

Informe sobre el estado del clima de España 2021

Resumen ejecutivo





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

Edita:

© Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Agencia Estatal de Meteorología
Madrid, 2022

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

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

NIPO: 666-22-007-5

<https://doi.org/10.31978/666-22-007-5>

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

C/ Leonardo Prieto Castro, 8

28040 Madrid

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



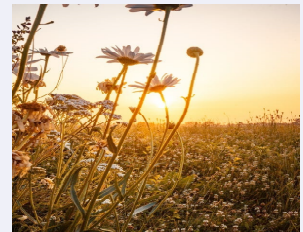
@Aemet_Esp



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

Aspectos destacados del INFORME SOBRE EL ESTADO DEL CLIMA DE ESPAÑA 2021

El año 2021 fue uno de los siete más cálidos a escala global. Aunque en Europa fue más frío que los años anteriores, la temperatura estuvo por encima del promedio normal. En España fue un año muy cálido, el undécimo más cálido desde 1961. Siete de los diez años más cálidos en nuestro país se han registrado en la última década.



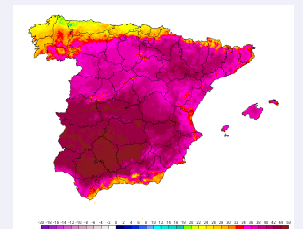
Todos los gases de efecto invernadero medidos en el Observatorio Atmosférico de Izaña registraron nuevos valores máximos, en particular el CO₂, cuya concentración en la atmósfera es manifiestamente proporcional a las emisiones acumuladas de origen antropogénico.



El temporal de nieve asociado a la borrasca Filomena y la posterior ola de frío, la segunda más larga del siglo XXI, fue un fenómeno extraordinario y de gran impacto social por la magnitud de la nevada y las temperaturas mínimas alcanzadas.



La ola de calor de mediados de agosto fue la más intensa en cuanto a temperaturas alcanzadas desde, al menos, 1975. También fue una de las más sobresalientes en lo que a extensión se refiere.



A pesar de tener un carácter seco en cuanto a precipitaciones, en 2021 se produjeron importantes episodios de lluvia, como el de finales de agosto y comienzo de septiembre en la zona centro y nordeste peninsular, el de finales de octubre y comienzos de noviembre en Baleares, asociado a la borrasca Blas, y el de los primeros días de diciembre en el cantábrico oriental y el Pirineo occidental.



INTRODUCCIÓN

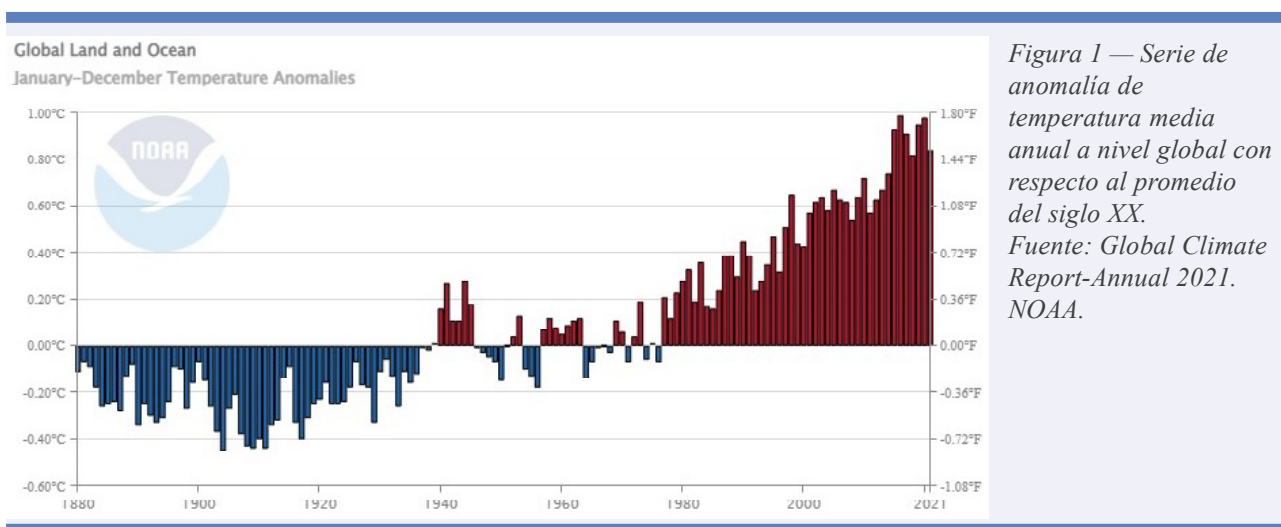
El informe sobre el estado del clima de España en 2021 pone de manifiesto el aumento de las temperaturas registrado en España desde la segunda mitad del siglo XIX, y que también se ha producido a escala europea y global, con diferentes intensidades. Además, se ha producido una aceleración en las últimas décadas y es especialmente palpable en verano, con una mayor intensidad y frecuencia en las olas de calor. Aunque las temperaturas más anómalamente altas se registraron en 2021 en los meses invernales, la ola de calor registrada a mediados de agosto fue la más intensa en nuestro país desde 1975 si tenemos en cuenta las temperaturas alcanzadas y la extensión afectada. En su transcurso, además, se batió el récord de temperatura máxima absoluta medida en España. En nuestro país, y en buena parte del planeta, el año 2021 estuvo marcado por fenómenos meteorológicos extremos, y prueba de ello fueron las nevadas asociadas a la borrasca Filomena y su ola de frío posterior, de inusual intensidad en las últimas décadas.

El informe comienza con la descripción del estado del clima global y en Europa, analizando las temperaturas y precipitaciones, así como la situación de los océanos y las superficies heladas; se detalla la situación en cuanto a las concentraciones de gases de efecto invernadero con las medidas de gran calidad del Observatorio de Izaña. Con esta información de contextualización, se describe posteriormente con gran detalle el estado del clima en España, con apartados dedicados a las temperaturas del aire y de la superficie del agua del mar, las precipitaciones, la actividad tormentosa, la insolación, los episodios de tiempo adverso y borrascas con gran impacto. Por primera vez, además, se incluye una descripción de la fenología, es decir, de los ciclos biológicos de animales y plantas y su relación con el tiempo reinante a lo largo del año. Finalmente, se detallan los patrones atmosféricos que dieron lugar a las variaciones climáticas y a los episodios de tiempo más notables registrados en España durante el año 2021.

