día 31 de marzo. b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 31 de marzo.

menos de 50 mm en total y menos del 40% respecto a la capacidad máxima de retención en Los Monegros y la Ribera del Ebro zaragozana (1.3.3.4).

Finalizado abril, la distribución geográfica de las condiciones de humedad de los suelos era intermedia a la de los meses de febrero y marzo. Además, prácticamente habían desaparecido las zonas próximas a la saturación (1.3.3.5a). Las zonas de Monegros y valle del Ebro por Zaragoza, Segrià-Noguera-Urgel (Lleida) y una estrecha franja litoral en Almería seguían con suelos por debajo del 40% de su capacidad de retención máxima de agua. Asimismo, también se encontraba con humedad inferior al 40% la zona de las tierras zamorano-leonesas de Páramo-Bañeza-Benavente (1.3.3.5b).

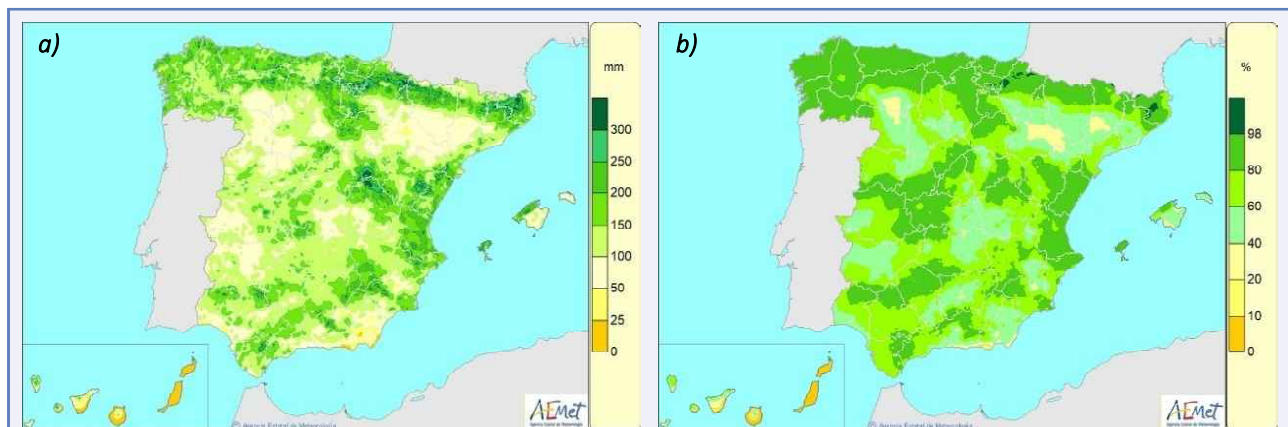


Figura 1.3.3.5 — a) Mapa de agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar, el día 30 de abril. b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 30 de abril.

Fenología

Durante los meses de enero y febrero, la floración de los almendros de variedades tempranas en la mitad sur peninsular, provincias mediterráneas, valle del Ebro y Baleares se produjo en fechas normales, aunque algo adelantadas en algunos valles y

piedemontes del sistema Central (figura 1.3.3.6b). Durante la tercera decena de febrero y primera de marzo, los estadios de la fase de floración del melocotonero en el litoral mediterráneo y Bajo Ebro se registraron en fechas normales. Durante la tercera decena de marzo se produjo la floración del almendro en el Bierzo en fechas también normales. La floración del cerezo en el valle del Jerte se produjo entre finales de marzo y la primera semana de abril.



En la cornisa cantábrica y Galicia la fenología de enero y febrero fue en general, normal o algo adelantada, con paso lento por los diferentes estadios. Avellanos y ciruelos florecieron en enero y a finales de febrero florecieron sauces y alisos. En marzo los procesos fenológicos fueron lentos y florecieron en la última decena del mes abedules, fresnos, chopos, cerezos y perales. A mediados de abril florecieron los manzanos. Finalmente, en la segunda quincena de mayo floreció el rosal silvestre. En general, las fechas fueron normales en enero y febrero mientras que entre marzo y mayo fueron bastante retrasadas.

En abril el tiempo fue muy variable y hubo heladas que afectaron a las especies en floración y además retrasaron otras, como algunas variedades de perales y manzanos.

Los primeros individuos aislados de golondrina común se observaron en la costa de Huelva en la primera decena de enero, a mediados de este mes se detectó el primer grupo de estas aves en la costa de Cádiz a la vez que se registraron los primeros ejemplares aislados en las cuencas del Guadiana y Guadalquivir, evento que sucedió a finales del mes en las costas de Málaga. A finales de febrero se observaron los primeros individuos de forma general en Madrid y en el litoral catalán. Durante la tercera decena del mes comenzaron a observarse golondrinas en las Rías Baixas y en el valle medio del Ebro. En cuanto a la llegada de golondrina con asentamiento, esta se produjo en la primera semana de febrero en la campiña de Sevilla, a finales de la primera decena de marzo en el área periurbana de Madrid y al comienzo de la tercera llegó a algunos valles de Cantabria.

Los primeros vencejos se observaron en Sevilla a finales de febrero y a mediados de marzo en Madrid, Barcelona y en el valle del Ebro. A primeros de abril se avistaron ejemplares de esta especie en Huesca. En Madrid, la llegada con asentamiento del vencejo se produjo a mediados de abril y en Valladolid en los últimos diez días del mes.

Los primeros pasos prenupciales de las grullas hacia el norte o noreste se observaron a finales de enero en Madrid y Los Monegros. A mediados de febrero se produjo un importante paso de unas dos semanas por la ruta Badajoz-Madrid-Zaragoza-Huesca y entre los días 15 y 17 de febrero hubo una concentración importante de grullas en Gallocanta. A mediados de febrero se registraron abundantes observaciones en la ruta Cádiz-Sevilla-Ciudad Real-Alcarria-Zaragoza-Huesca.

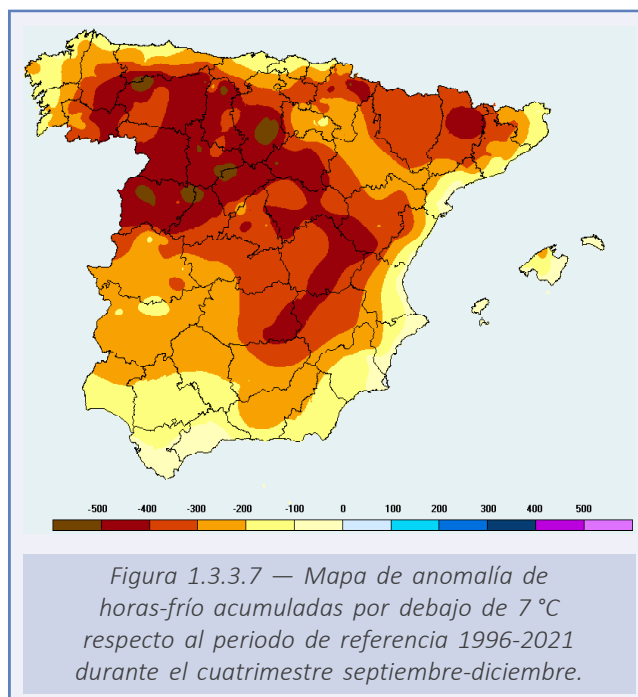
1.3.3.2. Periodo septiembre-diciembre de 2022

La disminución de las horas de sol y el descenso de las temperaturas son los factores fundamentales que desencadenan los procesos fenológicos de acomodación al invierno. Además, la acumulación de frío durante el reposo invernal es fundamental para el correcto desarrollo de los estadios de las fases primaverales de brotación y floración.

Tras un verano con muy altas temperaturas y de muy escasas precipitaciones, el periodo septiembre-diciembre fue de características similares, cálido y seco. Por ello, la acumulación de horas frío fue inferior a la normal y con anomalías negativas mayores cuanto más avanzado el otoño (al propio efecto de la acumulación de déficit de frío con el paso del tiempo se unió el hecho de que diciembre fue muy cálido). Hasta finales de octubre las precipitaciones fueron muy escasas. La lluvia y las nevadas en las montañas solo se registraron de forma significativa durante la primera quincena de diciembre. Con estas condiciones ambientales, las fases fenológicas de cambio de color de las hojas y su caída sucedieron en fechas retrasadas respecto a las normales.

Agroclimatología

Para el conjunto del cuatrimestre septiembre-diciembre, las anomalías de horas-frío acumuladas fueron negativas en todo el territorio, no demasiado en zonas de influencia marítima (anomalías de 0 a -200 HF acumuladas por debajo de $7\text{ }^{\circ}\text{C}$) y muy acusadas en zonas del interior continental (anomalías por debajo de -500 HF bajo el umbral de $7\text{ }^{\circ}\text{C}$) (figura 1.3.3.7).



Al finalizar el mes de septiembre los suelos estaban secos en la mayor parte del territorio, con humedad edáfica disponible inferior a 25 mm y un porcentaje de agua en el suelo respecto a su capacidad máxima inferior al 20% o 10%. Humedad había, en mayor o menor medida, en los suelos de los montes y campiñas gallegos, cantábricos y pirenaicos además de en Gran Canaria e islas canarias occidentales, Menorca, el Maestrat, la Marina alicantina y el Soler valenciano (figura 1.3.3.8).

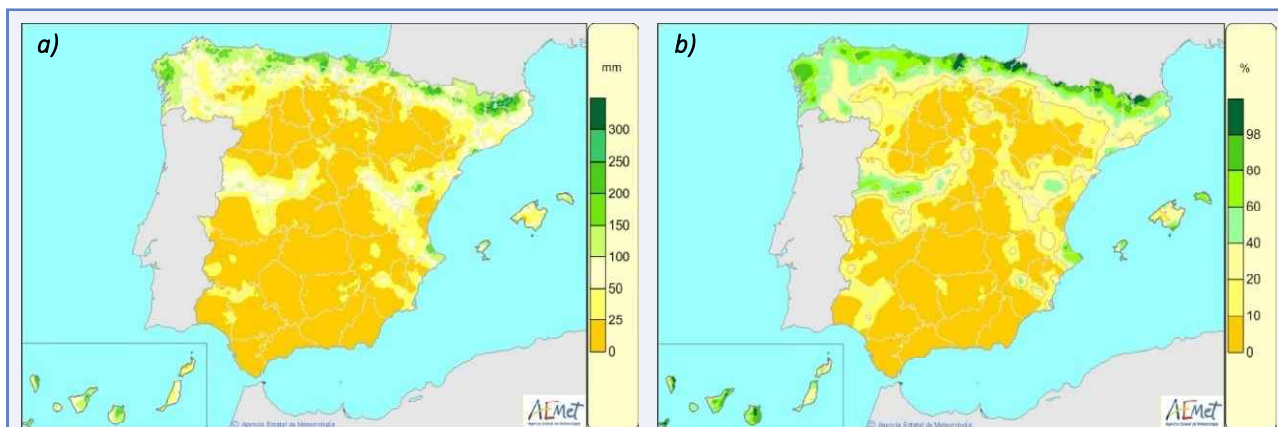


Figura 1.3.3.8 — a) Mapa del agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar el 30 de septiembre de 2022. b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 30 de septiembre.

Durante el mes de octubre aumentó, de forma apreciable, la humedad edáfica en Galicia, cornisa cantábrica, los Pirineos, León y montañas del occidente del sistema Central, con comarcas en las que se alcanzaba la saturación. No obstante, seguía habiendo amplias regiones con humedades edáficas inferiores a 25 mm y porcentajes respecto a la saturación inferiores al 10%. Así se encontraban los suelos en gran parte del valle del Ebro, Castilla-La Mancha, Extremadura y Andalucía (figura 1.3.3.9).

Los suelos acumularon mucha humedad durante noviembre en Galicia, cornisa cantábrica, los Pirineos, montañas occidentales del sistema Central, gran parte de la meseta norte y zonas de la Comunitat Valenciana. Por el contrario, al finalizar el mes, permanecían casi

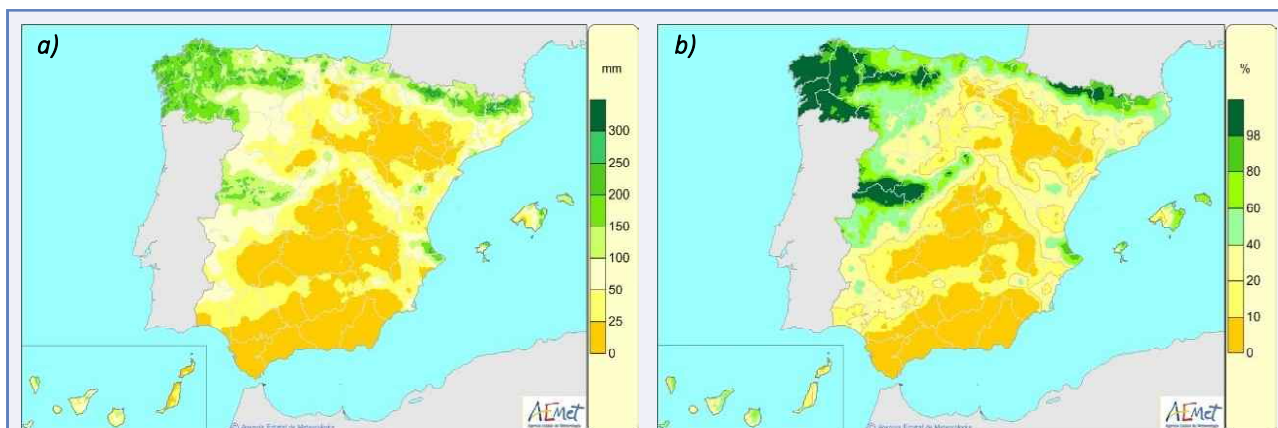
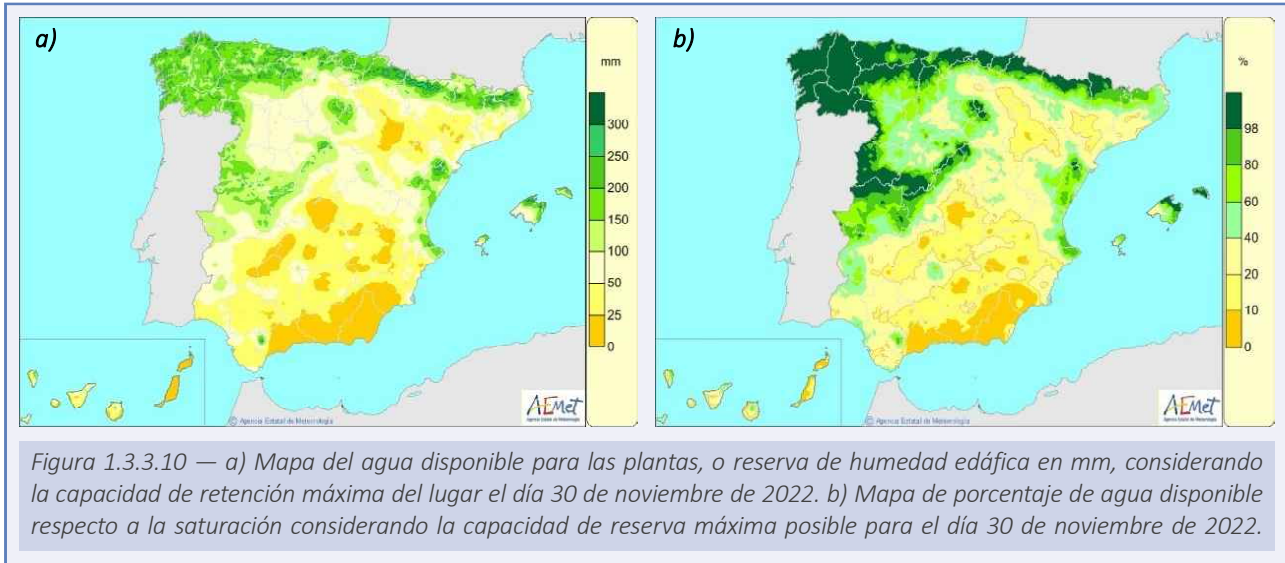


Figura 1.3.3.9 — a) Mapa del agua disponible para las plantas, o reserva de humedad edáfica en mm, considerando la capacidad de retención máxima del lugar el día 31 de octubre de 2022. b) Mapa de porcentaje de agua disponible respecto a la saturación considerando la capacidad de reserva máxima posible para el día 31 de octubre de 2022.



secos en zonas del valle del Ebro, La Mancha, sureste de Extremadura, sureste de Andalucía, Murcia y Lanzarote-Fuerteventura (figura 1.3.3.10).

En verano se produjeron muchos y grandes incendios. Destacan los ocurridos en la sierra de la Culebra, Tábara, Riopar, sierra Calderona y Montes de Toledo. Además, los embalses presentaban un nivel de agua muy bajo, especialmente en las cuencas del Guadiana, Guadalquivir y Guadalete. La falta de agua en el campo afectaba especialmente a la mitad sur peninsular y a Cataluña tanto a cultivos herbáceos como arbóreos y pastos. En muchos lugares se adelantó la vendimia. En Jaén comenzó la recogida en julio y en Madrid se inició tres semanas antes de lo normal, igual que en el País Vasco la uva para chacolí. Lo más frecuente eran las uvas pequeñas, de buena calidad en cuanto a su fermentación.

Fenología

El cambio de color comenzó en algunos lugares en verano y estuvo causado por estrés hídrico para acelerar la caída de hojas y evitar la pérdida de agua por transpiración. Ello afecta a que las brotaciones de la primavera próxima sean menores (se observó tanto en cultivos de frutales como en especies silvestres, por ejemplo, en algunas hayas de Roncesvalles). Sin embargo, en las especies y lugares donde esto no fue así, el cambio de color fue retrasado y muy avanzado el otoño. Las lluvias de primeros de octubre, en el Levante, favorecieron a los cítricos (salvo en los lugares donde se encharcó el suelo). En general, la precipitación caída atemperó algunos suelos favoreciendo las siembras del cereal aunque en otros dificultaron la recogida del arroz por el exceso de agua. A primeros de noviembre finalizó la recogida de la granada en Elche y de la vid en el Campo de Borja.

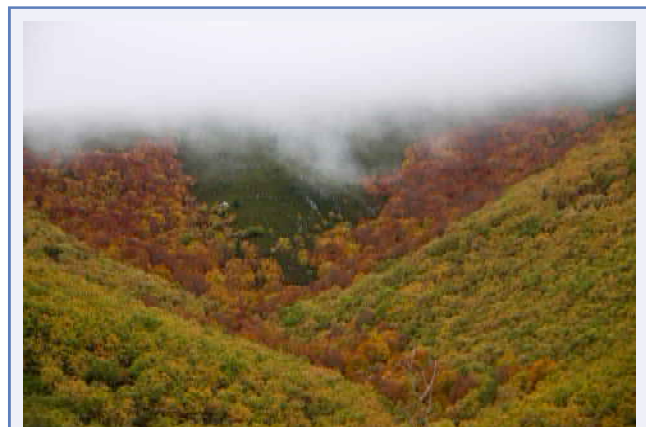


Figura 1.3.3.11 — Hayedo de la Pedrosa (Riaza; Segovia) el día 03-11-2022. Los robles melojos aún no habían cambiado de color, pero las hayas se encontraban en distintos estados avanzados del cambio de color. Foto: Carlos Fernández de Cara.

Las primeras bandadas significativas de grullas en paso hacia el suroeste se observaron a mediados de octubre en Navarra y Madrid y a finales del mes en Zaragoza. A primeros de noviembre se produjeron las llegadas a sus localidades de invernada en Extremadura. A finales de este mes casi habían finalizado los pasos de grullas y se encontraban en sus correspondientes áreas de invernada. Las altas temperaturas, la falta de lluvias, la abundante insolación y la escasez de pastos en primavera-verano, hicieron que la berrea, el celo de los ciervos, no fuese demasiado intensa y comenzase con un retraso moderado de unos 5-10 días.

La partida de la golondrina común (*Hirundo rustica*) de sus localidades de reproducción se produjo a primeros de septiembre en el sistema Ibérico, durante septiembre en la cornisa cantábrica, a primeros y mediados de octubre en el valle del Guadalquivir y Sierra Morena y en la segunda quincena de este mes en las comarcas de las provincias mediterráneas. La partida del avión común se produjo, en general, durante septiembre, a primeros de mes en el litoral del Cantábrico y a finales en el sistema Ibérico y Andalucía. En octubre se produjo en provincias mediterráneas. La partida del vencejo común se produjo en Andalucía durante la primera quincena de septiembre y en el litoral catalán en la primera decena de octubre.

En general, durante septiembre, se produjeron las partidas de la tórtola, el ruiseñor, el milano negro, el abejaruco y la codorniz. Durante octubre partieron en emigración el águila culebrera, el águila calzada, etc.

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 2022 terminó con un total de 2894 horas de sol en el promedio de la superficie del territorio español, cantidad que es un 3 % superior al valor medio del periodo 1983-2010 (2808).

Por meses, destaca julio, que fue el de más insolación desde al menos 1983, enero fue el segundo más soleado, tras el mismo mes del año 1983, y mayo fue el tercero en su serie, tras mayo de 2019 y mayo de 2015. Entre los meses de menos insolación, lo más significativo se registró en marzo, que fue el de menor insolación de la serie, desde al menos 1983 (tabla 1.4.1).

Mes	Insolación total 2022	Promedio normal (1983-2010)	Anomalía	Orden (1983-2010)
Enero	224	162	+39 %	2
Febrero	203	172	+18 %	8
Marzo	1128	226	-44 %	40
Abril	237	230	+3 %	20
Mayo	320	261	+23 %	3
Junio	322	310	+4 %	18
Julio	374	354	+6 %	1
Agosto	332	324	+2 %	17
Septiembre	259	259	-0 %	22
Octubre	202	202	-0 %	24
Noviembre	166	158	+5 %	18
Diciembre	129	150	-14 %	33
Invierno	586	481	+22 %	3
Primavera	685	717	-5 %	28
Verano	1028	988	+4 %	7
Otoño	626	619	+1 %	20
ANUAL	2894	2808	+3 %	28

Tabla 1.4.1. Insolación total en 2022, Insolación normal, anomalía en % y orden en la serie de cada mes de mayor a menor insolación en el promedio de la superficie del territorio español (periodo de 40 años 1983-2022). 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 2022 se registró en las islas orientales y sur de las islas Canarias, con más de 3200 horas de sol. En la Península se superaron las 3200 horas de sol en amplias zonas de Andalucía y Badajoz y, de forma más dispersa, en el norte de Ciudad Real. En zonas de las comunidades del Cantábrico y de los Pirineos el número de horas de sol fue inferior a 2000, con el mínimo absoluto nacional, con menos de 1800 horas, en el litoral cantábrico gallego (figura 1.4.1).

En términos relativos al número normal anual de horas de sol en cada punto del territorio, en zonas del norte de la Península hubo un superávit de insolación superior al 10 %, mientras que en la Comunitat Valenciana, Región de Murcia, zonas de Andalucía Oriental, del norte de Cáceres, de las provincias de Castilla y León fronterizas con Portugal y en el sur de Ourense hubo un ligero déficit inferior al 5 %. (figura 1.4.2).

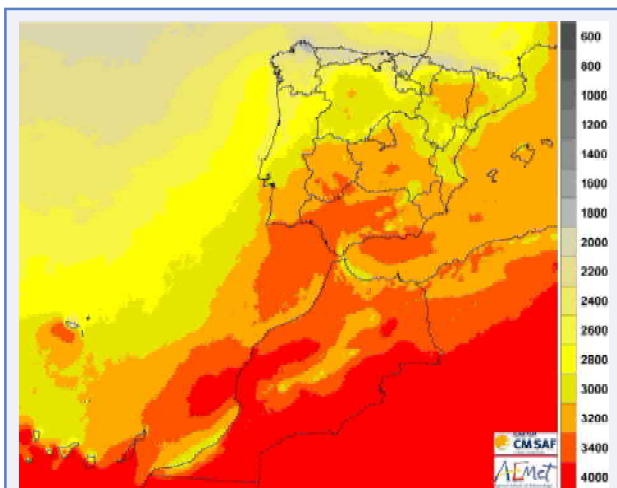


Figura 1.4.1 — Número anual de horas de sol. Año 2022. Fuente de datos para la elaboración del mapa: CM SAF (EUMETSAT).

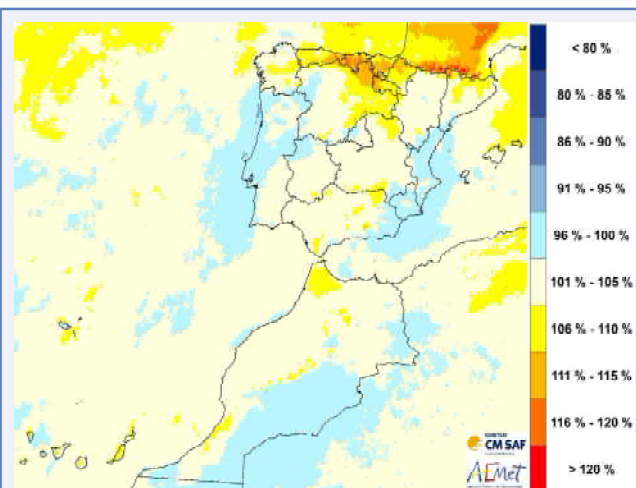


Figura 1.4.2 — Anomalía de horas de sol (horas). Año 2022. Fuente de datos para la elaboración del mapa: CM SAF (EUMETSAT).