ESTADO DEL CLIMA GLOBAL Y DE EUROPA

TEMPERATURA, PRECIPITACIONES, ANOMALÍAS Y FENÓMENOS EXTREMOS

El año 2021 fue uno de los siete más cálidos a escala mundial, con una temperatura que superó en 1.1 °C el promedio de la época preindustrial (segunda mitad del siglo XIX). No obstante, fue más frío que 2019 y 2020 como consecuencias del fenómeno de La Niña, que se manifestó principalmente a comienzos y finales de año.



Las temperaturas medias anuales fueron más altas de lo normal en la mayor parte del planeta, salvo en zonas de Alaska o Siberia, entre otras, alcanzando valores cálidos nunca registrados en zonas del norte de África, sur de Asia y Sudamérica. En cuanto a las precipitaciones, cabe destacar la intensidad de las registradas en áreas de China en verano, así como la fuerte sequía que afectó a áreas del oeste de los Estados Unidos.

En Europa, 2021 fue un año mucho más frío que los recientes, pero aun así tuvo una temperatura de alrededor de 0.2 °C por encima de la media. La tasa de calentamiento en el continente europeo se ha acelerado, a pesar del «parón» de 2021: si bien desde 1910 nuestro continente se ha calentado a un ritmo de 0.15 °C por década, desde 1981 el calentamiento ha sido de 0.45 °C por decenio. Por lo tanto, el ritmo de calentamiento se ha triplicado en los últimos 40 años. Desde la época preindustrial, Europa se ha calentado prácticamente 2 °C, casi el doble que el calentamiento global, debido fundamentalmente a su continentalidad y a su ubicación geográfica, con amplios territorios en latitudes altas, que son las que más se han calentado.

Lo más destacable en cuanto a las precipitaciones fueron las lluvias torrenciales que se produjeron a mediados de julio en áreas del centro y oeste del continente. A finales de ese mismo mes, las condiciones secas junto con las altas temperaturas favorecieron el desarrollo y propagación de grandes incendios forestales, sobre todo en el sur de Europa.

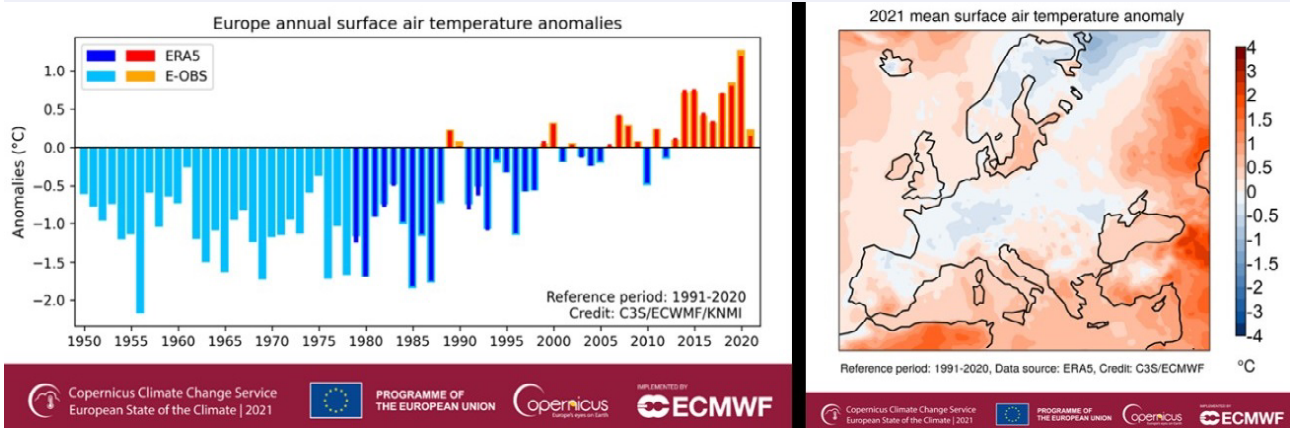


Figura 2 — Izquierda: serie de anomalías anuales de temperatura del aire en Europa entre 1950 y 2021, respecto al periodo de referencia 1991-2000. Fuente: ERA5 y EObs. Créditos: C3S/ECMWF/KNMI. Derecha: anomalía de temperatura media superficial en 2021, respecto al periodo de referencia 1991-2020. Fuente: ERA5. Créditos: C3S/ECMWF.

A lo largo de 2021 se sucedieron en el mundo numerosos episodios de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, como varias olas de calor y de frío excepcionales en América del norte y Europa; hubo asimismo sequías y episodios de lluvias torrenciales. La temporada de huracanes del Atlántico fue la tercera con mayor número de nombramientos, al tiempo que en el Índico y Pacífico también se formaron ciclones y tifones con gran poder destructivo.