El promedio de cada provincia o ciudad autónoma, las horas de sol registradas en 2022, la insolación normal anual y el déficit de horas de sol en porcentaje son los que se adjuntan en la tabla 1.4.2. En las provincias de Cantabria, Araba/Álava, La Rioja y Burgos la insolación total anual excede en más de 200 horas la de la climatología de referencia, mientras en las provincias de Castelló/Castellón, Almería, València/Valencia, Murcia y Alacant/Alicante hubo déficit de insolación.

Provincia	Insolación 2022	Insolación normal (promedio 1983-2010)	Anomalía	Provincia	Insolación 2022	Insolación normal (promedio 1983-2010)	Anomalía
A Coruña	2151	2101	+50	Jaén	3165	3038	+127
Alacant/Alicante	3063	3075	-12	La Rioja	2595	2374	+221
Albacete	3048	2997	+51	Las Palmas	3303	3160	+143
Almería	3165	3203	-38	León	2631	2578	+53
Araba/Álava	2320	2092	+228	Lleida	2883	2748	+136
Asturias	2003	1857	+146	Lugo	2150	2071	+79
Ávila	2852	2796	+56	Madrid	2983	2956	+27
Badajoz	3164	3060	+104	Málaga	3173	3110	+63
Barcelona	2909	2809	+101	Melilla	3034	2959	+74
Bizkaia	2049	1878	+171	Murcia	3096	3119	-23
Burgos	2632	2418	+214	Navarra	2609	2438	+171
Cáceres	3041	3026	+15	Ourense	2443	2386	+57
Cádiz	3226	3107	+119	Palencia	2837	2700	+138
Cantabria	2134	1899	+235	Pontevedra	2405	2320	+85
Castelló/Castellón	2829	2874	-45	Salamanca	2869	2830	+39
Ceuta	2902	2860	+43	Santa Cruz de Tenerife	2918	2897	+21
Ciudad Real	3151	3037	+114	Segovia	2824	2657	+167
Córdoba	3219	3093	+126	Sevilla	3288	3188	+100
Cuenca	3020	2939	+81	Soria	2839	2682	+157
Gipuzkoa	2006	1831	+175	Tarragona	2906	2876	+30
Girona	2799	2658	+141	Teruel	2840	2785	+54
Granada	3163	3109	+53	Toledo	3118	3063	+55
Guadalajara	2926	2805	+121	València/Valencia	2927	2959	-32
Huelva	3216	3148	+68	Valladolid	2961	2854	+106
Huesca	2895	2841	+54	Zamora	2853	2830	+23
Illes Balears	3047	2954	+93	Zaragoza	2973	2897	+76

Tabla 1.4.2. Insolación total en 2022, insolación normal 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 en la primera mitad de la primavera climática, especialmente durante el mes de marzo, que fue el de menos insolación en España de la serie histórica.

En la figura 1.4.1.1 se comprueba que en marzo hubo zonas del territorio español que tuvieron la mayor anomalía de insolación en la zona de cobertura del satélite Meteosat, especialmente en las comunidades del Mediterráneo.

La causa de esta gran anomalía de insolación en el mes de marzo hay que buscarla en la configuración sinóptica predominante en el oeste del continente europeo y en el Atlántico nororiental (figura 1.4.1.2), donde las condiciones medias fueron de persistente bloqueo anticiclónico al sur de Escandinavia que, con menos intensidad, se extendía hasta el Mediterráneo central (ver capítulo 2). Al oeste de la zona de bloqueo anticiclónico escandinavo, al sur de Groenlandia y en el golfo de Cádiz, hubo durante todo el mes bajas presiones (relativas al promedio climático del periodo 1981-2010). En el caso de la Península, esta situación de bajas presiones al suroeste peninsular favoreció un predominio de vientos de levante y sureste, que no solo dieron lugar a un mes muy nuboso, sino que también permitieron la entrada de masas de aire procedentes del norte de África cargadas de polvo en suspensión.

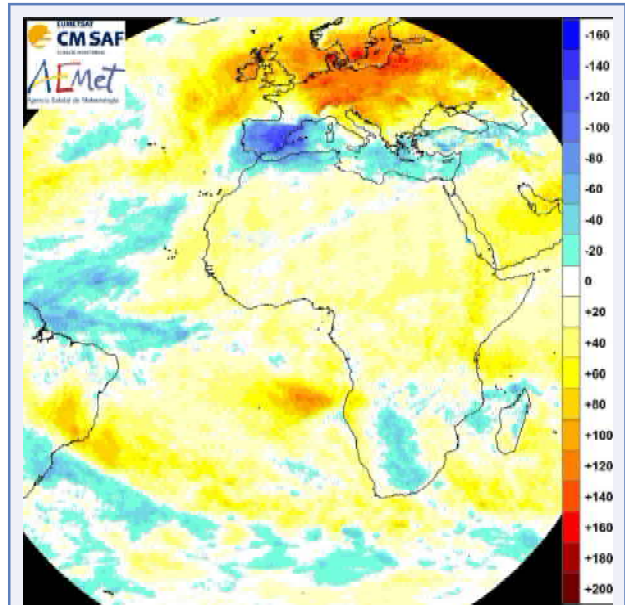


Figura 1.4.1.1 — Anomalía de insolación (horas) durante la primavera climática 2022.
Fuente de datos para la elaboración del mapa: CM SAF (EUMETSAT).

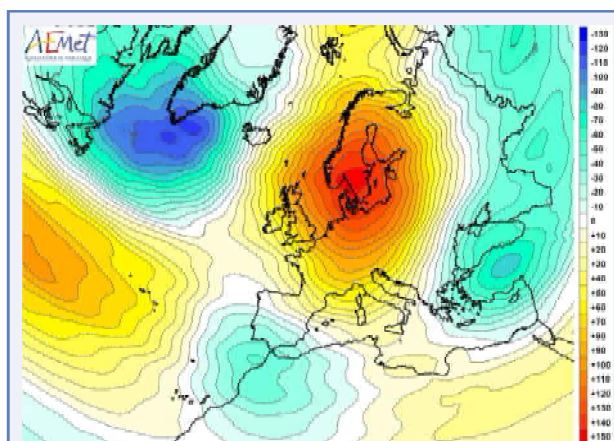


Figura 1.4.1.2 — Anomalía de geopotencial en la superficie isobárica de 500 hPa (metros) en el mes de marzo de 2022.

1.5. GASES DE EFECTO INVERNADERO

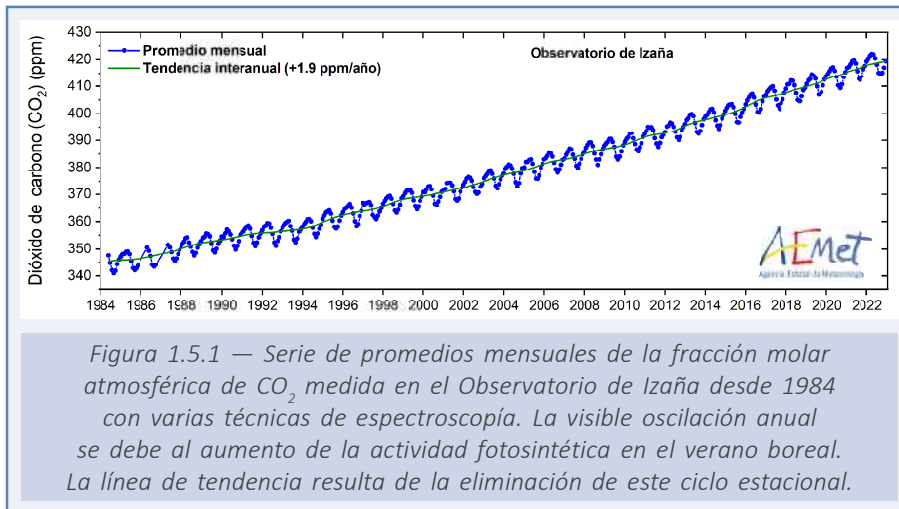
El calentamiento global es el resultado de desequilibrios en el balance energético de la Tierra, causados por procesos y agentes naturales y antropogénicos. El forzamiento radiativo cuantifica el cambio en los flujos de energía originados por variaciones en la acción de estos agentes, de los cuales los 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, 2022). El programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) de la 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, 2022) se basa en las medidas tomadas durante el año 2021. 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 2022, respecto a los medidos en el año 2021, 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.

42

a) Dióxido de carbono (CO_2)

El CO_2 es el GEI antropogénico más abundante en la atmósfera, y contribuye en aproximadamente un 66 % al forzamiento radiativo ocasionado por los GEI de larga duración. Es también el responsable del 81 % 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, 2022) el promedio mundial de la fracción molar del CO_2 en la atmósfera durante el año 2021 fue de 415.7 ppm (partes por millón), lo que supone un aumento de 2.5 ppm respecto al promedio de 2020 y del 149 % respecto de los niveles preindustriales. El incremento anual medio durante la última década es de 2.46 ppm.

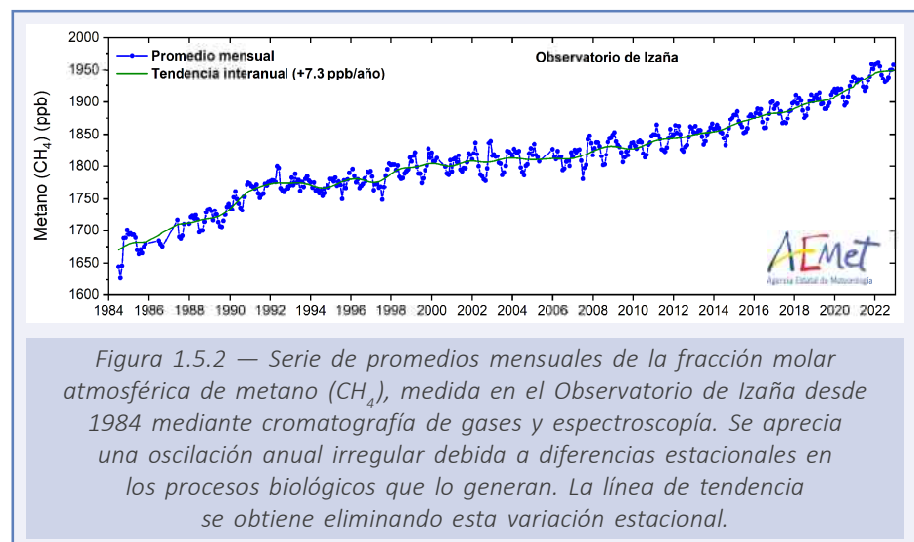
En el Observatorio Atmosférico de Izaña se registraron en 2021 y 2022 unos promedios de 416.5 ppm y 418.7 ppm, respectivamente, de los que resulta una diferencia anual de 2.2 ppm, algo menor que el crecimiento mundial del año anterior. El promedio mensual máximo de 2022 se registró en abril, con 422.0 ppm. El crecimiento del CO_2 atmosférico se está acelerando, como se puede observar en la serie de Izaña (figura 1.5.1), que muestra 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 16% 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 2021 un nuevo máximo de 1908 ppb (fracción molar de una parte en mil millones, del inglés *parts per billion*), lo que representa un aumento de 18 ppb con respecto al año 2020. Este aumento es el mayor desde que se empezaron a tomar medidas de CH₄ sistemáticamente a principios de los años 80 del siglo XX. Después de un periodo de estabilidad entre 1999 y 2006, la fracción molar de CH₄ en la atmósfera ha venido creciendo desde 2007, hasta alcanzar el 262% 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).

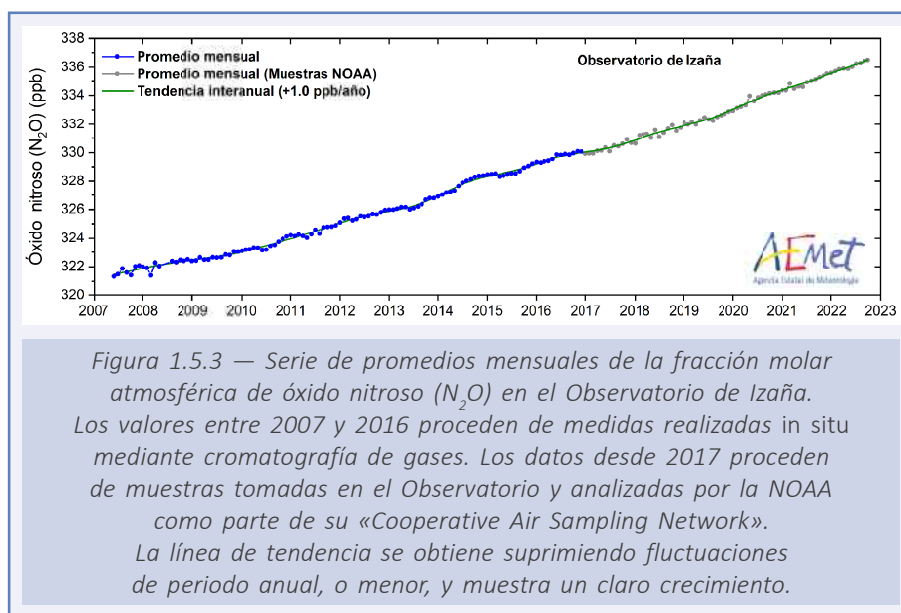
El Observatorio de Izaña registró un promedio anual de 1916 ppb en 2020, de 1935 ppb en 2021 (incremento de 19 ppb) y de 1948 ppb en 2022 (incremento de 13 ppb). En marzo de 2022 se alcanzó un promedio mensual máximo de 1962 ppb (figura 1.5.2).



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 7% 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 2021 el promedio mundial de la fracción molar del N₂O alcanzó los 334.5 ppb, es decir, se situó 1.3 ppb por encima del valor del año 2020, lo que equivale a un 124% del nivel de la era preindustrial (270 ppb) (WMO, 2022).

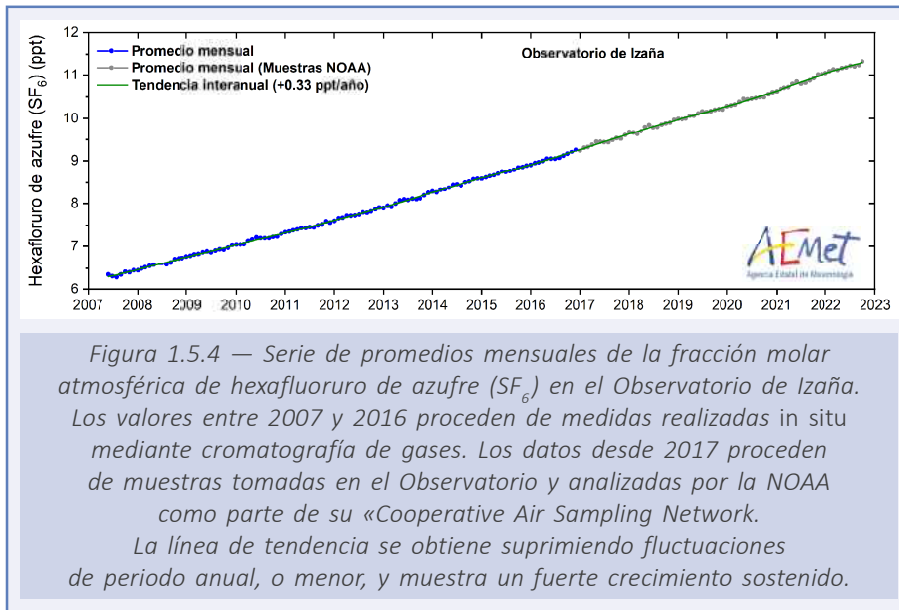
En el Observatorio Atmosférico de Izaña se midieron promedios anuales de 334.9 ppb en 2021 y 336.2 ppb en 2022 (aumento anual de 1.3 ppb), con un promedio mensual máximo de 336.8 ppb en diciembre de 2022 (figura 1.5.3).



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 (SF₆), 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 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, 2022).

Los datos registrados en el Observatorio de Vigilancia Atmosférica Global de Izaña (figura 1.5.4), muestran una tendencia creciente en el promedio 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 2022 alcanzó los 11.2 ppt, con un máximo mensual de 11.3 ppt en diciembre.

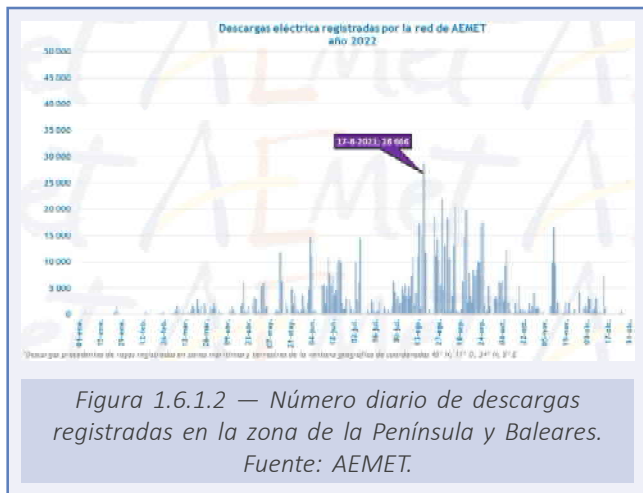
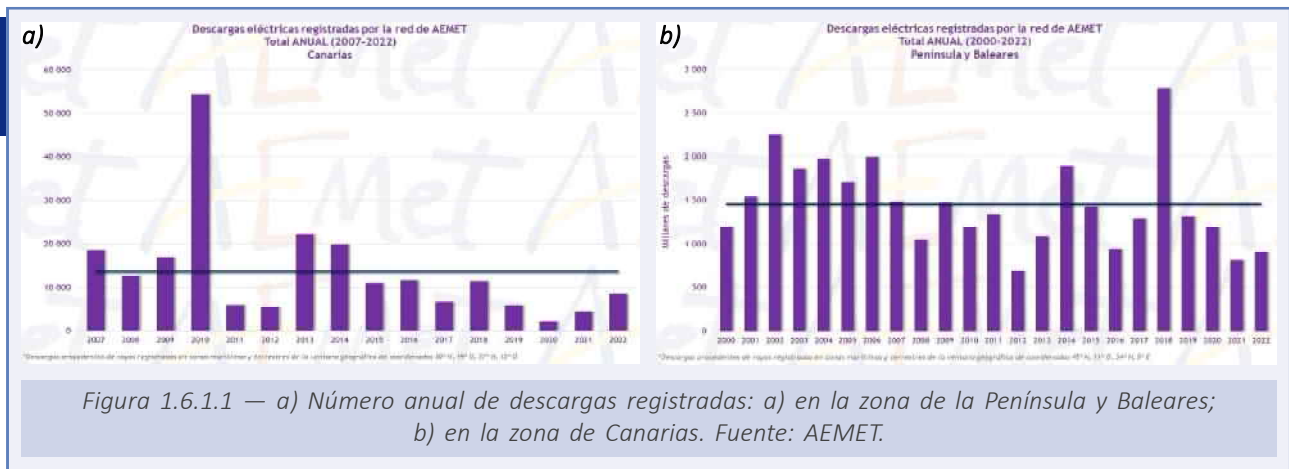


1.6. DESCARGAS ELÉCTRICAS Y TORMENTAS DURANTE 2022

2022 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 2022 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.

1.6.1. Descargas eléctricas

En la ventana geográfica de coordenadas 45° N, 11° O, 34° N, 5° E, donde está situada la Península, las islas Baleares y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, se registraron 912 560 (figura 1.6.1.1a), de las cuales 353 847 impactaron en tierra dentro del territorio nacional y el resto en el mar o en países vecinos. 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 8649 descargas (figura 1.6.1.1b), de las cuales, 442 en tierra y el resto en el océano Atlántico.



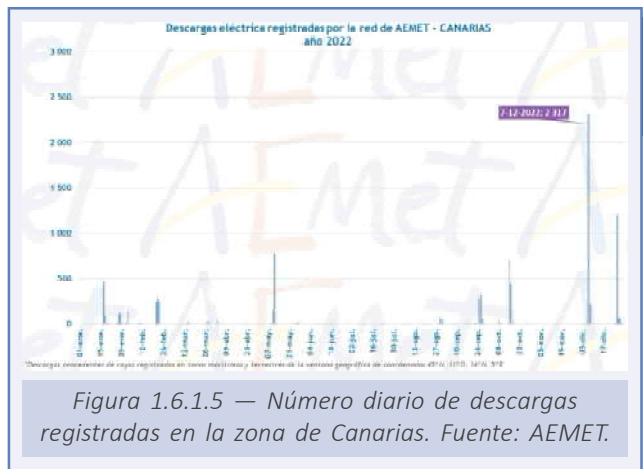
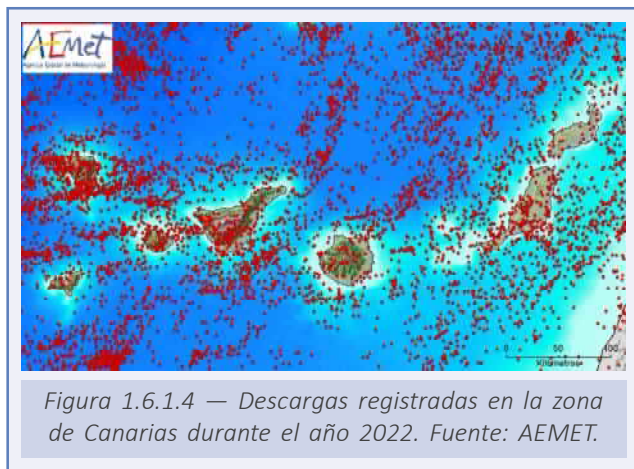
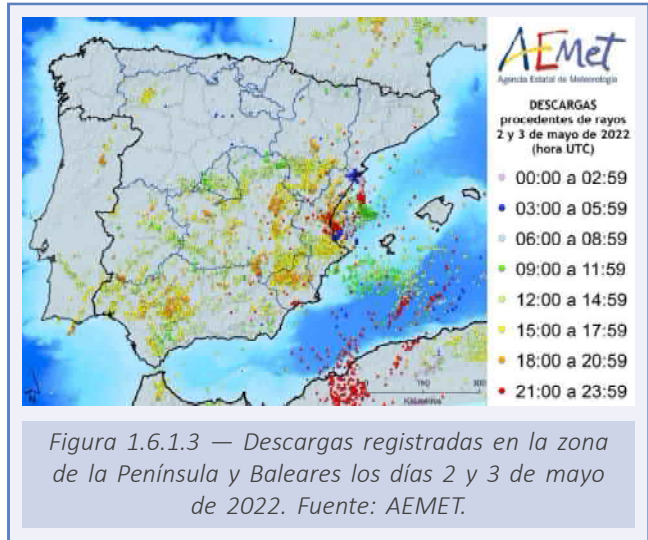
La actividad en meses típicamente convectivos como julio, agosto o septiembre en la zona de la Península fue escasa, de ahí que el número total de descargas haya sido inferior a lo normal.

El día en el que se registraron más descargas eléctricas fue el 17 de agosto (figura 1.6.1.2), con 28 666, aunque gran parte de las descargas de ese día se registraron en el Mediterráneo, frente a las costas de la Comunitat Valenciana y Cataluña. El episodio en el que más descargas impactaron en tierra en la Península fue el de las tormentas del 2 y 3 de mayo, con un

total de 6106, que provocaron precipitaciones intensas en la Comunitat Valenciana, con lluvias torrenciales en la ciudad de València, donde entre las 20 y las 23 horas se acumularon 172.4 mm (figura 1.6.1.3).

La actividad tormentosa en Canarias durante 2022 fue también inferior al valor medio, aunque resultó significativamente más alta que los tres años anteriores (figura 1.6.1.4).

El día que más descargas impactaron en la zona de Canarias fue el 7 de diciembre (figura 1.6.1.5), cuando se produjeron tormentas que llegaron a registrar 2317 descargas, con mayor densidad en las islas occidentales, y que acumularon más de 80 mm en observatorios de La Palma, aunque el episodio de precipitaciones más significativo en las islas Canarias, con acumulados que llegaron a superar los 500 mm, fue el que se produjo durante la tormenta tropical Hermine los días 24 al 26 de septiembre que, sin embargo, se produjo con poca actividad eléctrica en las islas. Menos de 20 descargas impactaron en tierra durante la tormenta tropical Hermine, con un total de 610 descargas durante el episodio (figura 1.6.1.6).



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, Asturias, Castilla y León, Cantabria, Aragón, interior y norte de Cataluña y, de forma más dispersa en la Comunitat Valenciana, Región de Murcia, Castilla-La Mancha y Andalucía oriental,

el número de días de tormenta ha superado en más de 10 al promedio normal, mientras que, en gran parte de Extremadura, Andalucía occidental y Navarra, el número de días de tormenta ha sido inferior al promedio normal (figura 1.6.2.1).

En zonas de los Pirineos orientales y en el Maestrazgo turolense y castellonense, ha llegado a haber durante 2022 más de 40 días de tormenta, mientras que en gran parte de Extremadura y zonas de Andalucía y sur de Castilla-La Mancha el número de días de tormenta ha sido inferior a 10 (figura 1.6.2.2).

Finalmente, hay que dejar constancia de que durante el mes de abril de 2021 AEMET puso en operación un nuevo concentrador de rayos (TLP141 v1.2.5). En las primeras evaluaciones que se han realizado entre los registros del anterior sistema y del nuevo, se ha llegado a la conclusión de que el nuevo concentrador registra 2.6 veces más descargas que el anterior, aunque gran parte de este exceso de descargas registradas por el nuevo sistema son descargas intranube, no analizadas ni en este informe ni en los anteriores, en los que solo se han considerado los impactos en tierra.

Por lo que respecta a las descargas a tierra, que son las que se han venido analizando históricamente, durante el periodo de comparación de ambos sistemas se determinó que el nuevo concentrador registra aproximadamente un 5 % menos de descargas que el antiguo, debido a las mejores prestaciones del nuevo

sistema, a que el antiguo tendía a clasificar descargas intranube como descargas nube-tierra y, en menor medida, a que el concentrador antiguo proporcionaba falsas alarmas. Por tanto, hay que tener en cuenta que se ha producido una ruptura en la homogeneidad de la serie y es probable que el número total de descargas nube-tierra registradas por el nuevo concentrador sea inferior a las que se hubieran registrado con el sistema antiguo.

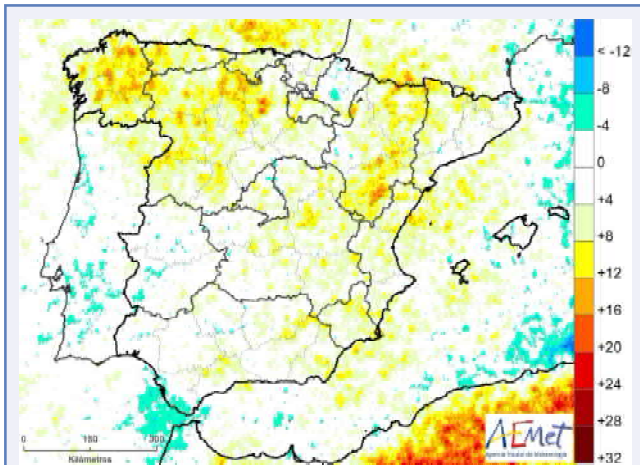


Figura 1.6.2.1 — Anomalía de días de tormenta en la zona de la Península y Baleares en 2022. Fuente: AEMET.

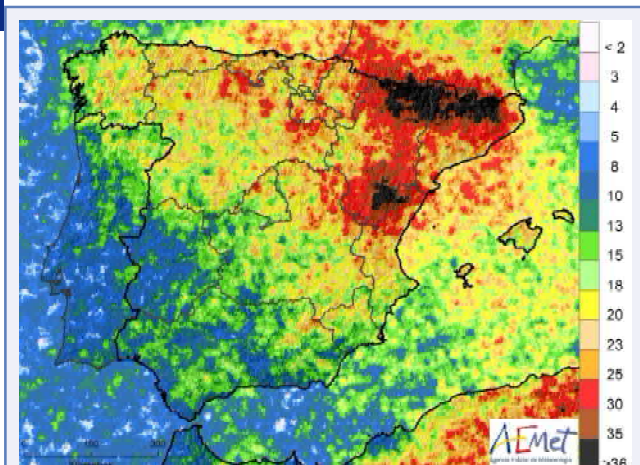


Figura 1.6.2.2 — Días de tormenta en la zona de la Península y Baleares en 2022. Fuente: AEMET.

1.7. FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

Los fenómenos meteorológicos extremos tienen, en muchas ocasiones, un importante impacto social por su carácter extraordinario y gran intensidad que los convierten en episodios adversos. En este apartado se hace un repaso a las principales situaciones extremas vividas en 2022 y a las borrascas con gran impacto que afectaron a España.

1.7.1. Principales episodios de fenómenos meteorológicos extremos

Episodios extremos asociados a las temperaturas

A lo largo de 2022 se sucedieron numerosos episodios extremos asociados a las temperaturas, especialmente relacionados con el calor. No obstante, en enero se produjo una ola de frío entre los días 14 y 18, caracterizada por unas temperaturas mínimas muy bajas, aunque las máximas estuvieron ligeramente por encima de los valores normales. Según el Instituto de Salud Carlos III, el número de fallecidos atribuibles a las bajas temperaturas durante 2022 fue ligeramente superior a 1000 personas.

El año 2022 fue extremadamente cálido en España, con numerosos episodios de altas temperaturas y condiciones veraniegas muy prolongadas. En primavera se registraron ya condiciones veraniegas y así, durante los días 21 y 22 de mayo, en el seno de un inusual episodio cálido para la época, se registraron temperaturas máximas superiores a 40 °C y mínimas iguales o superiores a 25 °C (noches tórridas) en puntos del valle del Guadalquivir.

El verano de 2022 presentó un carácter extraordinario por la gran persistencia e intensidad de las tres olas de calor que se produjeron en su transcurso: España estuvo en situación de ola de calor en 2022 durante 41 días, superando ampliamente el anterior récord de 29 días registrado en 2015. La primera de ellas comenzó el 12 de junio, y se trató de la segunda más temprana desde 1975, tan solo superada por la que comenzó el 11 de junio de 1981. La segunda, que abarcó desde el 9 hasta el 26 de julio, fue excepcional por su intensidad, ya que fue la más cálida de toda la serie, por su extensión, que afectó a 44 provincias tratándose de la más extensa registrada en España y por su duración, con dieciocho días fue la segunda más larga acontecida en nuestro país. La tercera ola de calor, de dieciséis días entre finales de julio y mediados de agosto, fue la tercera más larga de la serie.

La persistencia de las altas temperaturas se tradujo en unas aguas del mar Mediterráneo muy cálidas, que alcanzaron 29.3 °C de valor medio en el mar Balear a mediados de agosto. A lo largo de 2022, según datos de Copernicus, se quemaron más de 300 000 hectáreas en España como consecuencia de los incendios forestales (figura 1.7.1.1), muy relacionados con la persistencia de altas temperaturas y escasez de precipitaciones. Se trata de la cifra más alta desde, al menos, 2006. Entre los meses de junio

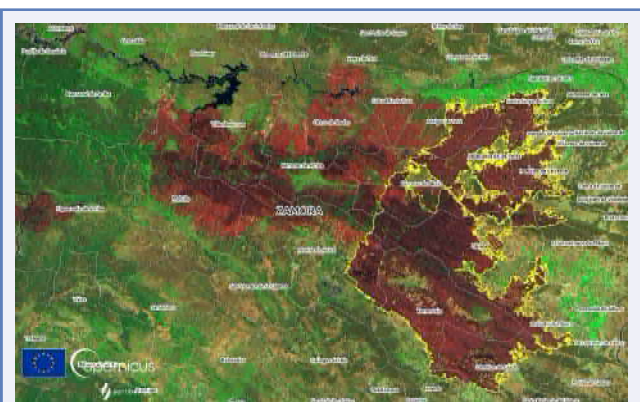


Figura 1.7.1.1 — Superficie afectada por los incendios de Sarracín-Ferreras y Losacio, que tuvieron lugar en el verano de 2022 en la provincia de Zamora y sumaron unas 65 600 hectáreas. Fuente: Copernicus.

y septiembre, hubo más de 4744 defunciones atribuibles al exceso de temperatura a nivel nacional, el mayor número desde el verano de 2003, según el Instituto de Salud Carlos III.

Hay más información acerca de las olas de calor y de frío registradas en 2022 en los subapartados 1.1.3 y 1.1.4.

Episodios de precipitaciones intensas

A lo largo de 2022 se produjeron varios episodios de lluvias de intensidad torrencial. El 3 de mayo, como colofón a una primavera extraordinariamente lluviosa en la Comunitat Valenciana y la Región de Murcia, se registran lluvias torrenciales en la ciudad de València, donde en tres horas se acumularon 172 mm. El 18 de septiembre, una persona falleció en el norte de la provincia de Alicante como consecuencia de una riada; se recogieron cerca de 120 mm. El 26 de septiembre, una persona murió en su domicilio de Javalí Nuevo (Murcia), debido al alto nivel de las aguas alcanzado, tras registrarse en el Observatorio de Murcia 69 mm en una hora, 40 de ellos en solo diez minutos, una de las intensidades más altas medidas en España en ese periodo de tiempo.

Tormenta tropical Hermine

50



Figura 1.7.1.2 — Imagen de satélite de la tormenta tropical Hermine centrada al suroeste de Canarias.
Fuente: sensor VIIRS del satélite NOAA-20.

El 23 septiembre 2022, el Centro Nacional de Huracanes con sede en Miami (EE. UU.) puso nombre a la tormenta tropical Hermine (figura 1.7.1.2). Se originó a partir de una onda tropical que el día anterior había alcanzado el océano Atlántico procedente del interior de África, y que después siguió una trayectoria muy poco habitual hacia el norte. Las bandas de precipitación asociadas a la tormenta tropical provocaron un importante episodio de precipitaciones en Canarias: en puntos de La Palma se superaron los 350 mm y en zonas de las islas orientales y del sur de las islas de mayor relieve llovió en cuatro días el equivalente al 80 % de la precipitación media anual.

Fenómenos extremos relacionados con la convección

El 13 de agosto, una serie de reventones cálidos se produjeron de madrugada en el sureste peninsular. Uno de ellos provocó en el aeropuerto de Alicante-Elche un rápido ascenso de la temperatura desde los 27.5 °C hasta 40.5 °C a las 02:50 horas. En otro reventón cálido, sucedido poco después en la localidad valenciana de Cullera, las rachas de viento, que se estima que pudieron alcanzar entre 70 y 100 km/h, junto con el desplome de la masa de aire, provocaron la caída de parte de la estructura del festival Medusa, con el resultado de una persona fallecida. El 30 de agosto se produjo una granizada en La Bisbal d'Empordà (Girona) con piedras de extraordinario tamaño (figura 1.7.1.3), superiores a los 10 cm de diámetro. Una persona falleció como consecuencia del impacto de una de las piedras de granizo y se produjeron cuantiosos daños materiales en la localidad.



*Figura 1.7.1.3 —
Detalle de una piedra
de granizo de más de
170 g procedente de la
granizada de La Bisbal
d'Empordà (Girona),
ocurrida el 30 de
agosto de 2022.
Fuente: Usuario 'galan'
del sistema SINOBAS.*

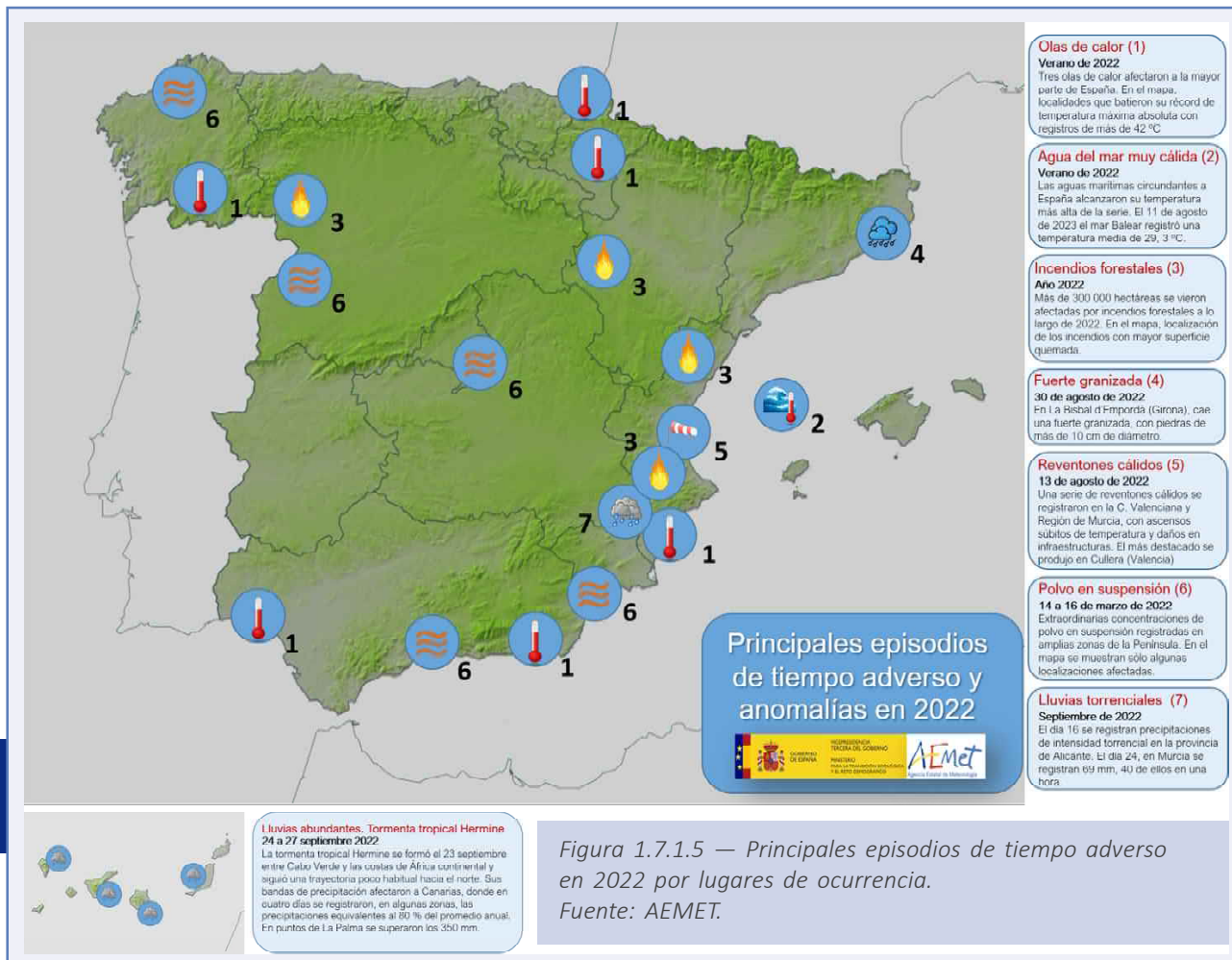
Episodio extraordinario de polvo en suspensión en la Península

Entre los días 14 y 16 de marzo se produjo una intrusión de polvo de origen sahariano en la península ibérica de gran intensidad. Entre la borrasca Celia, situada al suroeste de la Península, y las altas presiones reinantes en el Mediterráneo, se generó un temporal de vientos intensos sobre el desierto del Sáhara. Fruto de esos vientos y de la inestabilidad atmosférica, una gran nube de polvo ascendió a niveles superiores de la troposfera y recorrió grandes distancias hasta alcanzar la península ibérica (figura 1.7.1.4). La intensidad del episodio tuvo carácter extraordinario, sin precedentes al menos en el siglo actual en el territorio peninsular español. Algunas estaciones de medidas de contaminación de fondo, como la de Peñausende (Zamora), midieron concentraciones de material particulado PM10 de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor máximo alcanzable por el instrumental, que no está preparado para registrar concentraciones tan altas de aerosoles. En muchas zonas se produjo deposición seca del polvo; en otras, especialmente en el tercio sur, hubo precipitaciones acompañadas de barro, que provocaron importantes alteraciones en las fachadas de determinadas construcciones blancas tradicionales.



*Figura 1.7.1.4 — Tonalidad anaranjada del cielo observada en la tarde del día 14 en la ciudad costera de Águilas (Murcia).
Imagen cortesía de David P. C.*

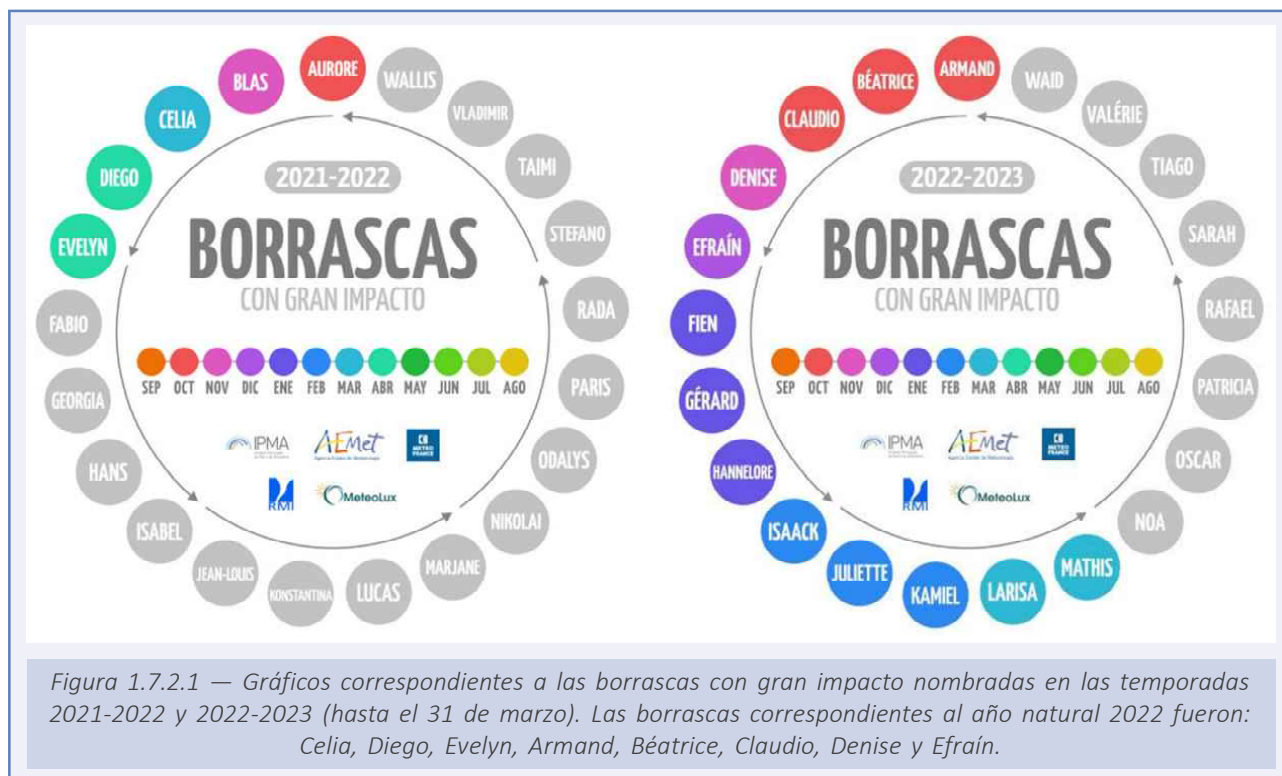
En la figura 1.7.1.5 se muestran los principales episodios de tiempo adverso registrados en España en 2022, así como su localización geográfica:



1.7.2. Borrascas con gran impacto

A continuación, se hace un repaso de las borrascas con gran impacto que fueron nombradas en 2022 por el grupo de nombramiento suroeste europeo de EUMETNET, compuesto por los servicios meteorológicos de Portugal (IPMA), España (AEMET), Francia (Météo-France), Bélgica (RMI) y Luxemburgo (Meteolux). Dado que uno de los principales requisitos para el nombramiento de una borrasca es su potencial para originar vientos muy intensos, que supongan la activación de avisos de nivel naranja (riesgo importante), el análisis del número de borrascas con gran impacto registrado cada año puede dar una cierta idea de la frecuencia de temporales de fuertes vientos. Hay que señalar que, a partir de la temporada 2021-2022, cuyo comienzo tuvo lugar el 1 de septiembre, al criterio de nombramiento basado en la potencial activación de avisos de nivel naranja se le otorgó cierta flexibilidad, de manera que desde entonces se puede nombrar una borrasca aunque únicamente se activen avisos de nivel amarillo, siempre y cuando dé lugar también a avisos de nivel naranja por lluvias y/o nevadas.

En el año 2022 el grupo suroeste europeo de EUMETNET nombró un total de ocho borrascas con gran impacto, tres de ellas en primavera, cuatro en otoño y una en invierno (figura 1.7.2.1).



En la tabla 1.7.2.1 se detalla el nombre de cada borrasca con gran impacto, la fecha de su nombramiento y el servicio meteorológico que la nombró.

Nombre de la borrasca	Fecha de nombramiento	Servicio meteorológico que le puso nombre
Celia	13 de marzo de 2022	IPMA
Diego	6 de abril de 2022	Météo-France
Evelyn	7 de abril de 2022	IPMA
Armand	19 de octubre de 2022	IPMA
Béatrice	22 de octubre de 2022	AEMET
Claudio	31 de octubre de 2022	Météo-France
Denise	20 de noviembre de 2022	AEMET
Efraín	9 de diciembre de 2022	IPMA

Tabla 1.7.2.1. Borrascas con gran impacto nombradas por el grupo suroeste europeo de EUMETNET en 2022.

En cuanto a los fenómenos adversos asociados a las borrascas con gran impacto que afectaron a España, se destacan los siguientes¹:

- **Borrasca Celia:** Provocó una importante circulación de vientos procedentes del sur acompañados de gran cantidad de polvo en suspensión, dando lugar a un extraordinario episodio de calima. También se produjeron grandes acumulaciones de lluvia en doce horas en puntos del sur y áreas montañosas del centro de la Península.

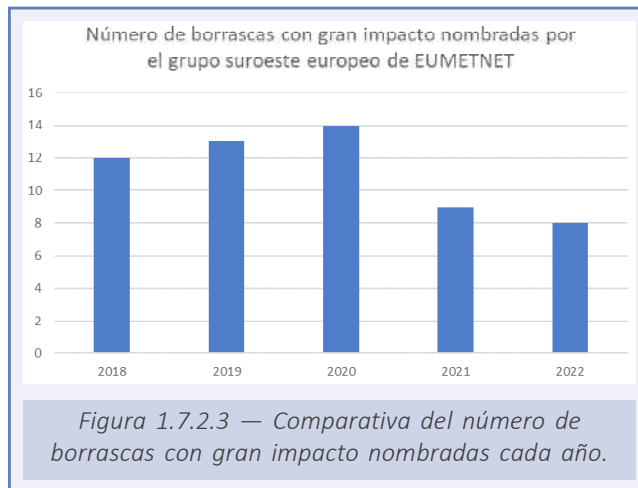
¹ Se puede encontrar información detallada sobre las borrascas con gran impacto nombradas por el grupo suroeste europeo en la página web de AEMET: <https://www.aemet.es/es/conocermas/borrascas/>

- **Borrasca Diego:** Sus principales impactos se produjeron en el oeste de Francia en forma de fuertes rachas de viento. En España, apenas tuvo consecuencias, aunque generó temporal marítimo en el Cantábrico y algunos acumulados de precipitación destacados en puntos de Galicia.
- **Borrasca Evelyn:** Afectó fundamentalmente a las islas Azores, aunque en España se notaron también sus efectos en forma de rachas de viento muy fuertes en zonas litorales y de montaña del norte peninsular, con hasta 97 km/h de racha máxima en el observatorio de Igeldo, en San Sebastián.
- **Borrasca Armand:** Sus efectos se notaron sobre todo en el norte peninsular en forma de fuertes rachas de viento e importante temporal marítimo. En la costa gallega las predicciones indicaban mar combinada de hasta siete metros, y algunas rachas en zonas altas de montaña fueron huracanadas, como en Valdezcaray (La Rioja), donde se alcanzaron 130 km/h. En cuanto a las lluvias, se acumularon más de 115 mm en puntos de Galicia y del sistema Central.
- **Borrasca Béatrice:** Provocó rachas muy fuertes de viento, incluso huracanadas en zonas de alta montaña y litoral gallego (126 km/h en Fisterra), así como acumulados de precipitación importantes. Hubo daños en elementos arquitectónicos como tejados y postes, y también se constató la caída de numerosos árboles.
- **Borrasca Claudio:** Tuvo mayor afectación sobre el norte de Francia, cuyos impactos fueron sobre todo debidos a las fuertes rachas de viento y el temporal marítimo. En España no tuvo consecuencias destacables, aunque generó mal estado de la mar en el Cantábrico y precipitaciones localmente fuertes en puntos de Extremadura y de los Pirineos.
- **Borrasca Denise:** Esta borrasca se formó sobre el Mediterráneo occidental y sus principales efectos se observaron en el este de la Península y en Baleares, en forma de fuertes rachas de viento, que llegaron a ser huracanadas en puntos de Mallorca donde se registraron 135 km/h en Alfabia, y mal estado de la mar. Dio lugar, también, a una importante nevada en los Pirineos.
- **Borrasca Efraín:** Fue, probablemente, la borrasca con mayores impactos en el conjunto de la Península de todo el año (figura 1.7.2.2). Además de rachas de viento fuertes o muy fuertes en amplias zonas del territorio, dio lugar también a precipitaciones muy abundantes, superándose los 100 mm en zonas de Extremadura y Andalucía occidental en tan solo 24 horas. Se produjeron inundaciones en ambas comunidades autónomas. La principal vía de comunicación entre Cáceres y Badajoz se vio muy afectada por las lluvias y corrimientos de tierra. También fueron muy abundantes las lluvias en el suroeste de Castilla y León. En la provincia de Salamanca, falleció una persona a consecuencia de las inundaciones.



Figura 1.7.2.2 — Imagen RGB natural del Motelesat de la borrasca Efraín sobre el Atlántico el 9 de diciembre de 2022. Fuente: AEMET.

Desde que en diciembre de 2017 comenzó el programa de nombramiento de borrascas con gran impacto de EUMETNET, el año natural 2022 fue el de menor número de nombramientos, con ocho (figura 1.7.2.3). En el año 2020 se registró el mayor número de borrascas con gran impacto, al nombrarse catorce de ellas. Según la información recogida en el *Informe sobre el estado del clima de Europa* de Copernicus correspondiente a 2022, la velocidad media del viento en Europa en su conjunto se situó ese año prácticamente en el valor promedio del periodo 1991-2020, aunque en España estuvo ligeramente por debajo de esa media a lo largo de 2022.



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 2022 en la Península, Baleares y Canarias.