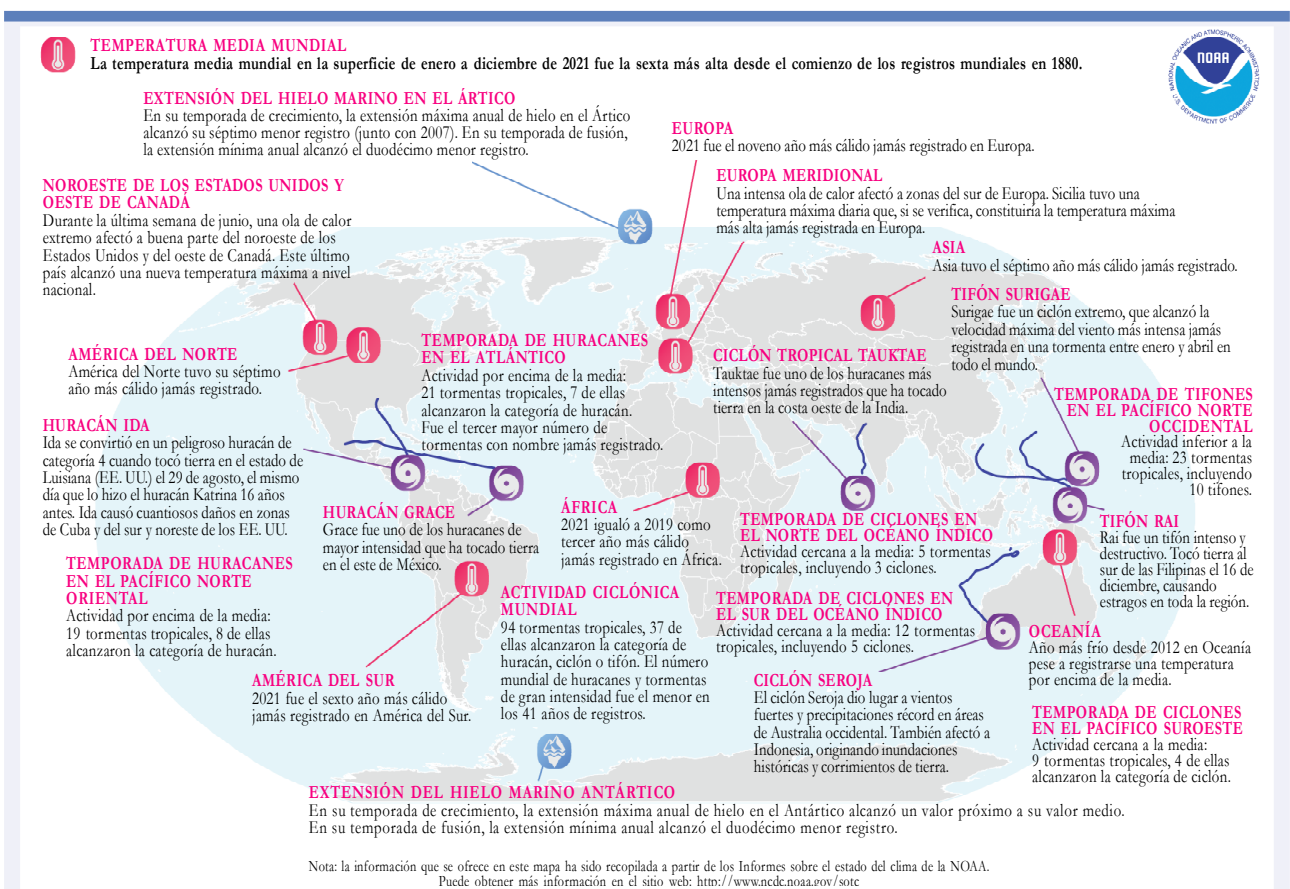
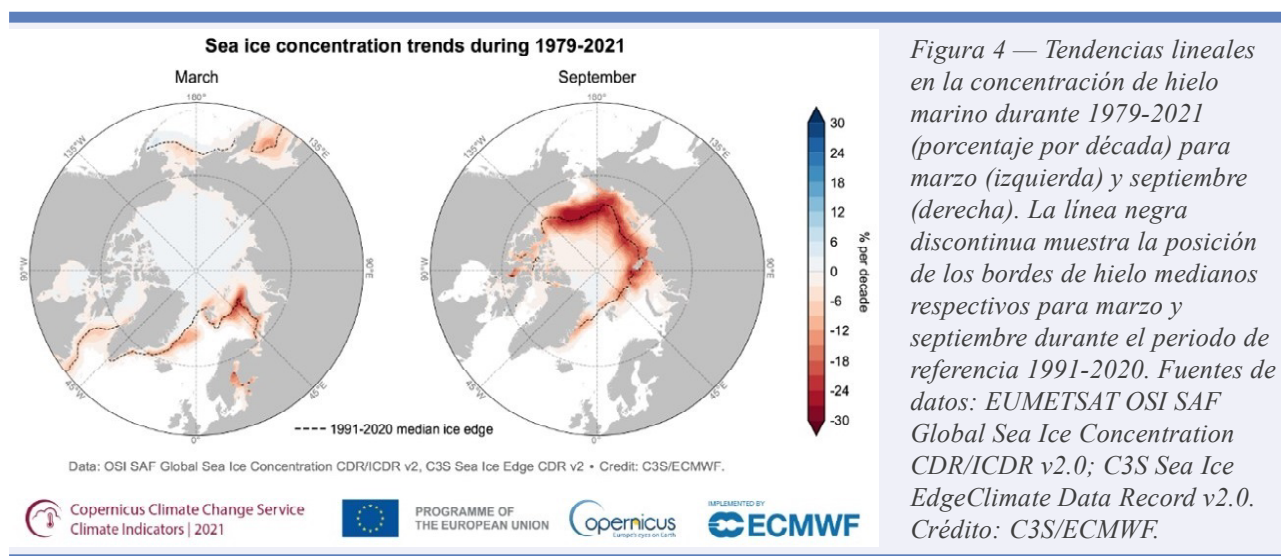


Figura 3 — Anomalías y eventos climáticos más significativos a nivel global en 2021. Fuente: Global Climate Report-Annual 2021. NOAA.

NIEVE Y OCÉANOS

La extensión del hielo marino ártico ha experimentado una marcada disminución en las últimas cuatro décadas, especialmente al final del verano: si en la década de 1980 la extensión del hielo en septiembre correspondía a la mitad de la superficie que ocupaba en marzo, en el pasado decenio la superficie a final de verano fue, en promedio, alrededor de la tercera parte de la del final del invierno. Sin embargo, no hay una tendencia clara a largo plazo para la extensión general del hielo marino en la Antártida. La respuesta al cambio climático es más compleja y se producen notables variaciones interanuales: las extensiones de hielo estuvieron muy por encima de lo normal entre 2012 y 2015, para quedar muy por debajo entre 2016 y 2019, con un mínimo récord en 2017.