2.1. ENERO

Los primeros días del año 2022 empezaron con una dinámica atmosférica muy similar con la que finalizó el mes de diciembre de 2021, situación anticiclónica centrada sobre la Península y temperaturas anormalmente altas para la época, superándose los 20 °C en zonas de los litorales cantábrico y mediterráneo. A partir del día 4 se produjo un acusado descenso de las temperaturas, recuperándose los valores normales debido al desplazamiento del anticiclón hacia el sur de Azores que provocó la entrada sobre la Península de una masa de aire más fría y húmeda. Con esta configuración sinóptica junto al paso de diferentes sistemas frontales que se deslizaban por el extremo norte peninsular, asociados estos a diferentes borrascas localizadas a latitudes muy altas, provocaron entre el 4 y el 10 de enero un periodo de alternancia en la zona cantábrica de días lluviosos y soleados. A partir del día 12 el anticiclón subtropical se desplazó hacia la zona de las islas británicas, intensificándose y extendiéndose desde aquí hacia los países escandinavos y la mitad occidental del continente europeo (figura 2.1.1a). Esta situación, reforzada por una amplia dorsal en altura, dio lugar a un periodo de bloqueo atmosférico que se mantuvo durante dos semanas bajo el que prevalecieron la estabilidad en la Península, la escasez de precipitaciones, las heladas generalizadas por todo el interior, el fuerte viento en el Estrecho y la ocurrencia de precipitaciones de carácter débil por el cuadrante sureste peninsular. Durante este periodo, y entre los días 14 y 18, tuvo lugar la primera ola de frío del 2022. El bloqueo atmosférico provocó el descuelgue de bajas hacia las islas Canarias, que al contrario que en la Península tuvo un tiempo sensible mucho más variable, con ocurrencia de un notable episodio de calima el día 16 y fuertes precipitaciones durante los días 17 y 18.

58

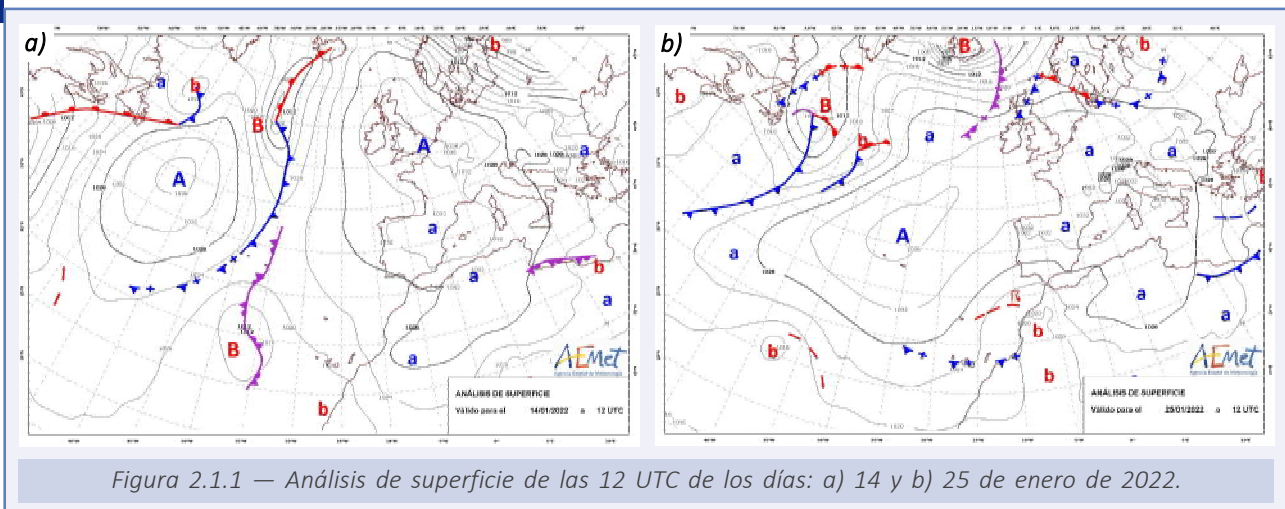


Figura 2.1.1 — Análisis de superficie de las 12 UTC de los días: a) 14 y b) 25 de enero de 2022.

Desde el día 25 el anticiclón británico se centró en el Atlántico Norte extendiéndose en dirección zonal por la Península y Europa occidental (figura 2.1.1b), favoreciendo aún más el flujo del este sobre la fachada mediterránea y la aparición del cierzo en el valle del Ebro. El tiempo sensible en la Península y Baleares continuó muy similar a las dos semanas anteriores, escasez de precipitaciones y heladas generalizadas por el interior, aunque algo más débiles y más restringidas a la mitad norte e interior este peninsular. Por otro lado, la presencia a finales de mes de una vaguada al oeste de Canarias y de un régimen de vientos del este sobre el archipiélago de procedencia africana, dio lugar a un nuevo e importante episodio de calima entre los días 29 y 30 de enero.

2.2. FEBRERO

Febrero comenzó con escaso gradiente bórico en la Península y con un acusado ascenso de las temperaturas máximas que se mantuvieron en valores muy anómalos por toda la Península y Baleares entre los días 1 y 4. A partir del 5 volvió a establecerse una situación con dominio anticiclónico por el Atlántico subtropical y el Mediterráneo occidental. Esta situación, en paralelo con una fase positiva del patrón de teleconexión de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés), dio lugar a un ambiente en general seco y cálido por gran parte de la Península durante la primera quincena del mes y hasta el día 19, solo interrumpido por el paso de un sistema frontal muy activo, asociado a una profunda borrasca británica, que recorrió de oeste a este la Península entre los días 13 y 14 del mes, provocando lluvias generalizadas en la parte occidental, centro y todo el extremo norte peninsular. En cuanto a Canarias, hasta el día 19 prevaleció un régimen de alisios.

La situación anticiclónica sobre la Península se mantuvo hasta final de mes, pero con una posición del anticiclón algo más al norte. Desde ahí se extendía, al igual que en la segunda quincena de enero, por el interior de la mitad occidental del continente europeo, reforzándose el bloqueo sobre la Península y Baleares, y aumentando la circulación del este sobre la fachada mediterránea y el área del Estrecho. A su vez, entre Canarias y la Península se produjo el descuelgue de vaguadas que se aislaron en diferentes danas. Así, entre los días 24 y 27 del mes, la presencia más cercana a la Península de una de estas danas, desarrolló precipitaciones por el centro, sur y este peninsular, más importantes el día 25 en el cuadrante sureste. También en Canarias, la presencia de las danas favoreció la inestabilidad y las precipitaciones entre los días 21 y 27, siendo más abundantes y generalizadas el día 26.

2.3. MARZO

El primer mes de la primavera rompió con el largo dominio de las situaciones anticiclónicas que había prevalecido sobre la Península y Baleares en los meses precedentes. En la primera quincena, la circulación del oeste de niveles altos se intensificó hacia latitudes entre los 40 y 50° N permitiendo la profundización de diferentes sistemas depresionarios con mayor influencia sobre nuestro territorio. El cambio de situación comenzó el día 3 de marzo con el paso de un frente frío muy activo que barrió la Península de norte a sur provocando lluvias abundantes en todo el territorio peninsular, la reactivación de este frente en el mar de Alborán dio lugar al desarrollo de un sistema de bajas presiones relativas, que se mantuvo entre los días 4 y 7 del mes y que contribuyó a la canalización del flujo del este y de la humedad sobre la costa mediterránea, especialmente en el sureste. Así, el día 4 en toda la región levantina se produjeron precipitaciones muy destacadas, observándose acumulados en 24 horas por encima de los 100 mm en la ciudad de Alicante. Entre los días 7 y 13 se produjo el paso de diferentes sistemas frontales por la Península, impulsados por la intensa circulación del oeste sobre estas latitudes, frentes que provocaron precipitaciones muy generalizadas en la Península, más escasas en el sureste y en Baleares.

En la segunda mitad del mes, la persistencia del patrón de bloqueo euroatlántico, caracterizado por un intenso anticiclón sobre Escandinavia, favoreció la formación repetitiva de diferentes sistemas de baja presión en el entorno del golfo de Cádiz. De este modo se formó el día 14 la primera gran borrasca del año 2022, Celia, la cual tuvo notables impactos en todo el país. Uno de ellos fueron las intensas precipitaciones en puntos de las provincias de Málaga, Cádiz y del sistema Central. Otro fue el mal estado de la mar sobre Canarias durante los días 14 y 15, así como las fuertes rachas de viento que llegaron hasta los 169 km/h en Izaña (Tenerife). No obstante, lo más destacado de la borrasca fue la intensa advección de partículas de polvo de origen sahariano que se produjo sobre la Península y Baleares (figura 2.3.1), siendo este evento el de mayor intensidad de los observados a lo largo del siglo actual (GARCÍA-VALERO, 2022).

60

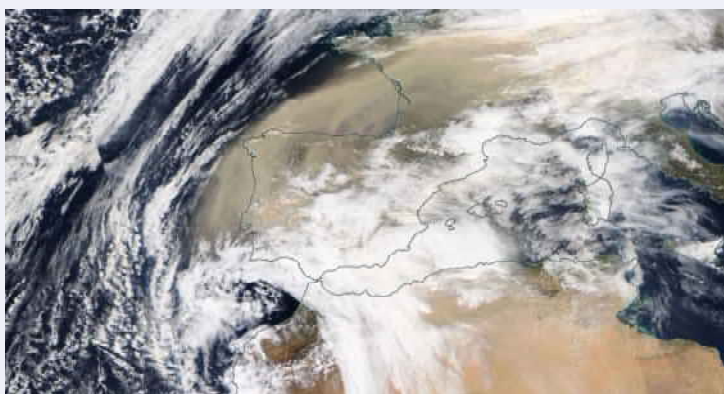


Figura 2.3.1 — Imagen del 15 de marzo de 2022 tomada por el satélite Aqua. El centro de la borrasca Celia se localizaba en la región del golfo de Cádiz y desde allí provocaba una intensa advección del sur sobre la Península y Baleares, con una fuerte intrusión de polvo de origen sahariano.

Entre los días 16 y 19, Celia se trasladó hacia el mar Mediterráneo cruzando la zona del Estrecho provocando precipitaciones copiosas por gran parte de Andalucía, Levante y las Baleares, dejando de nuevo registros muy elevados en puntos de Murcia y de la Comunitat Valenciana los días 16 y 17. Tras el alejamiento de Celia por el Mediterráneo comenzó a gestarse una

nueva baja en el entorno del golfo de Cádiz que continuó profundizándose los siguientes días y provocando de nuevo precipitaciones muy abundantes por el centro, sur y fachada mediterránea, con acumulaciones de nuevo que superaron los 100 mm en puntos de la Comunitat Valenciana los días 22, 23 y 26.

En lo que respecta a Canarias, la primera quincena estuvo bajo la acción de los vientos alisios, interrumpidos por la influencia de las borrascas generadas en el golfo de Cádiz durante la segunda quincena del mes. Su efecto sobre el archipiélago se tradujo principalmente en mal estado de la mar y la ocurrencia de precipitaciones algo más destacadas entre los días 14 y 15, y 26 y 27 del mes.

2.4. ABRIL

Durante los últimos días de marzo y los primeros de abril se estableció una amplia dorsal con eje en sentido meridiano que se extendía por el Atlántico Norte frente a la Península hacia las islas británicas. Este patrón junto a la existencia de una amplia vaguada localizada sobre el continente europeo que abarcaba hasta el mar Mediterráneo dio lugar a la canalización del flujo del norte sobre la Península y Baleares provocando un periodo frío en el que se produjeron también nevadas en cotas muy bajas en el Cantábrico (por encima de los 200 m) y noreste peninsular. Hacia el día 4, la situación sinóptica fue cambiando hasta configurarse de nuevo un sistema de bajas presiones en el golfo de Cádiz que dio origen a importantes precipitaciones en el sur peninsular y en las Canarias, así como a nevadas en zonas altas del sureste. El sistema de bajas presiones se trasladó el día 6 hacia el Mediterráneo estableciéndose, de forma transitoria, las altas presiones subtropicales sobre la Península y Canarias. De forma simultánea, en el Atlántico Norte se imponía una intensa circulación zonal entre los 45-50° N que establecía una clara frontera baroclina que favoreció la formación de dos grandes borrascas de forma prácticamente consecutiva, Diego el día 6, y Evelyn el 7 (figura 2.4.1). Ambas

borrascas discurrieron por latitudes relativamente altas y apenas provocaron impactos significativos sobre la Península y Baleares, salvo algunas rachas fuertes en zonas altas del norte peninsular y mal estado de la mar. No obstante, el frente frío asociado a la borrasca Evelyn provocó precipitaciones generalizadas en la Península el Lunes y Martes Santo (días 11 y 12), coincidiendo con los desfiles procesionales de la Semana Santa en muchas localidades del país. Tras el paso del frente, la inestabilidad se mantuvo hasta el día 14 en la vertiente mediterránea y a partir de entonces comenzó un periodo de estabilidad atmosférica por todo el territorio que se mantuvo hasta el día 18. Durante este tiempo,

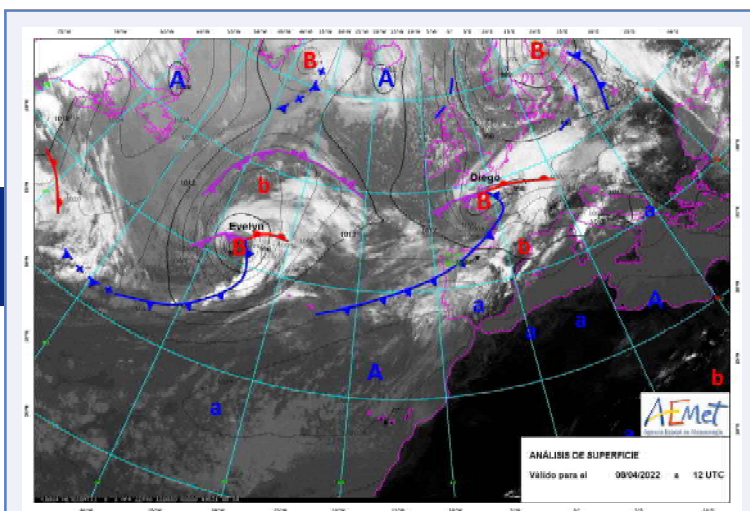


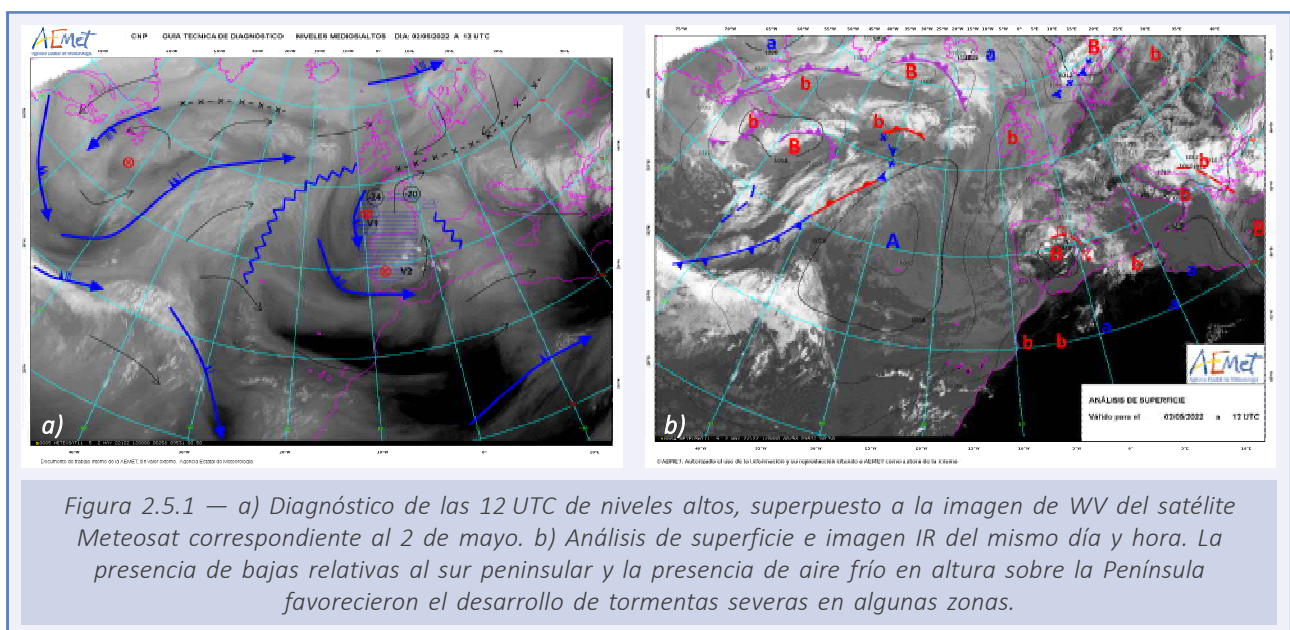
Figura 2.4.1 — Análisis de superficie superpuesta a la imagen del canal IR del satélite Meteosat del día 8 de abril de 2022. En ella se observan las borrascas Diego y Evelyn sobre el Atlántico.

en Canarias se produjo una invasión de aire cálido africano que elevó las temperaturas en las islas muy por encima de los valores habituales los días 17 y 18.

A partir del día 18 la circulación en altura sobre nuestro entorno comenzó a presentar una mayor ondulación, observándose el paso de dorsales y vaguadas sobre la Península y Baleares. Así, el día 20 el descuelgue de una de estas vaguadas sobre el sureste peninsular dio lugar a la formación de un sistema de bajas presiones al sur de las Baleares provocando así el primer episodio importante de tormentas del año en todo el litoral mediterráneo. La situación cambió rápidamente hacia otra que consistió en la generación continua de bajas en el Atlántico frente a la Península, trasladándose las precipitaciones hacia las regiones de mayor influencia atlántica. Esta situación se prolongó hasta el día 28, cuando la extensión de un potente anticiclón localizado entre Escandinavia y las islas británicas abarcó la Península comenzando así un nuevo periodo de estabilidad atmosférica.

2.5. MAYO

El mes de mayo comenzó tormentoso en las regiones del centro y este peninsular. La presencia de una amplia dorsal en el Atlántico frente a la Península, y de una vaguada corriente abajo con diferentes vórtices embebidos sobre el sur y el este peninsular, permitían la entrada en los niveles altos de aire frío a la Península y el consiguiente aumento de la inestabilidad (figura 2.5.1a). Por otro lado, la presencia de bajas relativas en el sureste (figura 2.5.1b) favorecía la llegada de vientos húmedos hacia el centro y la fachada mediterránea que, junto a los vientos de componente oeste presentes al oeste peninsular, contribuían a un patrón convergente de vientos en la zona centro y mediterránea que ayudaba al ascenso de las masas de aire y, por tanto, al desarrollo de las tormentas.



De este modo, entre los días 2 y 4 se produjo una intensa actividad convectiva que dio lugar a importantes granizadas en la Comunidad de Madrid y en la provincia de Teruel. Por otro lado, en València se batió el récord de precipitación en 24 horas para el mes de mayo, superándose un acumulado de 180 mm. Además, la fuerte inestabilidad reinante provocó tormentas muy organizadas que incluso desarrollaron actividad tornádica, tal y como se observó el día 2 en algunos parajes del término municipal de Mula (Murcia) (figura 2.5.2).

El sistema dorsal-vaguada en altura se desplazó hacia el este a partir del día 5, provocando el dominio del flujo subsidente en altura sobre la Península y el fortalecimiento de las altas presiones en superficie. Esta situación dio lugar al comienzo de un periodo de estabilidad atmosférica que se prolongó en la Península y Baleares hasta el día 13. Durante este tiempo, en Canarias prevalecieron los alisios, interrumpidos entre los días 10 y 15, por la influencia de un sistema de bajas presiones al suroeste del archipiélago que provocó un ascenso generalizado de las temperaturas y algunas tormentas de poca consideración. A partir del día 16 volvió a restablecerse la situación normal de alisios que se mantuvo hasta el día 27.



En la Península y Baleares, la estabilidad atmosférica se vio interrumpida entre los días 14 y 16 por una sucesión rápida de vaguadas y dorsales de onda corta. Esta situación provocó un nuevo episodio de tormentas, que en esta ocasión quedaron restringidas al norte peninsular. A partir del día 17 la estabilidad se impuso de nuevo en todo el país como consecuencia de una amplia dorsal que se mantuvo cuasiestacionaria durante varios días sobre la Península, la cual se extendía desde Escandinavia hasta el noroeste del continente africano. La dorsal contribuía al establecimiento de las altas presiones sobre el Mediterráneo, que inducían circulación de sur sobre la Península y Baleares. Esta situación dio lugar a la primera advección importante sobre la Península de la masa de aire continental africana, que provocó el primer episodio del año de altas temperaturas y durante el cual se superaron los 40 °C en el valle del Guadalquivir los días 20 y 21. El intenso calor en la Península cesó entre los días 22 y 23 cuando la dorsal se desplazó hacia el Mediterráneo central y una vaguada atlántica recorrió el norte peninsular hasta las Baleares, provocando de nuevo el desarrollo de tormentas que fueron intensas e incluso torrenciales en puntos del Mediterráneo, especialmente en la ciudad de Palma de Mallorca el día 25. La estabilidad atmosférica se recuperó a partir del día 26 manteniéndose hasta final de mes por gran parte de la Península con excepción del extremo noroccidental afectado por la presencia de diferentes sistemas frontales asociados a distintas borrascas localizadas al noroeste de la Península.

2.6. JUNIO

Los primeros días de junio estuvieron marcados por un sistema de bajas presiones localizado en el Atlántico, al oeste de la Península y relativamente lejos de ella, pero con influencia sobre el extremo noroccidental peninsular. Además, sus diferentes sistemas frontales afectaron a las islas más occidentales del archipiélago canario. El desplazamiento paulatino hacia el este del sistema de bajas presiones extendió la inestabilidad hacia otros puntos del centro y norte peninsular, provocando algunas tormentas entre los días 3 y 4, algo más intensas en Navarra. A partir del día 5 y hasta el 9, las altas presiones subtropicales, localizadas en el Atlántico y centradas sobre las Azores, se extendieron por el sur y centro peninsular imponiendo a su vez el régimen de alisios en las Canarias, el cual se mantuvo sobre el archipiélago el resto del mes. Por otro lado, la intensa circulación zonal al norte de la Península afectaba al extremo norte peninsular permitiendo el paso de diferentes sistemas frontales muy debilitados que dejaron algunas precipitaciones de carácter débil en la cornisa cantábrica.

Desde el día 10 la circulación en altura comenzó a ondularse hasta establecerse una gran dorsal que abarcaba desde la parte oriental peninsular hasta Escandinavia, configurándose un patrón de bloqueo sobre la mitad occidental de Europa. Al mismo tiempo, sobre el Atlántico, el descuelgue de una vaguada, al principio localizada al norte de Azores, y posteriormente cerrada en dana hacia el oeste de Portugal (figura 2.6.1), provocó sobre la Península una intensa circulación de componente sur/suroeste y cierto forzamiento dinámico sobre el norte peninsular.

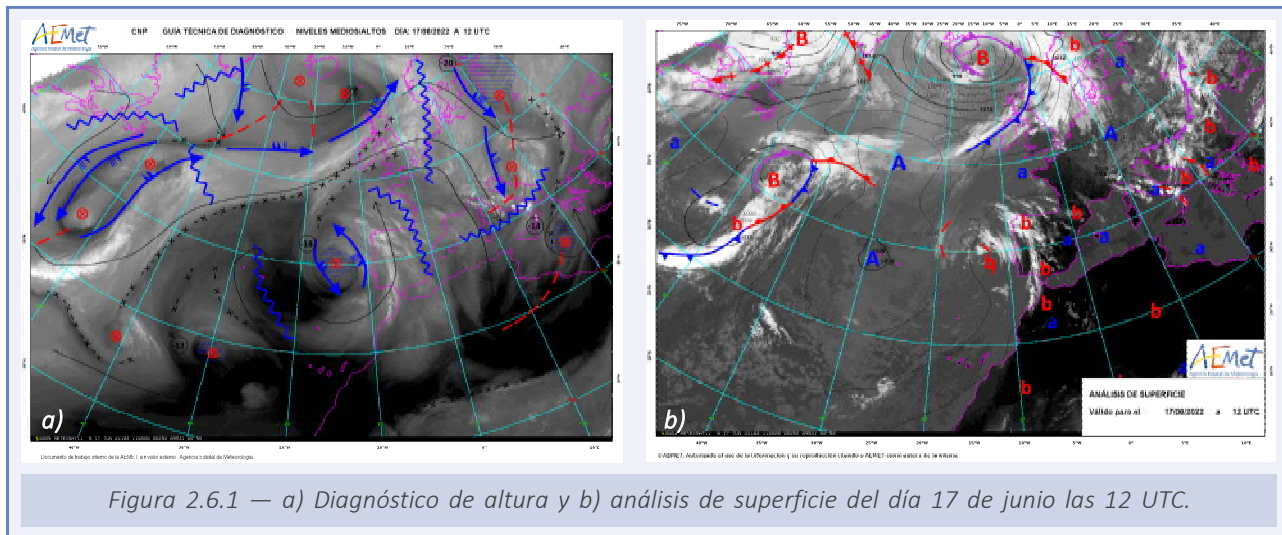


Figura 2.6.1 — a) Diagnóstico de altura y b) análisis de superficie del día 17 de junio las 12 UTC.