El aumento del nivel del mar obedece tanto a la expansión térmica por el calor agregado a las aguas oceánicas, que supone alrededor del 70 % del mencionado aumento, como a la pérdida de masa de las capas de hielo y los glaciares (en torno a un 30 % del incremento). Desde 1993, el nivel del mar ha aumentado a una tasa de unos 3.2 mm por año, lo que equivale a un aumento de aproximadamente 9 cm en las tres últimas décadas. No obstante, existen notables diferencias regionales y se observan variaciones a largo plazo e interanuales.



GASES DE EFECTO INVERNADERO

El calentamiento global es el resultado de desequilibrios en el balance energético de la Tierra, causado por procesos y agentes naturales y antropogénicos. De estos agentes, los más importantes son los gases de efecto invernadero de larga duración, especialmente el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nítrico (N₂O) y los clorofluorocarbonos (CFC), que son los responsables de más del 95 % del forzamiento radiativo debido a los gases de efecto invernadero de larga duración desde la era preindustrial.

El CO₂ alcanzó un máximo en el Observatorio de Izaña (Tenerife) en 2021, con un promedio de 416.5 ppm (partes por millón), es decir, 2.5 ppm más que el año anterior. El crecimiento medio anual de CO₂ desde 1984 en Izaña es de unas 2 ppm, aunque se ha acelerado en los últimos años.

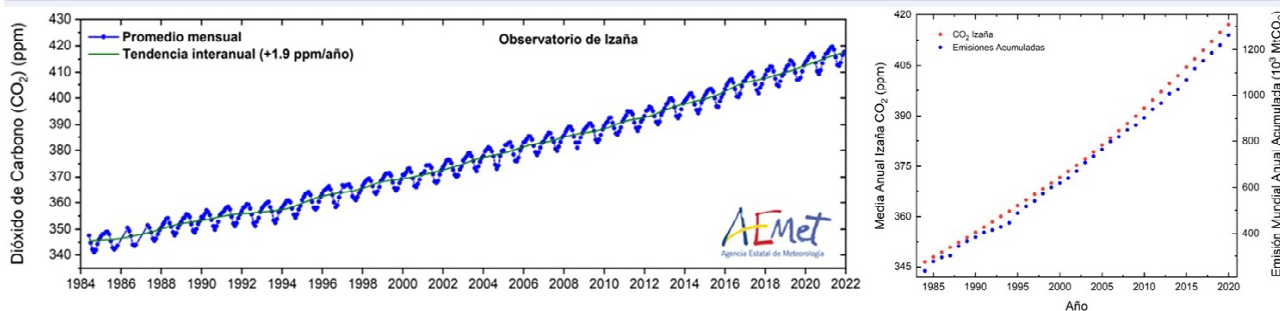


Figura 5 — Izquierda: serie de promedios mensuales de la concentración atmosférica de CO₂ medida en el Observatorio de Izaña desde 1984. Fuente: AEMET. Derecha: medias anuales de concentración de CO₂ en el Observatorio de Izaña y emisiones anuales globales acumuladas de CO₂ estimadas durante el periodo 1984-2020. Fuente: AEMET / EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research).

El crecimiento anual de la concentración de CO₂ en la atmósfera es proporcional a las emisiones anuales de CO₂ de origen antropogénico. Hay que tener en cuenta que, de cada 100 unidades de CO₂ emitidas por el ser humano a la atmósfera, 45 permanecen en ella y 55 se absorben por el océano y la biosfera (sumideros naturales de dióxido de carbono).

En cuanto al resto de los principales gases de efecto invernadero, todos ellos aumentaron su concentración en 2021, batiendo récords de concentración máxima anual en el Observatorio de Izaña. El metano alcanzó un promedio anual de 1935 ppb (partes por 10⁹), 19 ppb más que el año anterior; el óxido nítrico llegó a 334.9 ppb (aumento anual de 1.2 ppb) y el hexafluoruro de azufre tuvo un promedio de 10.8 ppt (partes por 10¹²) en Izaña, donde se observa una tendencia creciente anual de más de 0.3 ppt.

ESTADO DEL CLIMA DE ESPAÑA

El año 2021 fue, en el conjunto de España, muy cálido. Concretamente, el noveno más cálido del siglo XXI y el undécimo desde 1961, año en que comienza la serie histórica, lo que da cuenta de la acumulación de años con temperaturas superiores a la media en las últimas dos décadas: de los diez años más cálidos, ocho pertenecen al siglo actual y siete a la última década. Resultó también ser un año seco: el decimocuarto con menor precipitación acumulada desde el inicio de la serie y el séptimo del siglo XXI.

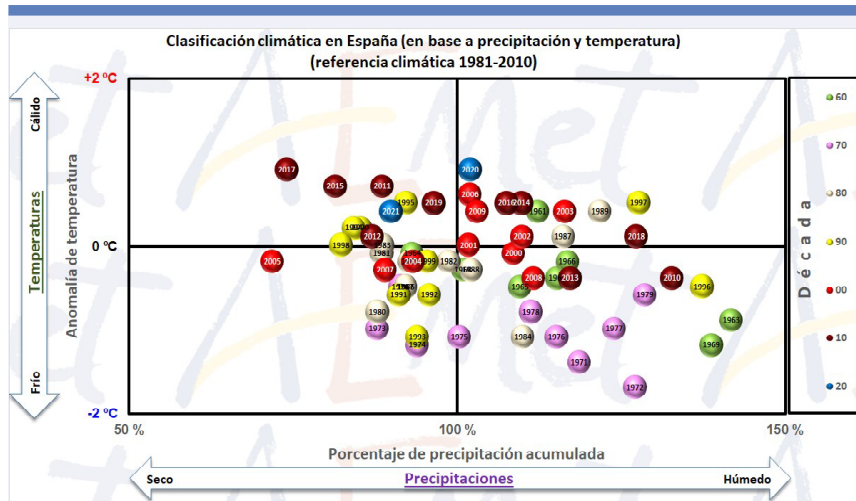


Figura 6 — Clasificación climática anual en España en base a la precipitación y temperatura. Los colores de las bolitas indican la década a la que corresponde cada año. Las bolitas situadas en los cuadros de la derecha corresponden a años con lluvias por encima del promedio normal; los de la izquierda, a años por debajo del promedio. En los cuadros superiores se encuentran los años con temperaturas superiores a la media del periodo de referencia. En los inferiores, los años más fríos que la media. Fuente AEMET.