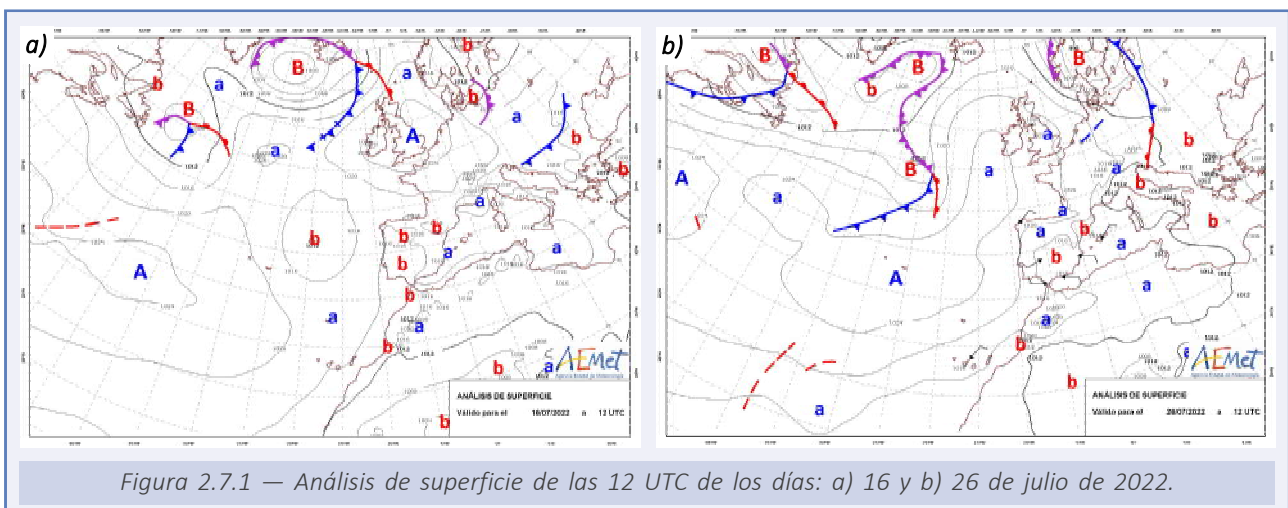
La situación favorecía el calentamiento diurno por toda la Península y el desarrollo de tormentas vespertinas, en general de tipo seco, sobre el tercio norte, así como la presencia de calima en gran parte del territorio. A partir del día 19, el patrón empezó a cambiar con el desplazamiento de la dana hacia el norte, hasta posicionarse y ser embebida por una amplia vaguada al noroeste de la Península que cambió el flujo en altura reinante del sur por otro de mayor componente oeste. De este modo se produjo un cambio de la masa de aire desde una cálida y seca de origen africano, hacia otra más fresca y húmeda de origen atlántico. La vaguada al noroeste, bloqueada por la dorsal

localizada corriente abajo que se extendía desde el Mediterráneo occidental hasta Escandinavia, generó un sistema de bajas presiones en superficie que dio lugar a la formación de diferentes sistemas frontales que provocaron algunos episodios de fuerte inestabilidad atmosférica. Así, se desarrollaron tormentas muy severas que afectaron fundamentalmente a puntos del este peninsular el día 21. Un ejemplo de ello fue la tormenta que dio lugar a la formación de un tornado en Alcañiz (Teruel) y a intensidades de precipitación en diez minutos de casi 24 mm observadas en esa misma localidad. El desplazamiento lento de la vaguada hacia latitudes británicas permitió que poco a poco las altas presiones con centro en Azores fueran adentrándose por el territorio peninsular, estabilizando la atmósfera de forma generalizada por todo el territorio de la Península y Baleares a partir del día 28.

2.7. JULIO

Tras el dominio de la estabilidad de los últimos días de junio y primeros de julio, volvieron las tormentas por el interior este peninsular entre los días 3 y 6. La causa, la cercanía de una nueva vaguada en altura con diferentes vórtices al oeste de Portugal. Este sistema depresionario en altura generaba sobre la Península un flujo de suroeste que era difluente sobre el noreste y provocaba así un notable forzamiento dinámico sobre esta región. Por otro lado, la vaguada también afectó a Canarias durante los primeros días del mes, provocando precipitaciones en las islas más occidentales. Tras el episodio de tormentas se configuró un patrón de bloqueo que se mantuvo estacionario prácticamente durante 3 semanas, entre el 8 y el 26. Las estructuras dinámicas en altura se correspondían con una dorsal sobre el oeste-centro peninsular y una nueva vaguada que se cerró en dana, otra vez al oeste de la Península, induciendo de nuevo sobre nuestro territorio una circulación en altura con una marcada componente sur. En cuanto a la situación en superficie, se reflejaba un extenso anticiclón al norte de la Península que se extendía por Europa y el Mediterráneo occidental (figura 2.7.1a), reforzado por la subsidencia corriente abajo inducida por la dorsal localizada sobre la Península. Por otro lado, la estacionariedad de la dana al oeste de Portugal condujo a la formación de un centro de bajas presiones bajo su vertical. Con las altas presiones al este de la Península y las bajas al oeste, se estableció un flujo sinóptico de componente sur en el entorno peninsular y de las Baleares, provocando la invasión de la masa de aire continental seca de origen africano.

El ambiente seco y estable sobre la Península impedía la formación de nubosidad favoreciendo así la insolación, intensa en esta época del año. A su vez, el escaso gradiente bórico impedía la circulación de vientos desde las zonas de costa hacia el interior, por lo que tampoco ayudaba a la refrigeración de las regiones interiores. El mantenimiento en el tiempo de todos estos factores fue elevando las temperaturas por todo el interior peninsular, siendo especialmente significativo en los grandes valles, sobre todo en los del Guadalquivir y del Ebro. A partir del día 26 el patrón dinámico transitó hacia otro con mayor dominio del anticiclón de las Azores sobre la Península, aunque este localizado algo más al norte de su posición habitual, afectaba en mayor medida al norte peninsular (figura 2.7.1b). Así, las temperaturas experimentaron un descenso por toda la Península y Baleares, más significativo en el norte y también en los valles del interior,



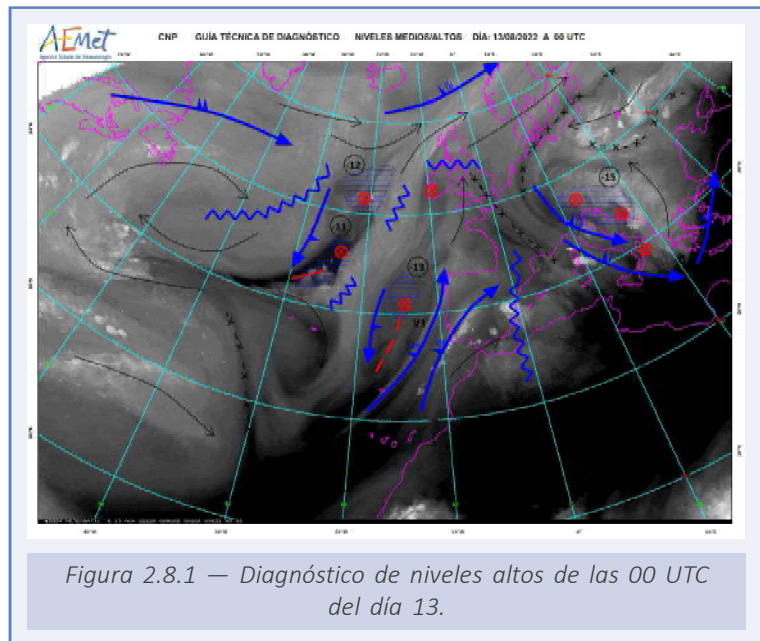
siendo el descenso más atenuado en la mitad este donde las temperaturas se mantuvieron todavía en valores altos hasta final de julio.

Canarias, a pesar de quedarse al margen del intenso calor y de mantenerse bajo el dominio de los alisios durante gran parte del mes, también se vio afectada por dos episodios de elevadas temperaturas. El primero tuvo lugar entre los días 8 y 11, y el segundo entre el 23 y 28. Ambos se produjeron bajo la misma configuración dinámica que favorecía la advección de la masa de aire de origen africano sobre el archipiélago. Así, el patrón estaba definido por altas presiones localizadas en el interior del noroeste del continente africano y por una región de bajas presiones relativas en el entorno de las Canarias, patrón que provocó una circulación del este sobre las islas.

2.8. AGOSTO

Agosto comenzó como había finalizado julio, con dominio del anticiclón de las Azores por el norte peninsular y el mediterráneo occidental, y de las bajas presiones relativas hacia el suroeste. En altura la circulación era débil y zonal sobre la Península y Baleares, con cierta curvatura anticiclónica por el sur. En Canarias, la situación de altura era anticiclónica con circulación débil y dominio de los alisios en superficie, situación que se mantuvo muy estacionaria durante todo el mes. Entre los días 5 y 10, la llegada de aire algo más frío en altura por el norte peninsular y la existencia de convergencias en superficie, provocadas por las brisas marinas y los vientos terrales del interior de la Península, favorecieron el desarrollo de tormentas por el norte de la Península, con mayor actividad hacia el noreste.

A partir del día 12 y hasta el día 14, la configuración sinóptica cambió hacia una nueva, produciéndose un desplazamiento hacia el norte del anticiclón de las Azores y desplazándose a su vez la región de bajas presiones relativas hacia la fachada mediterránea. En altura se configuró una estructura en omega sobre la Península, con la disposición de dos danas, una sobre Europa central y otra entre Azores y Portugal, separadas ambas por una extensa dorsal que se disponía desde el Báltico hasta el sureste peninsular y norte de África (figura 2.8.1). La dana al oeste provocaba una intensa circulación de suroeste sobre la Península y forzamiento dinámico sobre el este peninsular. Esta circulación advechaba una masa de aire de origen subtropical, húmeda e inestable en altura que dio lugar a la ocurrencia de tormentas secas que favorecieron la aparición de episodios de viento intenso en superficie.



Las rachas de viento más destacadas se produjeron entre la tarde y madrugada de los días 12 y 13, afectando principalmente a las provincias de Murcia, Alicante y Valencia (GARCÍA-VALERO *et al.*, 2022) donde provocaron algunos impactos de consideración, siendo el más grave el fallecimiento de una persona en Cullera (Valencia) durante la celebración de un concierto. Además, durante el día 13, la intensificación de los vientos terrales en el Levante contribuyó a elevar las temperaturas máximas emitiéndose avisos de nivel rojo por este fenómeno.

El día 15 la configuración omega comenzó a trasladarse hacia el este, permitiendo la aproximación de la dana a la Península, estructura que terminó embebida a la circulación tras el paso de una elongada vaguada que cruzó la Península entre los días 16 y 17. El paso de esta vaguada provocó gran inestabilidad en el cuadrante nororiental peninsular que se tradujo en intensa actividad eléctrica, así como en un acusado descenso de las temperaturas en gran parte del país.

La estabilidad volvió a imponerse el día 18, estableciéndose de nuevo una configuración sinóptica similar a la del comienzo del mes con el dominio del anticiclón de la Azores y la aparición de bajas relativas hacia el sur peninsular, donde las temperaturas permanecieron en valores relativamente altos para la época del año, especialmente por el sur y Levante. La estabilidad se vio truncada de nuevo a partir del día 24 cuando comenzó el paso sucesivo de pequeños vórtices en altura por el norte peninsular y que provocaron tormentas puntualmente intensas y acompañadas de granizo severo en zonas del norte e interior este peninsular durante los días 25 y 26, prolongándose la inestabilidad y las tormentas en Cataluña hasta principios del mes de septiembre. Las tormentas y el progresivo aumento del flujo del oeste sobre la Península suavizaron las temperaturas durante la última semana del mes, excepto en la vertiente mediterránea donde continuaron elevadas.

2.9. SEPTIEMBRE

El mes de septiembre comenzó con escaso gradiente bórico sobre la Península y dominio de las brisas. En altura, una vaguada localizada al oeste de Canarias impulsaba una circulación de SW sobre la Península y con cierta difluencia sobre Cataluña, factor que favorecía la inestabilidad y el desarrollo de tormentas. La formación de una profunda borrasca en el entorno de las islas británicas provocó algunas precipitaciones débiles en Galicia durante los días 4 y 7, y el aumento de la circulación del oeste en los niveles más bajos. Con esta configuración las temperaturas eran suaves por el centro-oeste y norte peninsular, y más elevadas por el arco mediterráneo. La vuelta a condiciones de pantano barométrico a partir del día 9 junto al dominio de una circulación anticiclónica en niveles altos que impedía la formación de nubosidad sobre la Península, provocaron el aumento generalizado de las temperaturas. La intensificación de la circulación del sur sobre el entorno peninsular con la llegada el día 11 de una borrasca atlántica que constituían los restos del huracán Danielle dispararon de nuevo las temperaturas por el centro-sur peninsular y el cantábrico oriental. Sobre este huracán, que se había formado en la región atlántica central durante los dos primeros días del mes, destacó la elevada latitud de su formación, ligeramente por debajo de los 40° N (figura 2.9.1).

La borrasca ex-Danielle situada al oeste de Portugal, frente a Oporto, envió sucesivos frentes fríos sobre la Península y Baleares que provocaron un importante cambio de tiempo, con un acusado descenso de las temperaturas que comenzó el día 12 por el oeste, y dejó abundantes precipitaciones que fueron generalizadas y más intensas en zonas del centro-oeste peninsular. Las precipitaciones se prolongaron hasta el día 15, siendo las más destacadas las que se produjeron el día 13, las cuales estuvieron acompañadas de tormentas. Poco a poco la borrasca fue rellenándose en su posición estacionaria frente a Oporto, desapareciendo el día 16 tras la formación de una extensa dorsal de eje meridiano localizado sobre el Atlántico frente a la Península y que se extendía hasta el sur de Islandia.

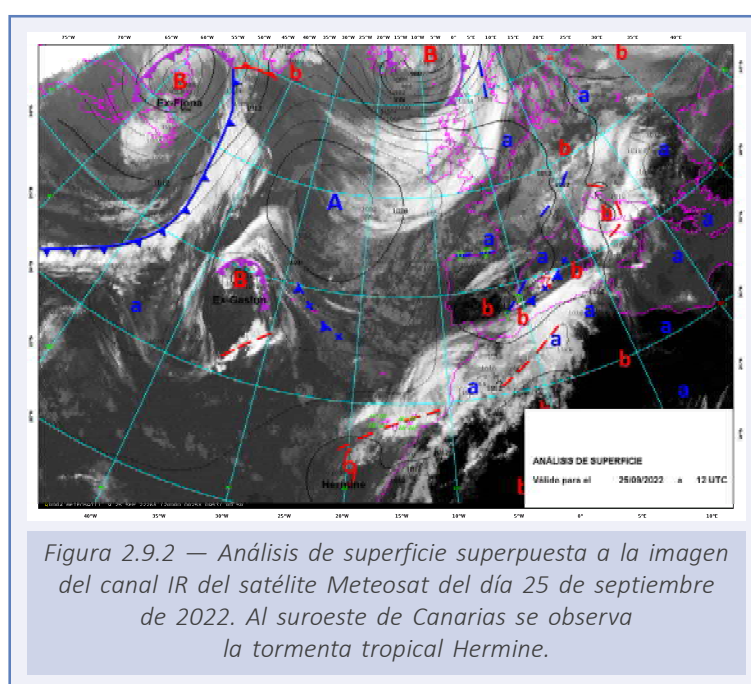
La formación de una dana sobre la zona de Madeira el día 17, y su posterior traslado hacia el norte de Lisboa, afectó los días 19 y 21 a la franja centro-sur peninsular, desde las provincias de Cáceres y Salamanca hasta el interior de Castellón. Las tormentas más intensas se observaron el día 19 en las provincias más occidentales a consecuencia del desarrollo de un sistema convectivo de mesoescala que se había formado bajo la vertical de la dana.

A partir del día 24 se configuró un patrón muy particular; por un lado, al noroeste peninsular un potente anticiclón se extendía hacia el interior del continente europeo y, por otro lado, una profunda depresión localizada sobre Escandinavia con un largo frente



Figura 2.9.1 — Imagen del día 3 de septiembre tomada por el sensor VIIRS del Satélite NOAA-20 en la que se observa por un lado una gran borrasca centrada al oeste de Irlanda con un sistema frontal muy definido acercándose a Galicia, y, por otro lado, el huracán Danielle en mitad del Atlántico.

frío asociado afectaba al noreste peninsular. En altura una dorsal en la vertical del anticiclón se extendía con eje positivo hacia las islas británicas, mientras que una vaguada sobre la vertical de la depresión escandinava se extendía por el mar Cantábrico y hasta la mitad centro peninsular, provocando una circulación de NE en el Cantábrico y del SW en la fachada mediterránea. A su vez, al sur de Canarias se estaba formando la tormenta tropical Hermine (figura 2.9.2), localizada al sur del chorro subtropical, el cual se extendía hasta el sureste peninsular aportando mucha humedad a los niveles medio-altos de la atmósfera. El día 25, la aproximación de Hermine a Canarias provocó importantes acumulados de precipitación, comenzando estas el día 24, intensificándose los días 25 y 26, y finalizando el 27. Las precipitaciones en las islas batieron récords, finalizando el mes como el más lluvioso de toda su serie histórica desde 1961.



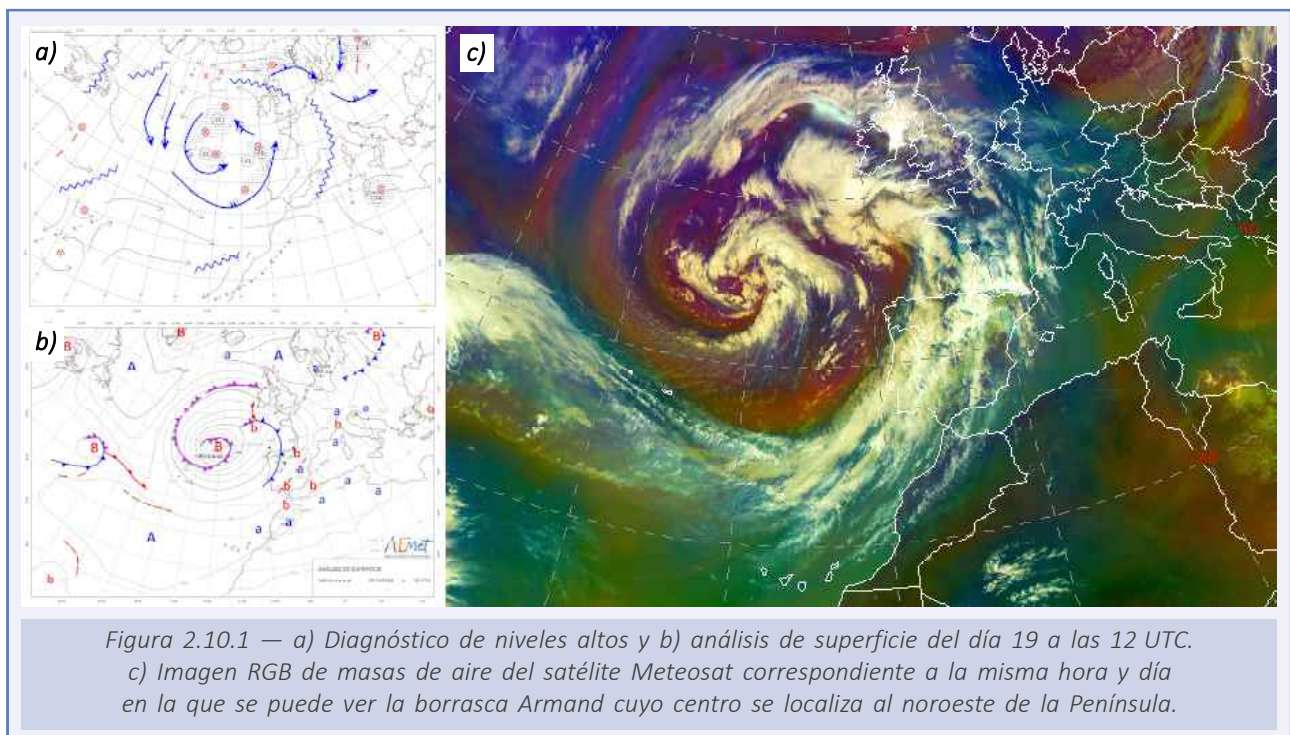
También hay que destacar las precipitaciones en el sureste peninsular, las cuales alcanzaron intensidades espectaculares como la que se produjo al oeste de Murcia capital, en la que llegó a registrarse una intensidad de casi 41 mm en tan solo diez minutos, y que, por desgracia, provocó el fallecimiento de una persona. También destacaron los acumulados diarios observados en el entorno del cabo de la Nao. El día 28 en Canarias se recuperó el régimen normal de alisios, mientras que en la Península y en Baleares las precipitaciones se generalizaron tras el paso de un nuevo sistema frontal, impulsado por una profunda borrasca situada al este de las islas británicas, la cual a su vez provocó un importante descenso de las temperaturas en toda la Península y Baleares.

2.10. OCTUBRE

Octubre comenzó con dominio anticiclónico en superficie, pero con ambiente inestable sobre la mitad este peninsular y Baleares debido a la circulación en altura de una nueva dana que se trasladó desde la zona del golfo de Cádiz por el sur y este de la Península. A su vez, en superficie dominaba un amplio anticiclón que se extendía desde el Atlántico y se adentraba por el continente europeo, de modo que provocaba un flujo de viento de componente este sobre la fachada mediterránea. Con esta combinación de factores, las precipitaciones volvieron a ser de nuevo muy intensas, con acumulaciones en 24 h, durante el día 6, superiores a los 100 mm en puntos del Levante y también del este de Mallorca.

El patrón sinóptico en superficie apenas presentó cambios significativos hasta mediados de mes, cuando el anticiclón atlántico se desplazó hacia el sur y una gran depresión fría en altura se instaló en el Atlántico Norte. En altura, la extensa vaguada con inclinación positiva se extendía desde el oeste de las islas británicas hasta los 30° N al oeste de la Península, provocando una circulación subtropical de suroeste en el territorio peninsular. Al mismo tiempo, otra gran dorsal, corriente abajo de la circulación, se extendía desde el Mediterráneo occidental hasta el mar del Norte bloqueando la circulación atlántica hacia el continente europeo, factor que provocó que todo el marco sinóptico descrito presentase un carácter muy estacionario y se mantuviera hasta final de mes. En la figura 2.10.1a-b puede verse el análisis del día 19 que recoge las principales estructuras del patrón que acaba de describirse.

En el seno de la vaguada atlántica se iban generando pequeños vórtices que al aproximarse a la frontera baroclina, localizada entre los 45 y 50° N al noroeste peninsular, se iban profundizando, generándose de manera continua nuevas borrascas, las cuales guiadas por la circulación general de suroeste se desplazaban por el Cantábrico occidental hacia las islas británicas. Los frentes asociados a dichas bajas dejaron a lo largo del



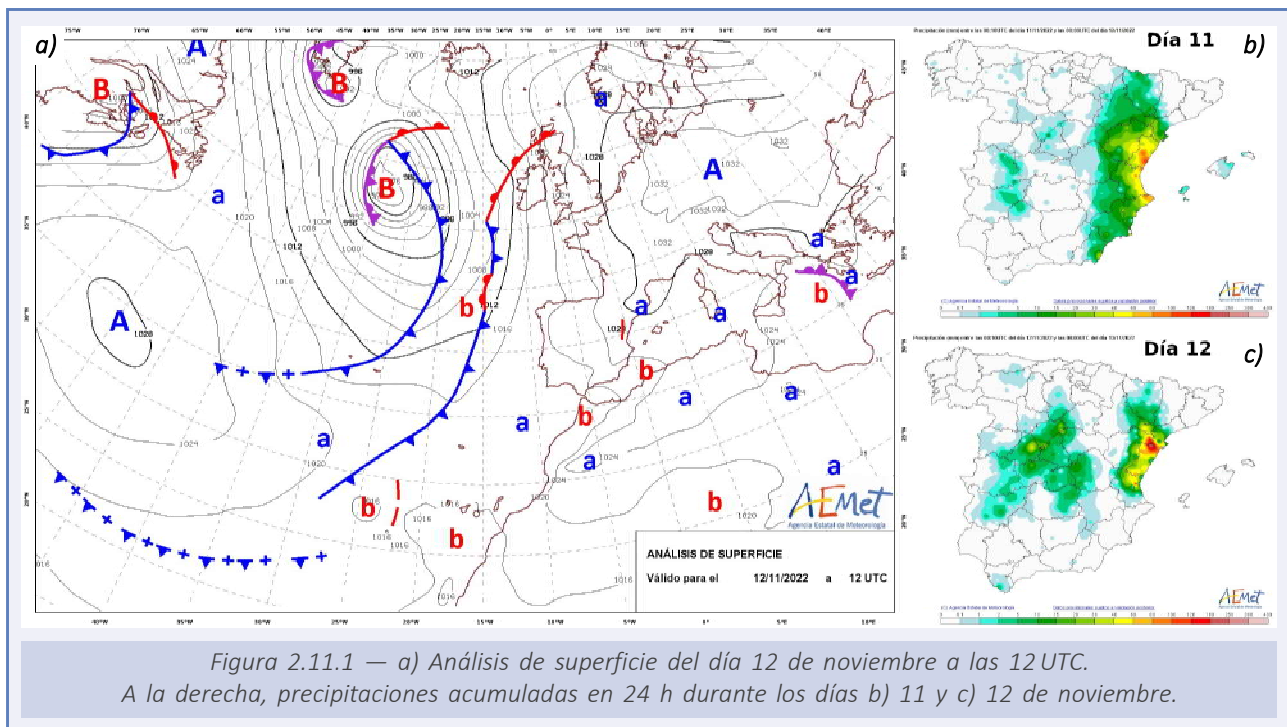
mes precipitaciones abundantes, sobre todo en el cuadrante noroccidental, manteniendo además sobre el territorio peninsular una masa de aire en superficie húmeda y cálida, factor que hizo que las temperaturas, en especial las mínimas, se mantuvieran durante unos cuantos días en valores muy altos para la época. Como aspecto anecdótico, tres de estas borrascas fueron nombradas como Armand (figura 2.10.1c), Béatrice y Claudio los días 19, 22 y 30 de octubre, respectivamente.

Respecto a Canarias, octubre fue un mes donde dominó en general la estabilidad atmosférica, interrumpida solo entre los días 13 y 16 cuando una dana en altura localizada al noreste de las islas, frente a la costa de Marruecos, provocó algunas precipitaciones que fueron más importantes en las islas más orientales. Hasta entonces, se había establecido el régimen normal del alisio, que estaba presente desde finales de septiembre, pero durante la segunda mitad, el anticiclón atlántico, muy bajo en latitud, se posicionó al oeste de las Canarias manteniendo una situación prácticamente de pantano barométrico que mantuvo las temperaturas máximas en valores altos para la época. El penúltimo día del mes volvió a establecerse la circulación normal del alisio.

2.11. NOVIEMBRE

Durante la primera semana de noviembre continuó sobre la Península y Baleares la misma situación que se venía produciendo a lo largo de la segunda quincena de octubre. No obstante, la circulación polar atlántica descendió algo más de latitud lo que permitió la llegada de frentes algo más activos que dejaron precipitaciones en toda la mitad norte peninsular, así como las primeras nevadas importantes en los Pirineos por encima de los 1500 m. Por otro lado, un amplio anticiclón subtropical atlántico que se localizaba al sur de las Azores y que se extendía por el sur peninsular, mantenía la estabilidad atmosférica y temperaturas elevadas. En Canarias, también bajo la influencia del anticiclón, prevalecía un régimen de alisios.

A partir del día 9 el viento en superficie sobre la Península y Baleares cambió, imponiéndose una circulación del este gobernada por un potente anticiclón que se había posicionado sobre Centroeuropa (figura 2.11.1a). A su vez, el descuelgue de una dana, primero hacia el mar Balear, y su posterior desplazamiento hacia la zona marítima de Palos, provocó una gran inestabilidad sobre la vertiente mediterránea y el archipiélago balear, con precipitaciones generalizadas y puntualmente torrenciales en las islas el día 10, y entre las provincias de Castellón y Tarragona los días 11 y 12 (figura 2.11.1b-c). Entre los acumulados de precipitación más importantes, destacaron los 240 mm observados el día 12 en la localidad de Fredes (Castellón).



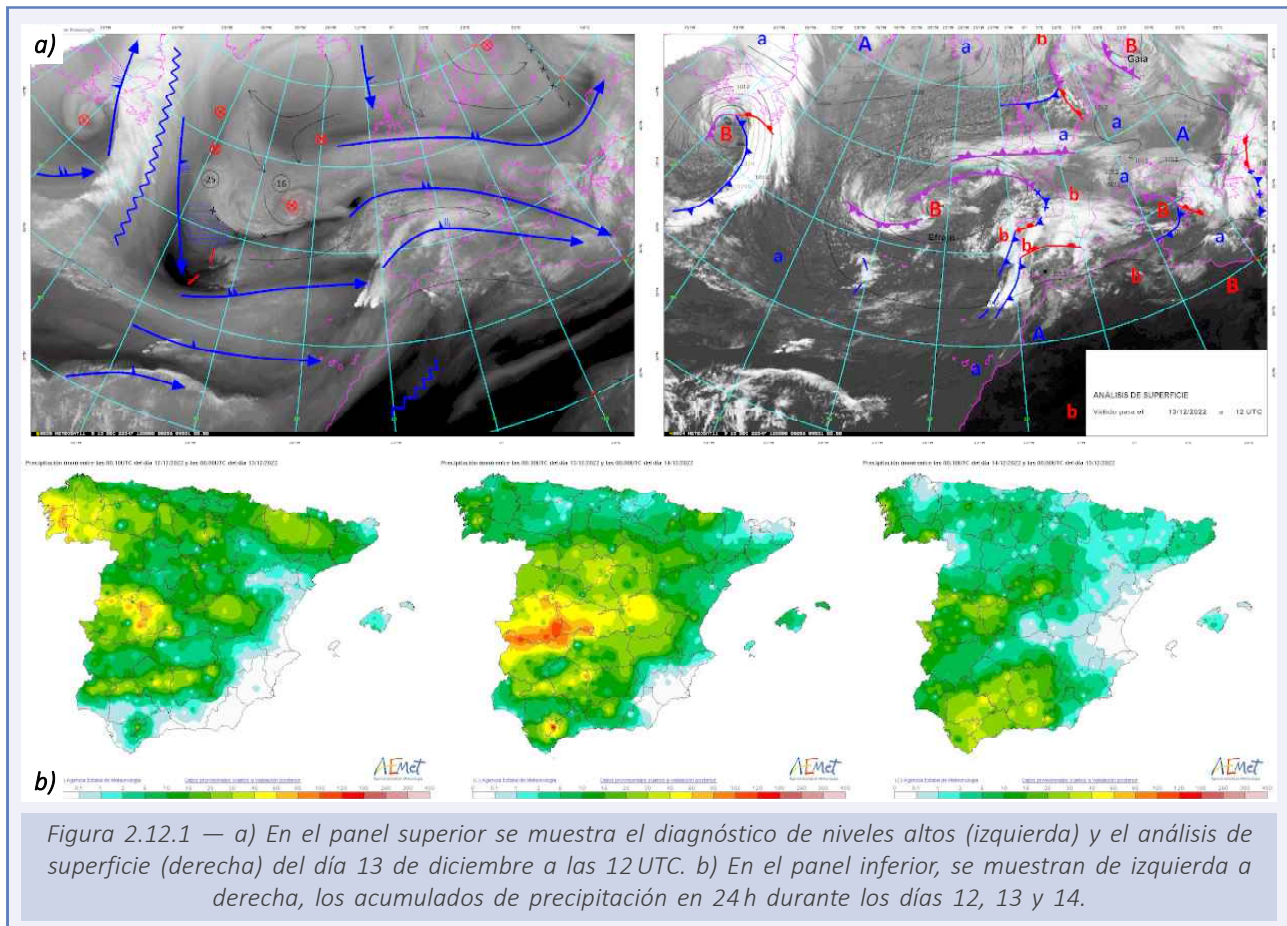
Tras el cese de la inestabilidad en el Mediterráneo y el desplazamiento del anticiclón centroeuropeo hacia el este del continente, volvió a intensificarse la circulación zonal atlántica. Al igual que al comienzo del mes, el paso de frentes, que cruzaban de oeste a este la Península, provocó precipitaciones generalizadas y más abundantes en las vertientes atlántica y cantábrica. En esta ocasión la ondulación del chorro polar era mayor sobre las latitudes ibéricas, permitiendo que se instalara una masa de aire polar

que mantuvo las temperaturas en valores fríos para la época entre el 14 y el 20. Este último día se nombró a la borrasca Denise, que afectó sobre todo al archipiélago balear y noreste peninsular, donde provocó rachas de viento de notable intensidad. La sucesión de frentes por la Península, con precipitaciones en la España atlántica, interrumpida por periodos cortos de estabilidad, continuó hasta final del mes. Mientras tanto, Canarias seguía bajo la acción del anticiclón subtropical y su estable régimen de alisios, sin apenas registrar precipitación alguna durante todo este mes.

2.12. DICIEMBRE

Desde el punto de vista meteorológico, diciembre fue un mes con un comportamiento muy distinto entre la primera y segunda quincena. Así, en la primera dominó la inestabilidad atmosférica, tanto en la Península como en los dos archipiélagos, mientras que en la segunda prevaleció la estabilidad.

Desde principios de mes se configuró un patrón sinóptico muy singular que se mantuvo estacionario prácticamente durante toda la primera quincena. Así, un potente cinturón de altas presiones se posicionó a latitudes muy altas extendiéndose por el Atlántico Norte, desde el oeste de Groelandia hacia la península escandinava. Este sistema de presión bloqueaba la circulación zonal del oeste en esas latitudes y favorecía una circulación polar más intensa en latitudes más bajas del Atlántico que alcanzaba a la península ibérica. De este modo, el chorro polar se desplazó hacia el sur provocando una continua generación de borrascas atlánticas, cuyos frentes regaron gran parte de la Península. Durante la primera semana, algunas de estas borrascas se trasladaron al golfo de Cádiz y posteriormente cruzaron al Mediterráneo a través del Estrecho, provocando importantes precipitaciones en el sur y el Levante, como por ejemplo con acumulados de más de 150 mm en Jávea (Alicante) durante el día 2. En la segunda semana, las borrascas se mantuvieron sobre la cuenca atlántica a la vez que el flujo del oeste se hacía más zonal e intenso, llegándose a desarrollar una gran borrasca, Efraín (figura 2.12a), que además estuvo acompañada por un intenso río atmosférico que dejó precipitaciones muy persistentes y abundantes en la zona centro-occidental peninsular entre los días 12 y 14 (figura 2.12b). Además de las importantes acumulaciones, la constante



advección marítima tropical sobre la Península provocó temperaturas altas para la época, teniendo un especial protagonismo las mínimas que rozaron el umbral de noche tropical en zonas del sur y sureste peninsular el día 13.

Tras el paso de Efraín, el bloqueo localizado a latitudes altas se rompió, instalándose una amplia zona depresionaria entre Islandia y las islas británicas, así como un importante anticiclón centroeuropeo reforzado por una amplia dorsal, cuyo eje se extendía desde el Mediterráneo occidental hasta el mar Báltico. En gran parte de la Península dominó una situación anticiclónica y de estabilidad con temperaturas altas para la época, mientras que tan solo el extremo más occidental se vio afectado por alguno de los largos frentes atlánticos asociados a borrascas que se generaban a latitudes muy altas, la circulación en altura frente a la Península era del suroeste, favoreciendo que estos frentes descargaran precipitaciones muy abundantes en Galicia, especialmente en su extremo más occidental. Durante esta quincena, en Canarias dominó también la estabilidad, interrumpida los primeros días de Navidad por una depresión fría en altura que dio lugar al desarrollo de un sistema de bajas presiones en superficie y que provocó precipitaciones, más significativas en la mitad occidental del archipiélago.

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

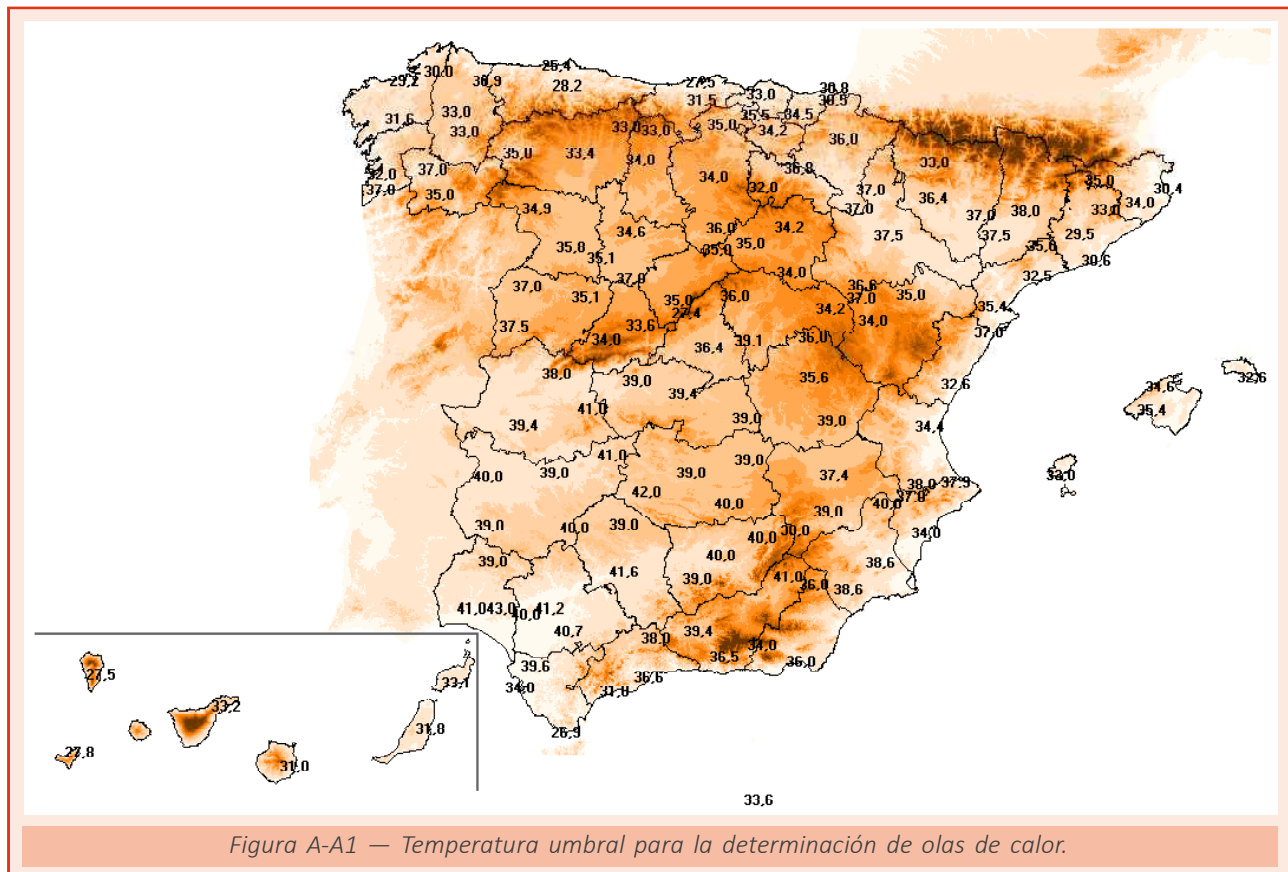
A1. Ola de calor. Definición y metodología

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 periodo 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 periodo 1971-2000. El mapa de la figura A-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 periodo 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.

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 A-A1, y para Canarias en la tabla A-A2.

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

Año	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalia de la ola (°C)	Temperatura máxima de la ola (°C)	Provincias afectadas
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
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 A-A2. Olas de calor en Canarias desde 1975.

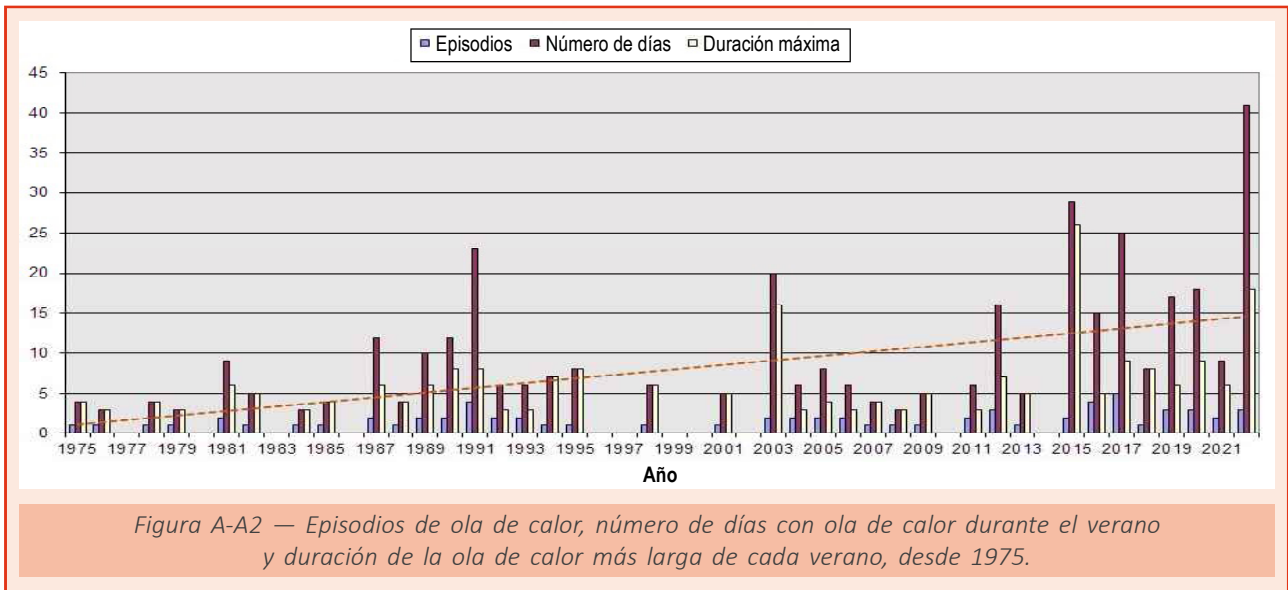
Año	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura máxima de la ola (°C)	Provincias afectadas
2022	09/07/2022	11/07/2022	3	5.6	37.6	2
2022	24/07/2022	26/07/2022	3	3.8	32.5	2
2021	15/08/2021	19/08/2021	5	5.8	35.1	2
2021	05/09/2021	07/09/2021	3	1.3	28.9	1
2021	11/09/2021	13/09/2021	3	2.0	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, aunque para el número de provincias el nivel de significación es del 10%. En Canarias no existen tendencias.

El gráfico de la figura A-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 1989, 1991, 2003, 2012, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2022:

- 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

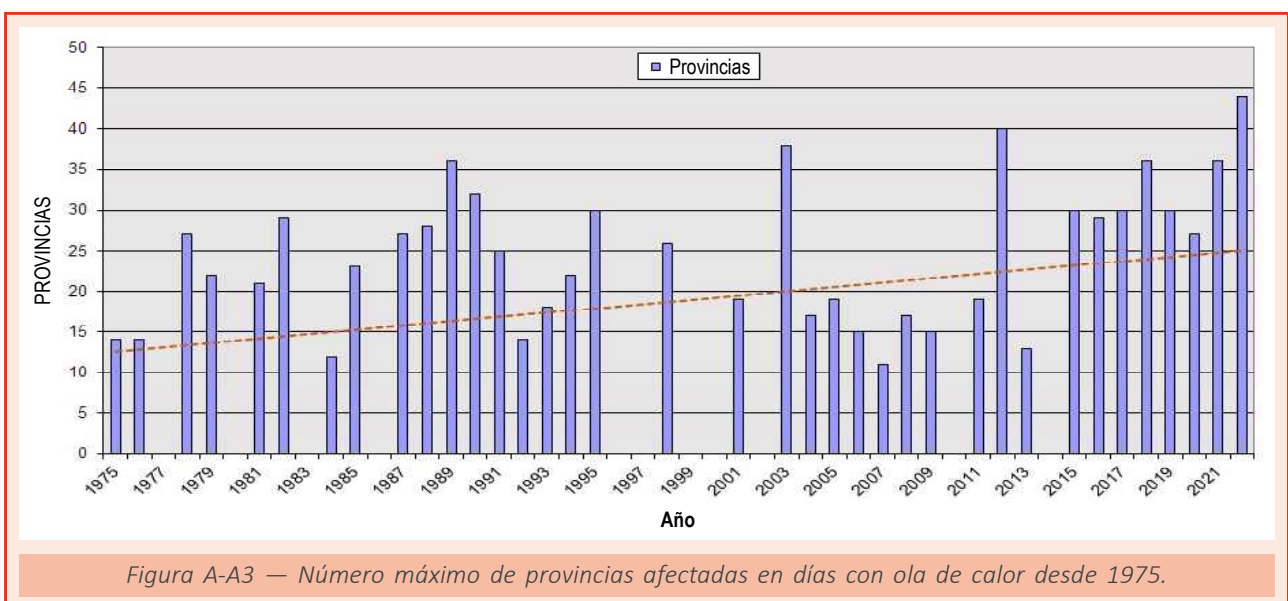


ocupa la segunda posición. Destaca también por tener la segunda y la tercera ola de calor más larga; la segunda, con 18 días, es superada tan solo por la de 26 días registrada en 2015, mientras la tercera, con 16 días, iguala a la de 2003.

- 2017 por ser el año con más olas de calor, concretamente 5, que totalizan 25 días; le siguen 1991 y 2016 con 4, que totalizan 23 días en 1991 y 15 en 2016.
- 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 2,9 días cada 10 años.

El gráfico de la figura A-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 y 2022:



- 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.

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 2,7 provincias cada 10 años.

La figura A-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.

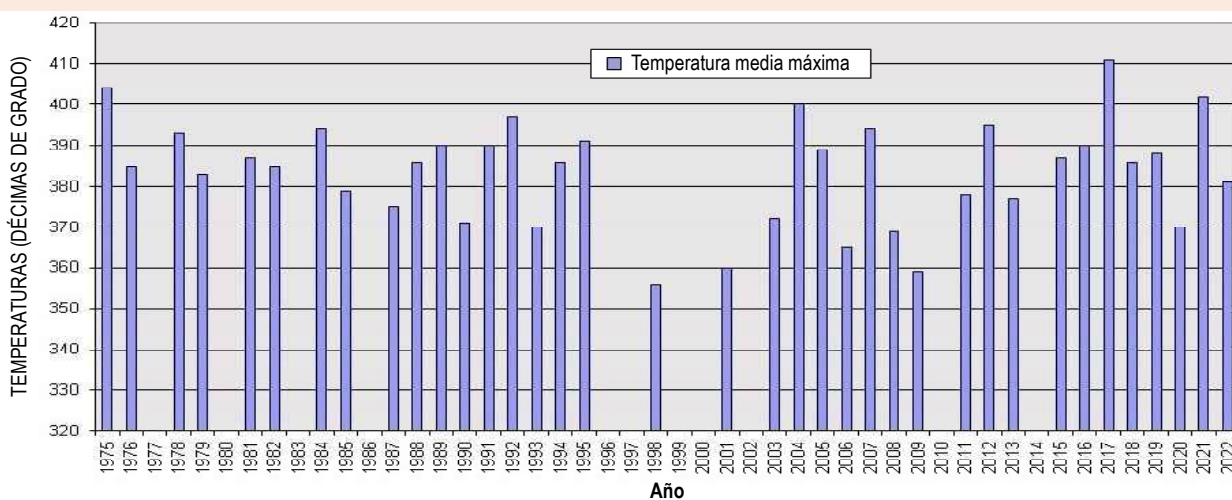
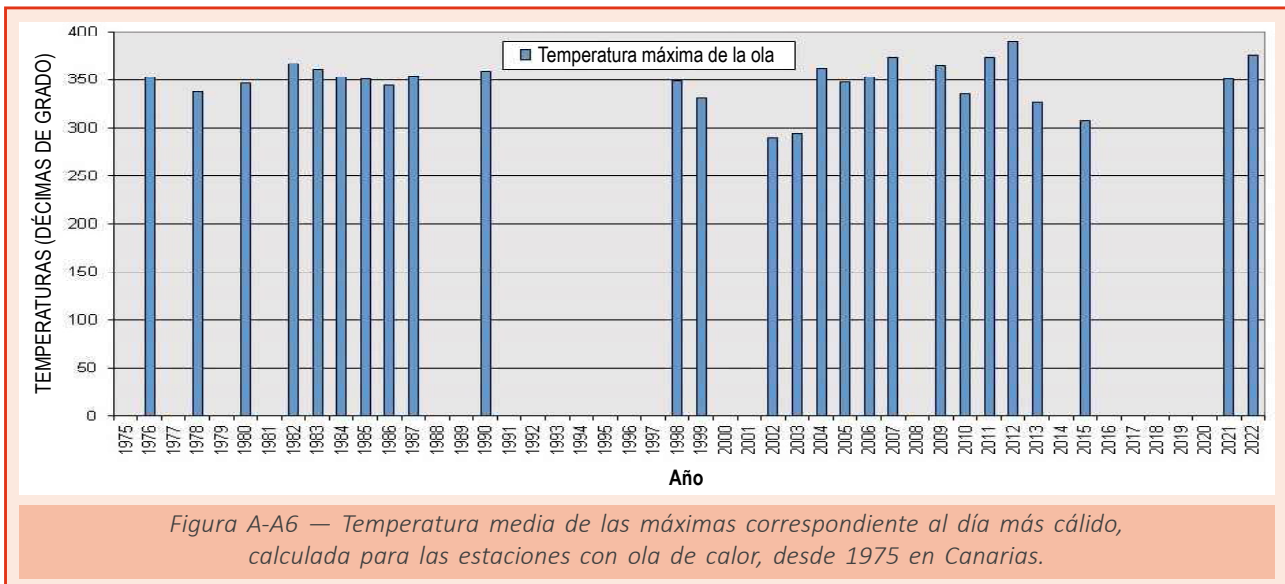
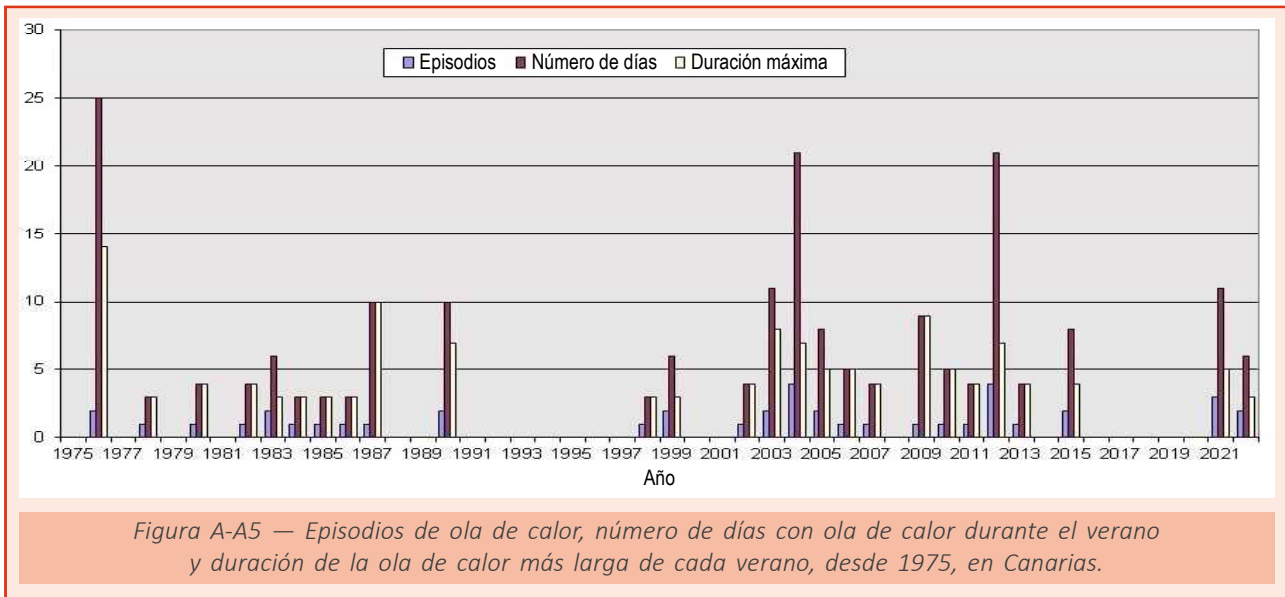


Figura A-A4 — Temperatura media de las máximas correspondiente al día más cálido, calculada para las estaciones con ola de calor, desde 1975.