TEMPERATURAS

La temperatura media en España fue en 2021 de 14.3 °C (14.2 °C en territorio peninsular, 17.3 °C en Baleares y 18.6 °C en Canarias), valor que queda 0.5 °C por encima de la media del periodo de referencia 1981-2010. Fue muy cálido o extremadamente cálido en Andalucía y Región de Murcia, y entre cálido y muy cálido en el resto del territorio peninsular y Baleares. En Canarias fue cálido.

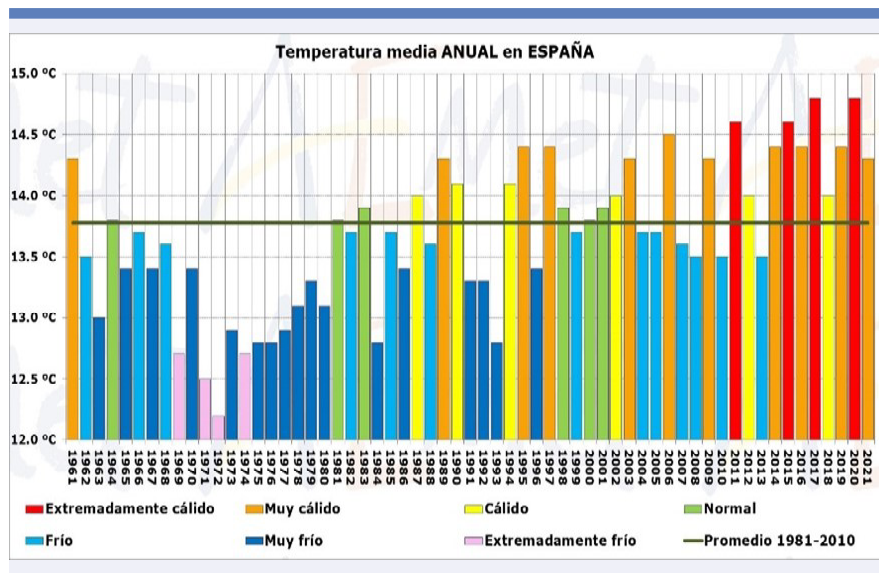


Figura 7 — Serie de temperaturas medias anuales y carácter térmico (respecto a la media 1981-2010) en España desde 1961. Los colores de las barras indican el carácter térmico de cada año. Fuente AEMET.

A lo largo del año se sucedieron episodios fríos y cálidos. Entre los primeros sobresale la ola de frío posterior a la nevada provocada por la borrasca Filomena, en la que se llegó a bajar de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. En cuanto a las altas temperaturas destacó la ola de calor de mediados de agosto, que con una anomalía de $4.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, se convirtió en la más intensa de la serie histórica. Tres de cada cinco días tuvieron temperaturas por encima del promedio normal, frente a dos de cada cinco que estuvieron por debajo de este promedio. Por meses, uno fue muy frío, dos fueron fríos, tres normales, tres cálidos y otros tres fueron muy cálidos.

En 2021 hubo trece récords diarios de temperaturas altas, (es decir, día con récord de la temperatura media más alta de la serie para una fecha concreta en el calendario) concentrados mayoritariamente en tres episodios: a finales de enero, durante la mencionada ola de calor de mediados de agosto y a finales de diciembre. Por el contrario, no hubo ningún récord diario de temperaturas bajas (es decir, día con récord de la temperatura media más baja de la serie para una fecha concreta en el calendario). Así pues, pese a las bajas temperaturas registradas durante la ola de frío de enero, ha habido en años anteriores días de la misma fecha más fríos que en 2021. En los últimos diez años, se han registrado en España 14 récords de días fríos frente a 146 de días cálidos, de modo que los días extremadamente cálidos en nuestro país han sido diez veces más numerosos que los extremadamente fríos.

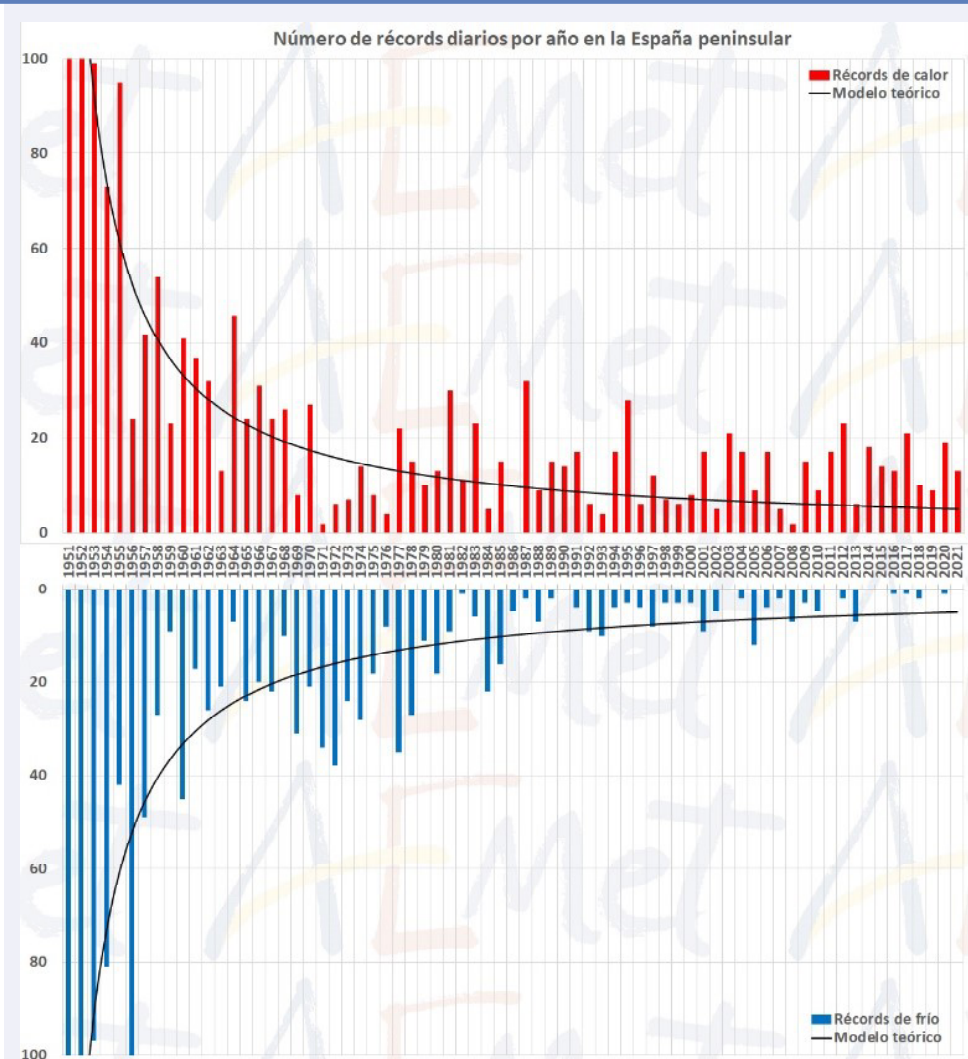


Figura 8 — Evolución de los récords diarios de temperatura en España peninsular. Fuente: AEMET.

EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS EN ESPAÑA DESDE LA ÉPOCA PREINDUSTRIAL

La temperatura media en España durante el quinquenio 2017-2021 fue 1.7 °C más elevada que durante la segunda mitad del siglo XIX. El mayor calentamiento corresponde a las últimas décadas, con un aumento de 0.22 °C por decenio desde 1961. Además, es más intenso en verano: la temperatura ha subido 0.26 °C por década en la estación estival, frente a los 0.19 °C por década que ha aumentado en invierno. La temperatura media en España durante los cinco años más recientes fue algo más baja que durante el quinquenio anterior, algo que puede achacarse a la variabilidad interanual natural del clima.

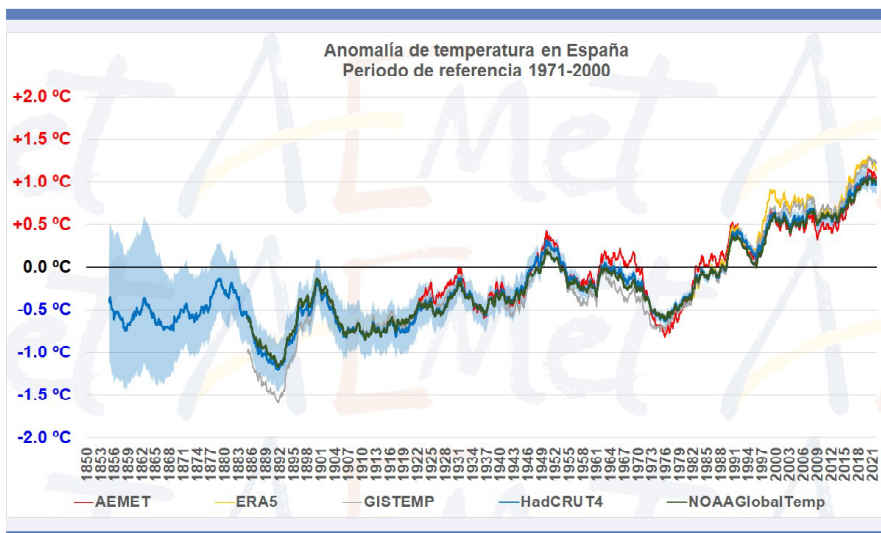


Figura 9 — Anomalía de temperatura media en España 1850-2020. Fuente de datos para la elaboración del gráfico: AEMET, Servicio de Cambio de Climático de Copernicus (ERA5), NOAA (NOAAGlobalTemp), NASA (GISTEMP) y Met Office (HadCRUT4).

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DEL MAR

La temperatura media anual de la superficie del agua del mar en las zonas marítimas circundantes a España en 2021 tuvo carácter muy cálido, con una temperatura media en conjunto 0.3 °C por encima de lo normal respecto al periodo de referencia 1981-2010. Casi todas las zonas marítimas y costeras tuvieron durante 2021 una temperatura superficial del agua del mar superior a la media, salvo zonas litorales de la fachada atlántica gallega, donde estuvieron ligeramente por debajo. En gran parte de las aguas marítimas mediterráneas y del norte de Canarias, la anomalía de la temperatura superficial del mar fue superior a +0.5 °C y en zonas de Cabrera, Menorca, Alborán y Cádiz, la anomalía fue superior a +0.7 °C.