El gráfico de la figura A-A5 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. Sobresale el año 1976, tanto por el número total de días con ola de calor, 25, como por la ola más larga, con 14 días de duración.

La figura A-A6 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 se encuentran los 37.6 °C del 10 de julio de 2022; y, en tercer lugar, los 37.4 °C de los días 22 de junio de 2011 y 30 de julio de 2007.



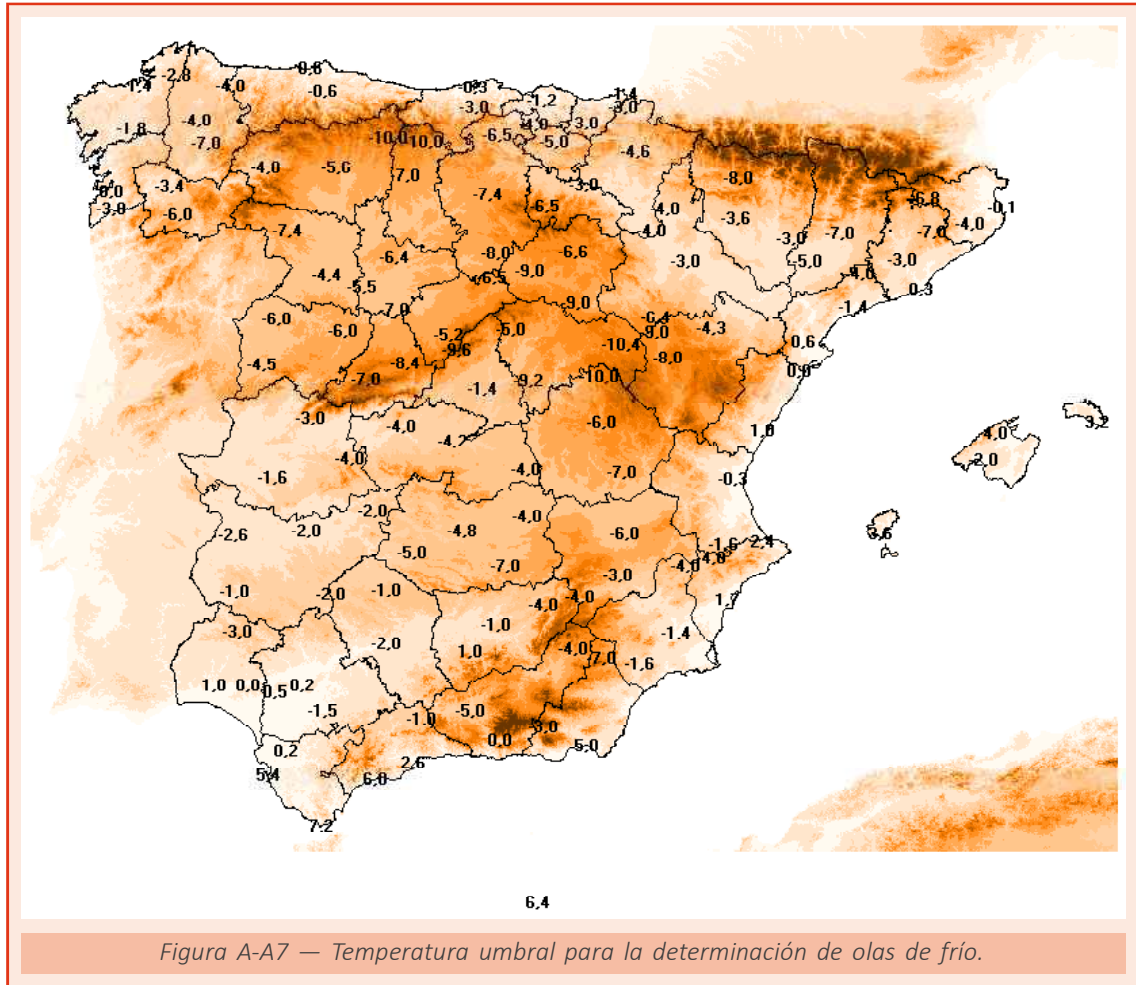
A3. Ola de frío. Definición y metodología

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 periodo 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 A-A7 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 periodo 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 periodo comprendido entre el 1 de noviembre y el 28 (o 29) de febrero, 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.

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 A-A3.

Tabla A-A3. Olas de frío desde 1975.

Invierno	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura mínima de la ola (°C)	Provincias afectadas
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
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
2002-2003	11/01/2003	16/01/2003	6	-2.2	-5.3	36

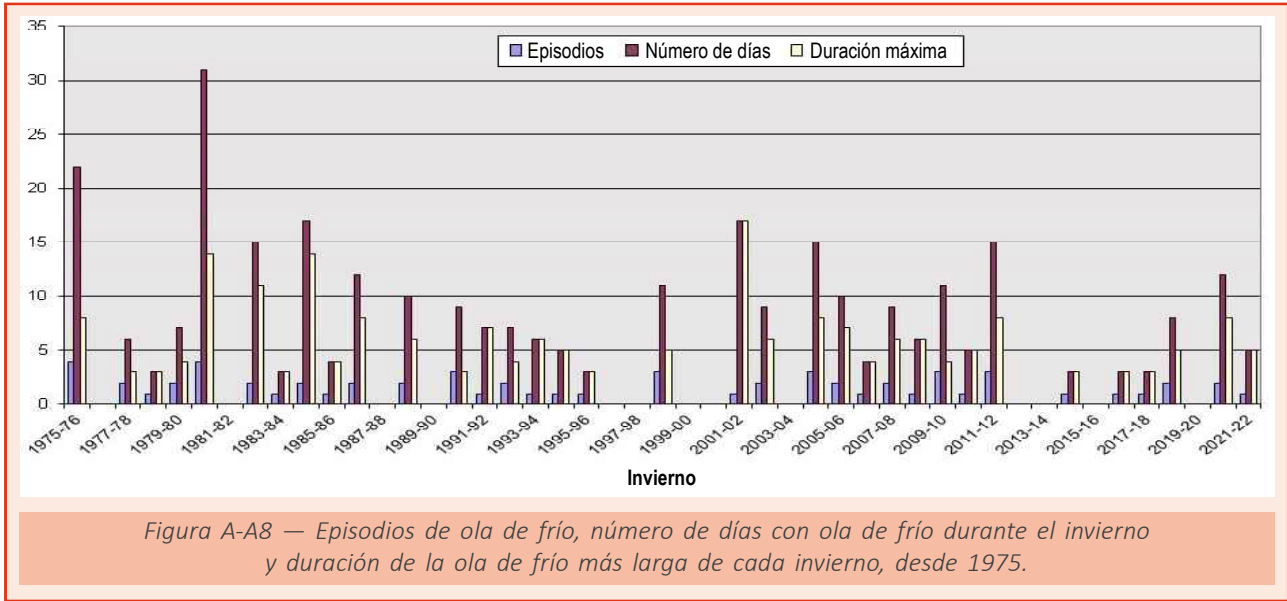
Tabla A-A3 (continuación). Olas de frío desde 1975.

Invierno	Inicio	Fin	Duración (días)	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura mínima de la ola (°C)	Provincias afectadas
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
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

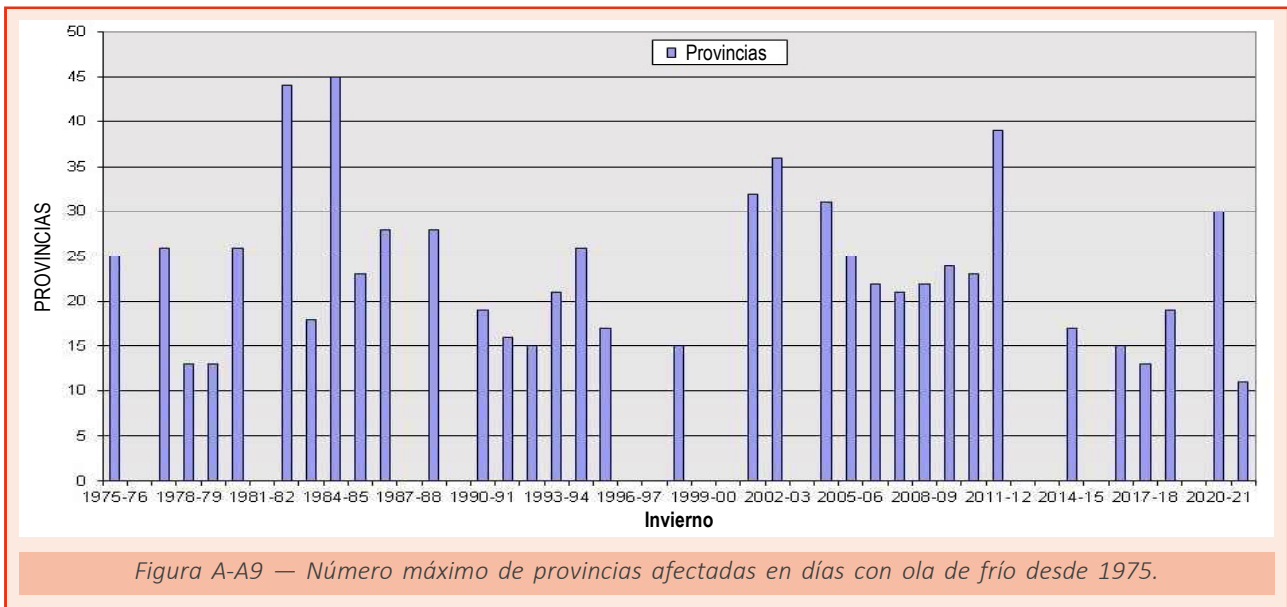
A4. Evolución de las olas de frío registradas en España desde 1975

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 A-A8 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 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 A-A9 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 A-A10 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.

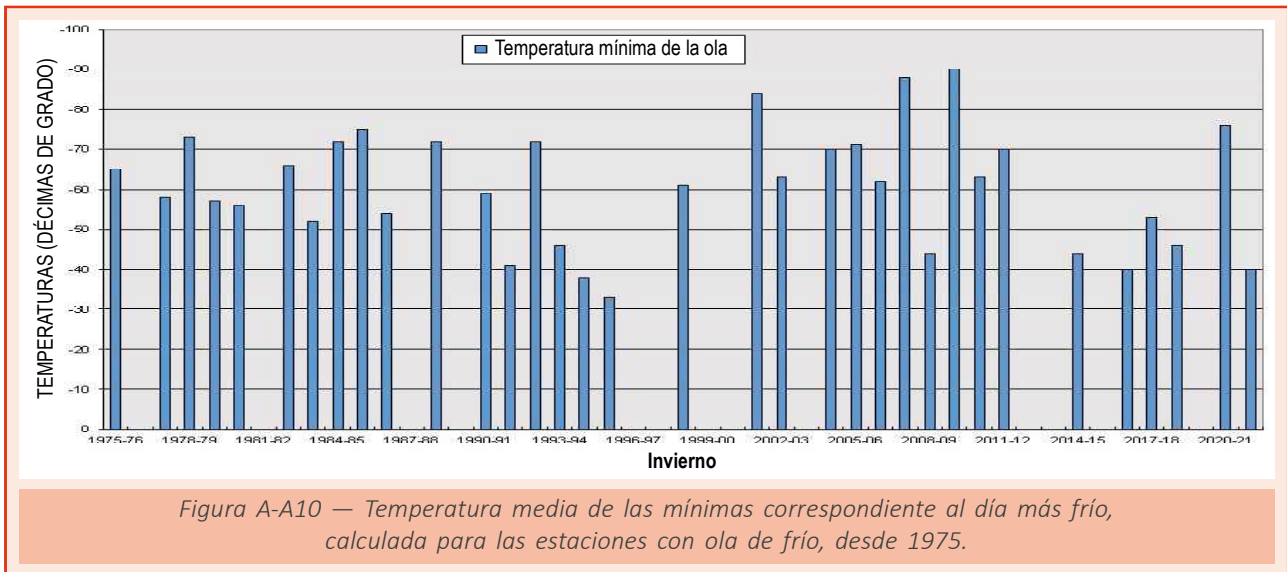


Figura A-A10 — Temperatura media de las mínimas correspondiente al día más frío, calculada para las estaciones con ola de frío, desde 1975.

ANEXO B. EFEMÉRIDES CLIMATOLÓGICAS

Efemérides de temperatura media anual más alta registradas en el año 2022

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Media 2022 (°C)	Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
					°C	Año		
1387	A Coruña	58	A Coruña	15.9	15.8	1997	0.1	1931
8175	Albacete/Los Llanos	702	Albacete	16.3	15.6	2014	0.7	1940
8025	Alicante	81	Alicante	19.6	19.3	1955	0.3	1940
6325O	Almería/Aeropuerto	21	Almería	20.2	20.0	2015	0.2	1969
9091O	Foronda-Txokiza	513	Araba/Álava	13.5	12.8	2020	0.7	1975
1208H	Gijón, Musel	5	Asturias	16.1	15.8	2020	0.3	2002
1249I	Oviedo	336	Asturias	14.5	14.3	2020	0.2	1972
2444	Ávila	1130	Ávila	13.3	12.9	2017	0.4	1985
4452	Badajoz/Talavera la Real	185	Badajoz	18.5	18.4	2017	0.1	1955
B893	Menorca/Aeropuerto	91	Baleares	18.6	18.1	2014	0.5	1965
B278	Palma de Mallorca/Son San Juan	8	Baleares	18.4	17.9	2014	0.5	1954
B228	Palma-Puerto	3	Baleares	20.3	19.4	2020	0.9	1978
1082	Bilbao/Aeropuerto	42	Bizkaia	16.3	16.2	2011	0.1	1948
2331	Burgos/Villafria	891	Burgos	12.3	12.0	2006	0.3	1944
3469A	Cáceres	394	Cáceres	17.9	17.7	2017	0.2	1983
5973	Cádiz, Obs.	2	Cádiz	20.0	19.7	2020	0.3	1956
5960	Jerez de la Frontera/Aeropuerto	27	Cádiz	19.4	19.2	2011	0.2	1954
5910	Rota B. N. Observatorio	21	Cádiz	19.4	19.1	2017	0.3	1989
1111	Santander I, CMT	52	Cantabria	15.8	15.7	2020	0.1	1951
1109	Santander/Parayas	3	Cantabria	16.3	15.8	2014	0.5	1957
8500A	Castellón-Almassora	48	Castellón	19.3	18.8	2014	0.5	1976
5000C	Ceuta	87	Ceuta	19.6	19.3	2020	0.3	2005
4121	Ciudad Real	628	Ciudad Real	17.3	17.0	2017	0.3	1971
8096	Cuenca	948	Cuenca	15.7	15.0	2017	0.7	1956
1014	Hondarribia-Malkarroa	4	Gipuzkoa	16.5	16.0	2020	0.5	1956
1024E	San Sebastián, Igueldo	251	Gipuzkoa	15.1	14.8	2020	0.3	1929
0367	Girona/Costa Brava	143	Girona	16.9	16.2	2011	0.7	1973
5514	Granada/Base aérea	687	Granada	17.3	16.9	2017	0.4	1935
3013	Molina de Aragón	1062	Guadalajara	12.2	11.8	2020	0.4	1951
4642E	Huelva, Ronda este	18	Huelva	19.5	19.2	2017	0.3	1985
9898	Huesca/Aeropuerto	546	Huesca	16.1	15.5	2015	0.6	1944
5270B	Jaén	580	Jaén	19.1	18.7	2017	0.4	1989
9170	Logroño/Aeropuerto	353	La Rioja	15.6	14.9	2019	0.7	1949
2661	León/Virgen del Camino	912	León	12.9	12.5	1938	0.4	1938
1549	Ponferrada	534	León	15.0	14.6	2020	0.4	1951
9771C	Lleida	185	Lleida	17.3	16.3	2014	1.0	1984
3191E	Colmenar Viejo/FAMET	1004	Madrid	15.1	14.8	2017	0.3	1978
3129	Madrid/Barajas	609	Madrid	16.4	16.0	2015	0.4	1945
3196	Madrid/Cuatro Vientos	690	Madrid	17.0	16.6	2017	0.4	1946
3200	Madrid/Getafe	620	Madrid	17.3	16.7	2017	0.6	1951
3175	Madrid/Torrejón	607	Madrid	15.9	15.7	2017	0.2	1952
2462	Navacerrada, Puerto	1894	Madrid	9.1	8.7	2017	0.4	1946
6155A	Málaga/Aeropuerto	6	Málaga	20.2	19.9	2014	0.3	1943
6000A	Melilla	52	Melilla	20.2	19.9	1989	0.3	1971
7178I	Murcia	61	Murcia	20.4	20.2	2014	0.2	1985
7228	Murcia/Alcantarilla	75	Murcia	19.9	19.4	2015	0.5	1943
9263D	Pamplona/Aeropuerto	459	Navarra	14.9	14.3	2011	0.6	1976
1484C	Pontevedra	108	Pontevedra	16.1	15.9	1989	0.2	1986
2867	Salamanca/Matacán	790	Salamanca	13.7	13.3	1995	0.4	1945
2465	Segovia	1005	Segovia	14.3	13.7	2017	0.6	1989
5796	Morón de la Frontera	87	Sevilla	20.2	19.5	2021	0.7	1956
2030	Soria	1082	Soria	13.2	12.5	2020	0.7	1944
0016A	Reus/Aeropuerto	71	Tarragona	17.8	17.3	2018	0.5	1955
9981A	Tortosa	50	Tarragona	19.5	18.8	2019	0.7	1920
8368U	Teruel	900	Teruel	14.6	13.8	2020	0.8	1987
8414A	Valencia/Aeropuerto	56	Valencia	19.2	18.8	2014	0.4	1966
2422	Valladolid	735	Valladolid	14.7	14.2	2020	0.5	1974
2539	Valladolid/Villanubla	846	Valladolid	13.2	12.5	2020	0.7	1939
2614	Zamora	656	Zamora	15.0	14.7	2017	0.3	1921
9434	Zaragoza/Aeropuerto	249	Zaragoza	17.6	17.0	2014	0.6	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.

Efemérides de temperatura media anual de las máximas más alta registradas en el año 2022

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Media máximas 2022 (°C)	Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
					°C	Año		
1387	A Coruña	58	A Coruña	19.0	18.9	2006	0.1	1931
8175	Albacete/Los Llanos	702	Albacete	23.2	22.5	2017	0.7	1940
6325O	Almería/Aeropuerto	21	Almería	24.5	24.3	2017	0.2	1969
9091O	Foronda-Txokiza	513	Araba/Álava	19.8	18.9	2017	0.9	1975
1208H	Gijón, Musel	5	Asturias	19.1	18.8	2020	0.3	2002
B893	Menorca/Aeropuerto	91	Baleares	22.9	22.5	2016	0.4	1965
B278	Palma de Mallorca/Son San Juan	8	Baleares	24.2	23.7	2014	0.5	1954
B228	Palma-Puerto	3	Baleares	24.2	23.2	2020	1.0	1978
1082	Bilbao/Aeropuerto	42	Bizkaia	21.3	21.1	1989	0.2	1948
2331	Burgos/Villafria	891	Burgos	18.8	18.6	2017	0.2	1944
5960	Jerez de la Frontera/Aeropuerto	27	Cádiz	26.8	26.4	2017	0.4	1954
1111	Santander I, CMT	52	Cantabria	18.8	18.5	2011	0.3	1951
1109	Santander/Parayas	3	Cantabria	20.3	19.6	2014	0.7	1955
8500A	Castellón-Almassora	48	Castellón	23.8	23.4	2017	0.4	1976
5000C	Ceuta	87	Ceuta	22.4	22.2	2020	0.2	2005
8096	Cuenca	948	Cuenca	22.3	22.0	2017	0.3	1956
1014	Hondarribia-Malkarroa	4	Gipuzkoa	20.7	20.5	1997	0.2	1956
1024E	San Sebastián, Igeldo	251	Gipuzkoa	18.3	17.9	2020	0.4	1929
0367	Girona/Costa Brava	143	Girona	23.9	22.9	2015	1.0	1973
5514	Granada/Base aérea	687	Granada	25.0	24.5	2017	0.5	1935
9898	Huesca/Aeropuerto	546	Huesca	22.1	21.5	2015	0.6	1944
5270B	Jaén	580	Jaén	24.3	24.0	2017	0.3	1989
9170	Logroño/Aeropuerto	353	La Rioja	22.0	21.2	2017	0.8	1949
C029O	Lanzarote/Aeropuerto	14	Las Palmas	26.5	26.3	2020	0.2	1974
2661	León/Virgen del Camino	912	León	19.1	18.9	1938	0.2	1938
9771C	Lleida	185	Lleida	23.7	22.7	2019	1.0	1984
3129	Madrid/Barajas	609	Madrid	23.1	22.9	2017	0.2	1945
3200	Madrid/Getafe	620	Madrid	23.1	22.8	2017	0.3	1951
6155A	Málaga/Aeropuerto	6	Málaga	25.0	24.7	2014	0.3	1943
7228	Murcia/Alcantarilla	75	Murcia	26.5	26.2	2014	0.3	1943
7031	Murcia/San Javier	4	Murcia	23.4	23.1	2020	0.3	1947
9263D	Pamplona/Aeropuerto	459	Navarra	21.5	20.1	2011	1.4	1976
1484C	Pontevedra	108	Pontevedra	20.8	20.6	1989	0.2	1986
2867	Salamanca/Matacán	790	Salamanca	21.4	21.2	2017	0.2	1945
2465	Segovia	1005	Segovia	19.7	19.6	2017	0.1	1989
5796	Morón de la Frontera	87	Sevilla	27.2	26.6	2017	0.6	1956
2030	Soria	1082	Soria	20.0	19.3	2017	0.7	1944
0016A	Reus/Aeropuerto	71	Tarragona	23.4	23.0	2015	0.4	1955
9981A	Tortosa	50	Tarragona	25.2	24.9	2017	0.3	1920
8368U	Teruel	900	Teruel	22.4	21.8	2017	0.6	1987
8414A	Valencia/Aeropuerto	56	Valencia	24.6	24.2	2014	0.4	1966
2539	Valladolid/Villanubla	846	Valladolid	20.0	19.5	2017	0.5	1939
9434	Zaragoza/Aeropuerto	249	Zaragoza	23.2	22.6	2017	0.6	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 2022

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Media mínimas 2022 (°C)	Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
					°C	Año		
8175	Albacete/Los Llanos	702	Albacete	9.3	9.1	2014	0.2	1940
8025	Alicante	81	Alicante	14.5	14.3	2021	0.2	1940
1208H	Gijón, Musel	5	Asturias	13.0	12.8	2020	0.2	2002
1249I	Oviedo	336	Asturias	10.4	10.2	2020	0.2	1972
2444	Ávila	1130	Ávila	7.6	7.0	2020	0.6	1985
B278	Palma de Mallorca/Son San Juan	8	Baleares	12.7	12.2	2021	0.5	1954
B228	Palma-Puerto	3	Baleares	16.5	15.6	2021	0.9	1978
3469A	Cáceres	394	Cáceres	12.0	11.9	1989	0.1	1983
5973	Cádiz, Obs.	2	Cádiz	17.0	16.7	2020	0.3	1956
5910	Rota B. N. Observatorio	21	Cádiz	14.2	14.0	2020	0.2	1989
1111	Santander I, CMT	52	Cantabria	12.9	12.8	2020	0.1	1951
1109	Santander/Parayas	3	Cantabria	12.2	11.9	2014	0.3	1957
8500A	Castellón-Almassora	48	Castellón	14.8	14.3	2014	0.5	1976
5000C	Ceuta	87	Ceuta	16.8	16.5	2020	0.3	2005
4121	Ciudad Real	628	Ciudad Real	11.0	10.6	2014	0.4	1971

Efemérides de temperatura media anual de las mínimas más alta registradas en el año 2022 (continuación)

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Media mínimas 2022 (°C)	Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
					°C	Año		
8096	Cuenca	948	Cuenca	9.0	8.2	2020	0.8	1956
1014	Hondarribia-Malkarroa	4	Gipuzkoa	12.2	11.7	1997	0.5	1956
1024E	San Sebastián, Igueldo	251	Gipuzkoa	11.9	11.6	2020	0.3	1929
4642E	Huelva, Ronda este	18	Huelva	13.6	13.5	1997	0.1	1985
9898	Huesca/Aeropuerto	546	Huesca	10.1	9.7	2014	0.4	1944
5270B	Jaén	580	Jaén	13.8	13.4	2017	0.4	1989
9771C	Lleida	185	Lleida	10.8	10.1	2020	0.7	1984
3191E	Colmenar Viejo/FAMET	1004	Madrid	10.5	9.8	2015	0.7	1978
3196	Madrid/Cuatro Vientos	690	Madrid	11.4	10.6	2020	0.8	1946
3200	Madrid/Getafe	620	Madrid	11.5	10.9	2020	0.6	1951
2462	Navacerrada, Puerto	1894	Madrid	5.2	4.6	2020	0.6	1946
6155A	Málaga/Aeropuerto	6	Málaga	15.4	15.0	2016	0.4	1943
6000A	Melilla	52	Melilla	16.9	16.6	2016	0.3	1971
7178I	Murcia	61	Murcia	14.3	14.0	2016	0.3	1985
7228	Murcia/Alcantarilla	75	Murcia	13.2	13.0	2016	0.2	1943
1484C	Pontevedra	108	Pontevedra	11.4	11.3	1997	0.1	1986
2465	Segovia	1005	Segovia	8.9	8.0	2020	0.9	1989
5796	Morón de la Frontera	87	Sevilla	13.1	12.7	2021	0.4	1956
2030	Soria	1082	Soria	6.5	6.3	2020	0.2	1944
0016A	Reus/Aeropuerto	71	Tarragona	12.2	12.0	1997	0.2	1955
9981A	Tortosa	50	Tarragona	13.7	13.2	2014	0.5	1920
8368U	Teruel	900	Teruel	6.6	6.5	2014	0.1	1987
8414A	Valencia/Aeropuerto	56	Valencia	13.7	13.4	2014	0.3	1966
2422	Valladolid	735	Valladolid	8.3	8.0	2020	0.3	1974
9434	Zaragoza/Aeropuerto	249	Zaragoza	12.0	11.5	2014	0.5	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 mínimas.