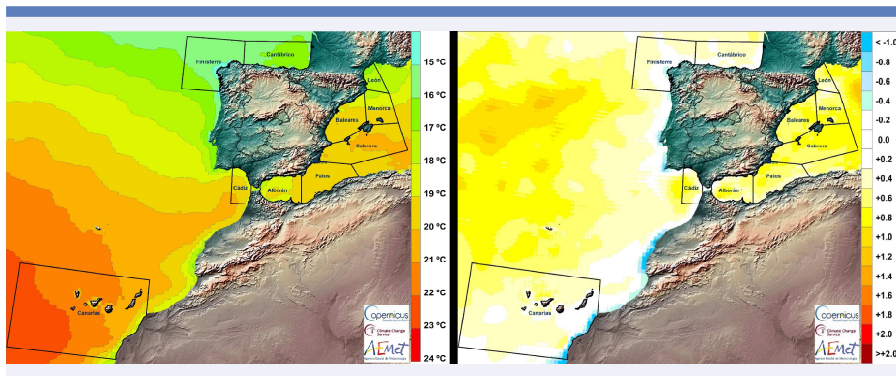
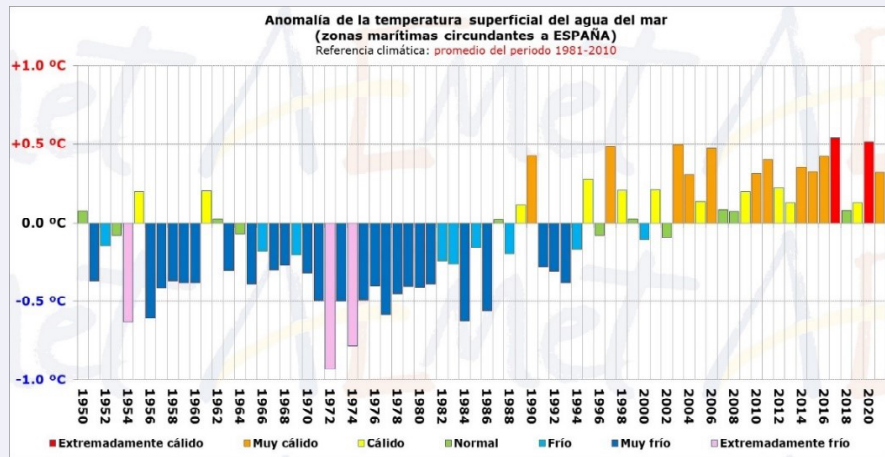


Figura 10 — Izquierda: Temperatura media de la superficie del mar en las zonas circundantes a España en 2021. Derecha: Anomalía de la temperatura superficial del mar en el mencionado año. Fuente de datos para la elaboración de ambos mapas: Servicio de Cambio Climático de Copernicus.

Los valores extremos de 2021 corresponden a los 28 °C alcanzados al sur de Baleares durante la ola de calor de mediados de agosto y los 11 °C del Cantábrico oriental registrados desde el comienzo de la ola de frío asociada a la borrasca Filomena hasta mediados de febrero.

Es destacable que, desde 2003, la temperatura media superficial del agua del mar en las zonas circundantes a España ha estado por encima del promedio normal todos los años.

Figura 11 — Anomalia anual de la temperatura superficial del agua del mar desde 1950 hasta 2020. Los colores de las barras indican el carácter térmico de cada año. Fuente: Copernicus/AEMET.



PRECIPITACIONES

El año 2021 fue seco en cuanto a precipitaciones (figura 12), con un valor de precipitación media sobre el conjunto de España de 564.2 mm (569.2 mm en el promedio de la España peninsular, 182.3 mm en Canarias y 629.7 mm en Baleares). El acumulado total de 2021 en España representa el 89 % del valor normal anual (periodo de referencia: 1981-2010), lo que lo sitúa como el decimocuarto año más seco desde el comienzo de la serie en 1961, y el séptimo del siglo XXI.

El año fue entre húmedo y muy húmedo en la cornisa cantábrica, parte occidental de Navarra, La Rioja, cuadrante suroeste de Aragón, centro y este de Castilla y León, este de Castilla-La Mancha y sureste de Madrid, además de Murcia, sur de Cataluña y Baleares. Fue

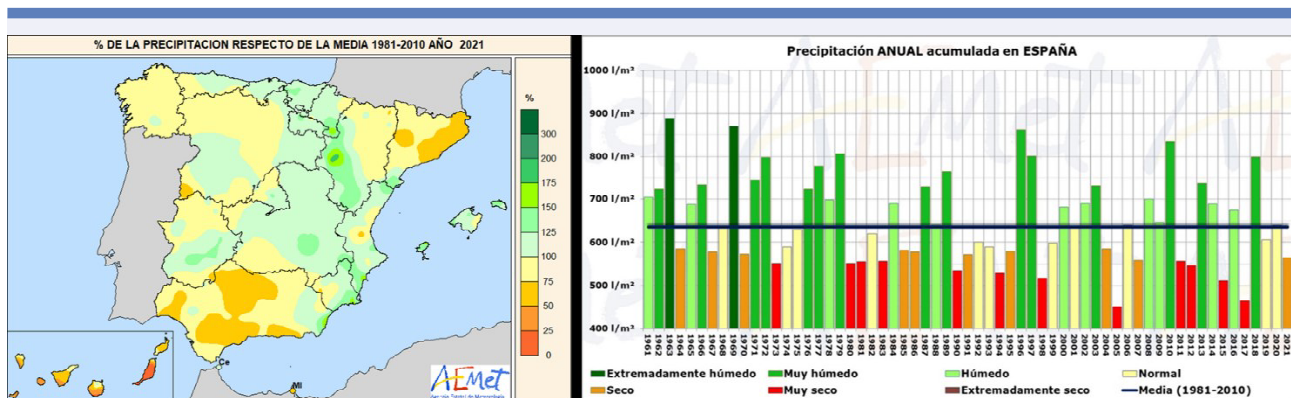


Figura 12 — Izquierda: porcentaje de la precipitación acumulada en 2021 respecto de la media 1981-2010. Derecha: evolución de la precipitación anual acumulada en España. Fuente: AEMET.

seco o muy seco en Galicia, norte de Castilla y León, norte de Aragón, Cataluña, donde en algunos puntos fue extremadamente seco, áreas de la Comunitat Valenciana, Extremadura, casi toda Andalucía y Canarias. Cabe destacar que la primavera fue muy seca (la segunda menos lluviosa del siglo XXI); el otoño también registró menos lluvias de lo habitual, mientras que a lo largo del invierno y el verano, las precipitaciones fueron superiores a lo normal. Entre los episodios más destacados de precipitaciones en 2021, cabe destacar el asociado a la borrasca Filomena, con copiosas nevadas en el interior peninsular; el episodio asociado a la borrasca Blas, con precipitaciones abundantes en Baleares; el episodio de comienzos de diciembre, con intensas lluvias en el País Vasco y Navarra, y las situaciones que desembocaron en récords de precipitación diaria, como la de finales de agosto y comienzos de septiembre.