Efemérides de temperatura máxima diaria más alta registradas en el año 2022 (extremos absolutos de la serie)

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Máxima 2022		Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
				°C	Día	°C	Fecha		
8025	Alicante	81	Alicante	42.0	13-agosto	41.4	04/07/1994	0.6	1938
8019	Alicante-Elche/Aeropuerto	43	Alicante	42.4	25-julio	41.4	04/07/1994	1.0	1967
6325O	Almería/Aeropuerto	21	Almería	42.0	13-agosto	41.6	06/07/2019	0.4	1968
1249I	Oviedo	336	Asturias	39.0	17-julio	37.0	18/07/2016	2.0	1972
B954	Ibiza/Es Codolá	6	Baleares	41.0	13-agosto	38.4	05/09/2016	2.6	1953
B228	Palma-Puerto	3	Baleares	39.1	13-agosto	38.0	21/07/2003	1.1	1978
2331	Burgos/Villafria	891	Burgos	39.3	18-julio	38.8	27/06/2019	0.5	1943
1014	Hondarribia-Malkarroa	4	Gipuzkoa	42.7	18-junio	42.2	30/07/2020	0.5	1955
1024E	San Sebastián, Igueldo	251	Gipuzkoa	39.7	18-junio	39.0	30/07/2020	0.7	1928
4642E	Huelva, Ronda este	18	Huelva	43.9	25-julio	43.8	25/07/2004	0.1	1984
1549	Ponferrada	534	León	41.5	17-julio	40.4	27/07/1951	1.1	1951
2462	Navacerrada, Puerto	1894	Madrid	33.4	14-julio	32.0	29/06/2019	1.4	1946
9263D	Pamplona/Aeropuerto	459	Navarra	42.3	17-julio	41.6	14/08/2021	0.7	1975
1690A	Ourense	143	Ourense	44.1	14-julio	42.6	20/07/1990	1.5	1972
2030	Soria	1082	Soria	38.7	17-julio	38.5	13/08/2021	0.2	1943
2422	Valladolid	735	Valladolid	41.1	15-julio	40.2	19/07/1995	0.9	1973
2539	Valladolid/Villanubla	846	Valladolid	39.6	17-julio	39.4	24/07/1995	0.2	1938
2614	Zamora	656	Zamora	41.8	14-julio	41.0	24/07/1995	0.8	1920

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 2022 (extremos absolutos de la serie)

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Mínima 2022		Efeméride anterior		Diferencia (°C)	Datos desde
				°C	Día	°C	Fecha		
8025	Alicante	81	Alicante	28.6	13-agosto	27.2	02/08/2017	1.4	1938
2444	Ávila	1130	Ávila	23.6	15-julio	23.1	29/06/2019	0.5	1983
B893	Menorca/Aeropuerto	91	Baleares	28.8	14-septiembre	26.2	03/08/2017	2.6	1965
B228	Palma-Puerto	3	Baleares	29.0	14-agosto	28.9	02/08/2017	0.1	1978
5910	Rota B. N. Observatorio	21	Cádiz	28.2	13-julio	28.1	02/08/2018	0.1	1988
1111	Santander I, CMT	52	Cantabria	23.6	27-octubre	22.8	12/08/2003	0.8	1957
1109	Santander/Parayas	3	Cantabria	25.5	27-octubre	22.8	25/10/2006	2.7	1954
8500A	Castellón-Almassora	48	Castellón	26.6	13-agosto	26.5	05/08/2018	0.1	1976
1014	Hondarribia-Malkarroa	4	Gipuzkoa	24.1	13-septiembre	24.0	11/08/2003	0.1	1955
2661	León/Virgen del Camino	912	León	24.5	17-julio	21.6	14/08/1987	2.9	1938
3195	Madrid, Retiro	667	Madrid	26.2	14-julio	26.1	14/08/2021	0.1	1920
7178I	Murcia	61	Murcia	27.2	13-agosto	26.8	07/07/2019	0.4	1984
1484C	Pontevedra	108	Pontevedra	24.9	13-julio	23.7	03/08/2018	1.2	1985
2465	Segovia	1005	Segovia	27.4	15-julio	25.9	29/06/2019	1.5	1988
8416	Valencia	11	Valencia	27.5	13-agosto	27.0	28/07/2015	0.5	1937
8414A	Valencia/Aeropuerto	56	Valencia	27.1	27-julio	26.6	10/08/2019	0.5	1966
2422	Valladolid	735	Valladolid	23.5	10-agosto	23.4	12/08/2003	0.1	1973
9434	Zaragoza/Aeropuerto	249	Zaragoza	24.8	13-agosto	24.7	14/06/2009	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 mínima diaria.

Efemérides de precipitación anual más baja registradas en el año 2022

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	Precipitación 2022 (mm)	Efeméride anterior		Diferencia (mm)	Datos desde
					mm	Año		
9091O	Foronda-Txokiza	513	Araba/Álava	405.9	503.6	2011	-97.7	1974
9263D	Pamplona/Aeropuerto	459	Navarra	473.8	490.3	2001	-16.5	1975

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 número de días de tormenta más alto registradas en el año 2022

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	N.º días 2022	Efeméride anterior		Diferencia (días)	Datos desde
					N.º días	Año		
3013	Molina de Aragón	1062	Guadalajara	50	44	1955	6	1951
5270B	Jaén	580	Jaén	33	23	2018	10	1989
2030	Soria	1082	Soria	59	40	2018	19	1951
2614	Zamora	656	Zamora	40	27	1959	13	1921

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 tormenta.

Efemérides de número de días de lluvia más alto registradas en el año 2022

Indicativo	Estación	Altitud (m)	Provincia	N.º días 2022	Efeméride anterior		Diferencia (días)	Datos desde
					N.º días	Año		
2030	Soria	1082	Soria	135	132	2003	3	1966

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.

ANEXO C. CARACTERIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE OBSERVACIÓN FENOLÓGICA

C1. La fenología

Con el paso de los meses se observan una serie de variaciones ambientales de periodicidad anual y relativamente predecibles, los fenómenos estacionales. La fenología se ocupa de la estacionalidad observada en organismos y ecosistemas, para ello estudia las fechas de ocurrencia de las fases o estadios de los ciclos biológicos de las especies.

Un evento fenológico es la manifestación de la interacción entre factores internos de los organismos (bioquímica/fisiología) y el ambiente externo (tiempo/clima). Se trata de una respuesta combinada de la adaptación filogenética de la especie al clima y la acomodación morfofisiológica del organismo al tiempo (al curso meteorológico). Existen «relojes internos» del organismo acoplados al fotoperiodo (duración del día con luz respecto a la noche) de forma que este es el factor fundamental de la fenología, pero los factores meteorológicos e hidroedáficos actúan como moduladores de la respuesta. Los factores ambientales fundamentales que influyen sobre la fenología son: temperatura, insolación y humedad edáfica. También influyen, de forma secundaria o indirecta, viento, precipitación, helada, presencia de insectos polinizadores, etc.

C2. El dato, las especies y la estación de observación

El dato fenológico es la fecha en que sucede un fenómeno en una especie de un lugar. Es muy importante identificar bien las especies, reconocer los estadios o eventos y evaluar la fecha representativa de su manifestación en la población de la zona de observación.

La OMM da una serie de recomendaciones para la observación fenológica (ver enlace):

https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9414

Se deben elegir especies comunes, fáciles de reconocer, de amplia distribución y significativas como indicadores climáticos. Los ejemplares vegetales a observar deben ser individuos sanos, ni muy jóvenes ni viejos, situados en terreno relativamente llano, sin efectos significativos locales de viento o nivel freático. En cuanto a la definición de los estadios se debe usar el código BBCH. Este se desarrolló en Alemania para algunas especies agrícolas, pero en AEMET se ha adaptado el código para especies de árboles, arbustos, aves e insectos; silvestres, comunes en España (ver enlace):

https://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/Observacion_fenologica

La estación fenológica (*site*) es una zona bastante homogénea en cuanto a clima y fenología, en la que se realizan las observaciones. Esta suele estar asociada, si es posible, a una estación climatológica. En la descripción del medio físico de la estación se deben considerar parámetros fisiográficos, climáticos, edáficos y edafoclimáticos (humedad del suelo).

La zona de observación no debe tener diferencias de cota superiores a 100 m entre su punto más alto y el más bajo; su área y distancias máximas entre los puntos de su perímetro las determina el observador con una lógica de homogeneidad fenológico-climática y posibilidad real de desarrollar el trabajo.

C3. Grados-día y horas-frío

En primavera se observa que los vegetales pasan por los estadios de su ciclo de forma más rápida cuanto mayor es la temperatura y la insolación. Existe una fuerte correlación entre la acumulación de calor por encima de un umbral de temperatura característico de cada especie (o grupo de especies) y las fechas de los eventos, de forma que para alcanzarse cada uno de los estadios fenológicos se debe acumular un número característico de unidades de grados-día (GD). Esta suma constante, integral térmica o índice de especie (o variedad) es independiente de la latitud y altitud. En agroclimatología en general se suelen usar los umbrales de 4 °C y 10 °C para el cálculo de grados-día.

Es importante estudiar la acumulación de calor por encima de un umbral inferior, entre los estadios de brotación (apertura de yemas) y plena floración (50 % de flores abiertas) así como entre el cuajado (flores marchitas con ovario hinchado e inicio de la formación del fruto) y la madurez de frutos. A veces se usa como indicador para el seguimiento de la fenología entre estadios del periodo vegetativo, el número de días en que la temperatura media diaria está por encima del umbral. Hay que tener en cuenta también que para cada especie, la actividad se detiene a partir de un umbral superior de temperatura debido al exceso de calor.

98



Figura C-C1 — De izquierda a derecha: manzano, cerezo y peral en periodo vegetativo. Sus necesidades de calor medido en unidades de GD sobre el umbral de 6 °C desde el 1 de febrero hasta la floración son respectivamente 305, 223 y 207. O bien el número de días con temperaturas superiores a 7 °C serían respectivamente de 60, 46 y 43. Según M. C. TABUENCA (1965).

Para el cálculo de la integral térmica se suele utilizar la fórmula de De Candolle (1855), la cual se usa en AEMET para las descripciones en agroclimatología y fenología. En ella se suman diariamente los grados obtenidos al restar a la temperatura media diaria el umbral (cero de crecimiento) [1].

$$\text{Número de GD} = \sum_d (T_{md} - T_0) \quad \forall T_{md} > T_0 \quad [1]$$

T_{md} es la temperatura media diaria y T_0 la temperatura umbral.

Si $T_{md} - T_0 < 0$ no se suma.

En muchas especies, para romper el estado de latencia y que se produzca la inducción a la floración es necesario pasar un periodo de acumulación de cierta cantidad de

unidades horas-frío (HF). La vernalización es el proceso fisiológico que permite a los vegetales, bajo la acción del frío, adquirir la capacidad de florecer. Si no se satisfacen suficientemente las necesidades de frío invernal (características de cada especie o variedad), la floración será defectuosa (retraso en la apertura de yemas, brotación irregular y dispersa, poca cantidad de flores, muy sensibles a helada tardía y viento, defectos en la formación de polen, abortos en el cuajado, etc.). Los umbrales de temperaturas para la acumulación de HF en las distintas especies varían entre 4 °C y 12 °C pero para la descripción agroclimática general se suele usar el umbral de 7 °C (como en el caso de AEMET).

Según el profesor F. GIL-ALBERT (1992) el periodo de reposo normalmente comienza poco antes de la caída de la hoja y este es el momento a considerar como punto inicial de la acumulación de HF pero en la práctica se usa el 1 de noviembre o la fecha media (o real) de la primera helada de otoño. Sin embargo, la fijación del final de la acumulación es más difícil, ya que el reposo real puede haber terminado varios días antes de la apreciación visual del desborre de las yemas. En la práctica, se pueden tomar las fechas del 1 de febrero, el 15 de febrero o el 1 de marzo según las distintas zonas de la España ibérico-balear, de más cálidas a más frías.

Como método para evaluar la acumulación de horas-frío, se suele utilizar la fórmula de Crossa-Raynaud que establece una relación entre el número de horas por debajo de 7 °C y las temperaturas extremas diarias [2]. Esta es la forma de cálculo usada en AEMET para las descripciones agrometeorológicas y fenológicas.

$$\text{Número de HF} = 24 (7 - T_{\min}) / (T_{\max} - T_{\min}) \quad \forall T_{\min} < 7^{\circ}\text{C} \quad [2]$$

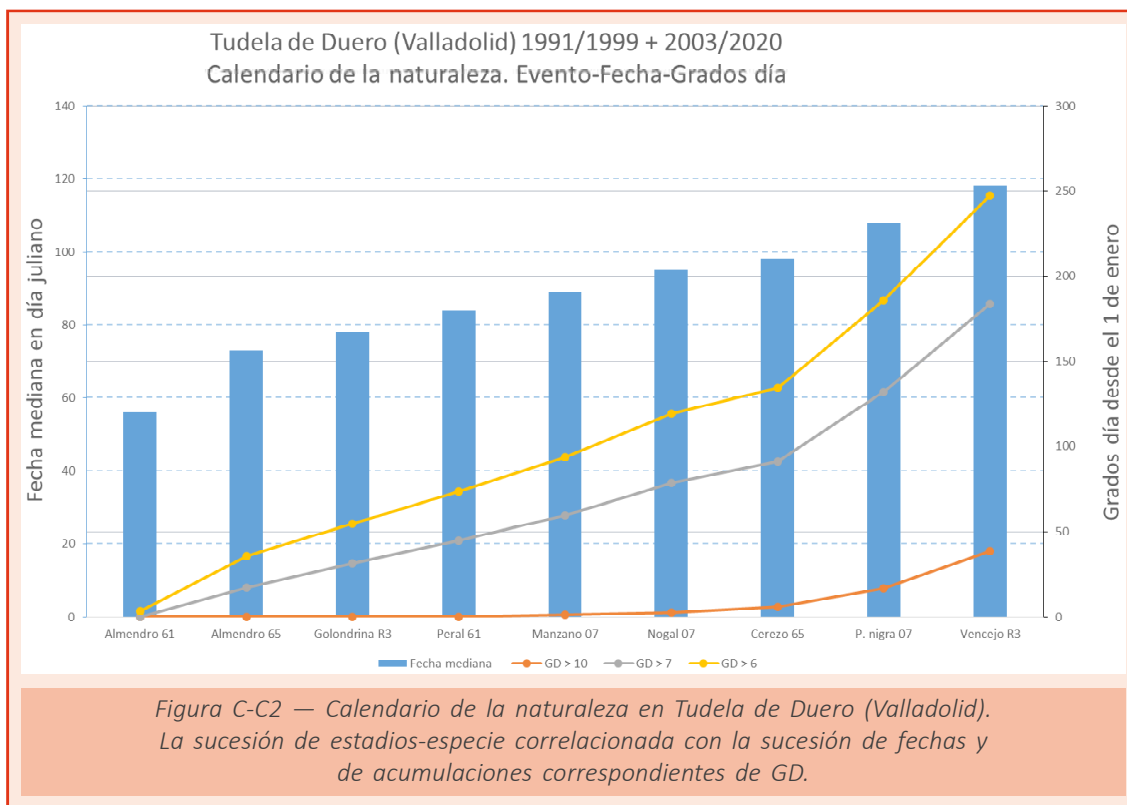
T_{\min} es la temperatura mínima diaria y T_{\max} la temperatura máxima diaria.

C4. El calendario de la naturaleza

La sucesión de eventos en el lugar en un año concreto o su estadística referida a un periodo de años es el «calendario de la naturaleza» (anual o climatológico). Se pueden caracterizar estadísticamente los eventos-especie observados en una estación de observación estudiando la serie de datos fenológicos. La caracterización de la fenología de la estación es la de sus eventos-especie, el cálculo de sus valores de centralización y dispersión, y sus quintiles (muy temprano, temprano, normal, tardío y muy tardío). Esta caracterización, de los estadios-especie y del calendario de la naturaleza tipo, tiene importancia para la planificación y toma de decisiones en el campo (agraria, forestal y de conservación de la biodiversidad).

Al estar los eventos correlacionados con la acumulación de GD el calendario de la naturaleza además de ser una sucesión de eventos es también una sucesión de fechas en las que se alcanzan ciertas acumulaciones de GD. Ello ayuda a predecir las fechas de ocurrencia de eventos en función de los GD acumulados y las previsiones meteorológicas.

Como ejemplo de calendario de la naturaleza se muestra el de la estación fenológica de Tudela de Duero en Valladolid (fig. C-C2). En él figura la sucesión de eventos con sus fechas y acumulaciones de GD sobre 6 °C, 7 °C y 10 °C.



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

Para caracterizar las variables meteorológicas de temperatura y precipitación se utilizan valores estadísticos que no tengan en cuenta la función de distribución de las variables. 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 periodo de referencia, basándose en el método de GIBBS y MAHER (1967). Estos percentiles dividen el periodo 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.

D1. Temperatura

En el caso de la temperatura (T) del año estudiado, la caracterización de un año, de acuerdo a los percentiles indicados, es la siguiente:

- EC = Extremadamente cálido. $T > T_{\max}$. La temperatura sobrepasa el valor máximo registrado en el periodo de referencia 1981-2010.
- 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: $P60 \leq T < P80$.
- N = Normal: $P40 \leq T < P60$.
- F = Frío: $P20 \leq T < P40$.
- MF = Muy frío: $T_{\min} \leq T < P20$. 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 periodo de referencia 1981-2010.

Donde los valores de los percentiles del periodo de referencia 1981-2010 vienen reflejados en la tabla D-D1.

Tabla D-D1. Percentiles correspondientes a la temperatura para el periodo de referencia 1981-2010.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mínimo T_{\min}	3.5	4.2	6.8	8.1	10.7	15.8	20.9	21.1	16.8	11.4	7.5	4.6
P20	5.1	5.8	9.1	10.5	14.0	19.1	22.1	22.1	18.5	13.6	8.6	6.0
P40	5.6	6.6	9.5	11.2	14.5	19.7	22.8	22.5	19.0	14.2	9.1	6.4
P60	6.0	7.2	10.3	12.1	15.5	20.1	23.2	22.9	19.6	15.0	9.9	6.9
P80	7.1	8.8	10.9	12.3	16.6	20.7	23.5	23.5	20.2	15.9	11.1	7.6
Máximo T_{\max}	7.7	10.3	12.5	13.8	17.4	22.6	24.7	24.9	21.9	16.6	11.9	9.4

D2. Precipitación

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

- EH = Extremadamente húmedo. $PR > PR_{max}$. La precipitación sobrepasa el valor máximo registrado en el periodo de referencia 1981-2010.
- 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: $P60 \leq PR < P80$.
- N = Normal: $P40 \leq PR < P60$.
- S = Seco: $P20 \leq PR < P40$.
- MS = Muy seco: $PR_{min} \leq PR < P20$.
- ES = Extremadamente seco. $PR < PR_{min}$. La precipitación no alcanza el valor mínimo registrado en el periodo de referencia 1981-2010.

Donde los valores de los quintiles del periodo de referencia 1981-2010 utilizados vienen reflejados en la tabla D-D2.

Tabla D-D2. Percentiles correspondientes a la precipitación para el periodo de referencia 1981-2010.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mínimo PR_{min}	4.2	9.4	3.2	22.6	24.1	10.0	5.5	5.8	7.8	14.7	2.4	11.2
P20	26.1	36.3	26.6	44.0	36.9	19.7	11.1	12.8	31.2	39.5	46.7	37.3
P40	47.9	43.5	38.4	50.7	49.5	23.7	14.2	18.6	40.7	70.5	63.4	53.2
P60	59.1	55.1	46.8	65.7	64.9	30.0	16.1	22.0	47.0	85.3	80.0	76.3
P80	90.7	71.1	64.9	84.4	77.2	39.5	21.7	28.6	57.2	108.0	107.3	130.3
Máximo PR_{max}	177.6	124.9	119.3	125.3	120.6	100.5	48.4	65.2	80.4	143.3	168.4	184.8

ANEXO E. REFERENCIAS

- COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S), 2023. European State of the Climate 2022. <https://climate.copernicus.eu/ESOTC/2022>.
- DE CARA GARCÍA, J. A. y otros, 2022. Caracterización fenológica de la estación de Tudela de Duero (Valladolid). *Calendario Meteorológico 2023*. AEMET.
- ELÍAS CASTILLO, F. y CASTELVÍ SENTÍS, F., 1996. *Agrometeorología*. Mundi Prensa.
- GARCÍA-VALERO, J. A., 2022. Informe acerca de la intrusión de polvo de origen sahariano sobre el territorio peninsular español entre los días 14 y 16 de marzo de 2022. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/13571>.
- GARCÍA-VALERO, J. A., NÚÑEZ MORA, J. Á., SIMARRO GRANDE, J. P. y BAÑÓN PAREGRÍN, L. M., 2022. Informe relativo a la situación de vientos intensos sobre las comunidades autónomas de Valencia y Murcia durante los días 12 y 13 de agosto de 2022. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/14022>.
- GIBBS, W. J. y MAHER, J. V., 1967. Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, 48, Melbourne: Bureau of Meteorology.
- GIL-ALBERT VELARDE, F. 1992. *La ecología del árbol frutal*. Mundi Prensa.
- 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.
- MARTÍNEZ NUÑEZ, L. y otros, 2018. Selección de especies de interés fenológico en la península ibérica e islas Baleares. AEMET.
- 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.
- MELGAREJO MORENO, P., 1996. *El frío invernal factor limitante para el cultivo frutal*. Madrid: Vicente Ediciones.
- MONTZKA, S. A., 2022. The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI). Laboratorio de Vigilancia Mundial de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera. Recuperado el 4 de mayo de 2023 de: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>.
- NOAA NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION, 2022. Monthly Global Climate Report for December 2021, published online January 2022, retrieved on May 18, 2023 from: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202200>.
- 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>.

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>.

TABUENCA, M. C., 1965. Influencia del clima en plantaciones frutales. EEAD, CSIC.

URBANO TERRÓN, P., 1989. Tratado de fitotecnia general. Mundi Prensa.

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/doc_num.php?explnum_id=11352.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), 2023. State of the Global Climate report 2022.

<https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate>.

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)
ENSO	El Niño-Southern Oscillation (El Niño-Oscilación del Sur)
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
IECLE	Informe sobre el estado del clima de España
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)
IR	Infrared (infrarrojo)
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut / Royal Netherlands Meteorological Institute (Instituto Real de Meteorología de los Países Bajos)
NAO	North Atlantic Oscillation (Oscilación del Atlántico Norte)
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 (Administración Nacional del Océano y de la Atmosfera, 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>)
RMI	Royal Meteorological Institute (Instituto Real Meteorológico de Bélgica)
SAF	Satellite Application Facilities
SDU	Sunshine duration (duración de la insolación)

SINOBAS	Sistema de notificación de observaciones atmosféricas singulares (AEMET)
SPI	Standardized Precipitation Index (índice de precipitación estandarizado)
UH	Universidad de Hawái
UTC	universal time coordinated (tiempo universal coordinado)
VAG	Vigilancia de la Atmósfera Global de la OMM
WMO	World Meteorological Organization (Organización Meteorológica Mundial, OMM)
WV	Water vapour (vapor de agua)