Un aspecto interesante en lo que a precipitaciones se refiere es el análisis de los periodos de sequía meteorológica debido a la escasez de lluvias en periodos prolongados de tiempo. Durante 2021 no se detectó sequía meteorológica a largas escalas de tiempo (12, 24 o 36 meses), si bien en los meses de octubre y noviembre se inició un periodo de acusada escasez de precipitaciones que desembocó en sequía meteorológica en el conjunto de España a finales del invierno 2021-2022.

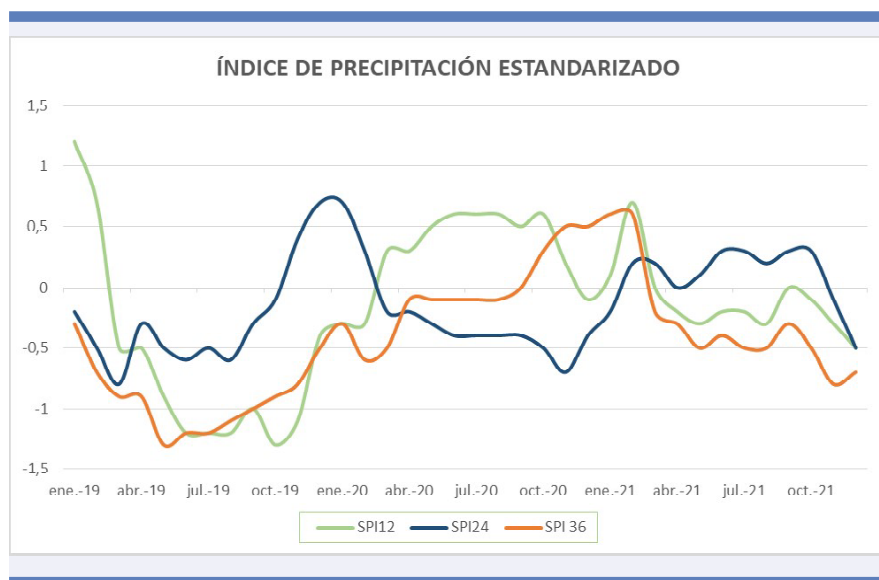


Figura 13 — Índice de precipitación estandarizado (SPI), que se utiliza para identificar sequía meteorológica, durante 2021 a 12, 24 y 36 meses. Fuente: AEMET.

Al finalizar diciembre de 2021, todas las grandes cuencas se encontraban con déficit de precipitaciones, salvo las del Tajo, Júcar y Segura; las cuencas del Sur y Pirineo oriental presentaban situación de sequía meteorológica a 12 meses.

INSOLACIÓN

Durante 2021, las zonas más soleadas fueron las islas canarias orientales y el sur de las islas más montañosas de este archipiélago, así como zonas del sur de la provincia de Badajoz y norte de Ciudad Real. En todas estas regiones se superaron las 3200 horas de sol. En el lado contrario se situaron áreas de las comunidades cantábricas y en el entorno de los Pirineos, donde no se alcanzaron las 2000 horas de sol en todo el año.

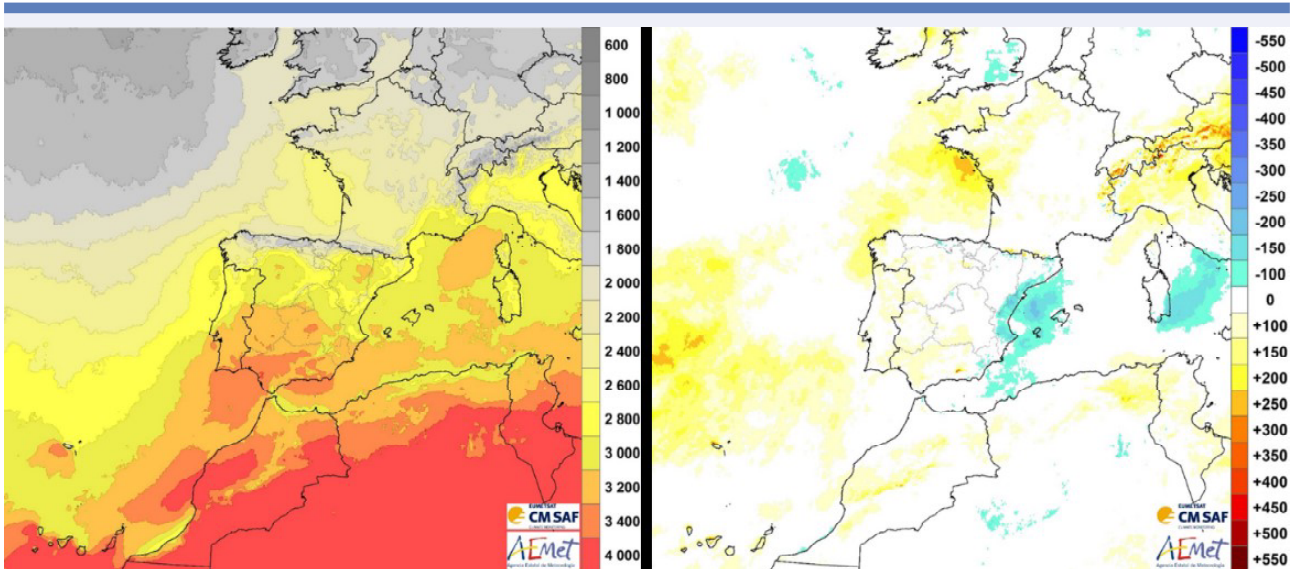


Figura 14 — Izquierda: número de horas de sol registradas en 2021; derecha: anomalía de horas de sol.
Fuente de datos para la elaboración del mapa: CM SAF (EUMETSAT).

En el oeste de la Península y Canarias, el año fue más soleado de lo normal. Por el contrario, en el tercio oriental y Baleares hubo menos horas de sol que de costumbre. Este patrón fue especialmente acusado durante la primavera, estación que resultó más lluviosa de lo habitual en la fachada mediterránea, mientras que, en las vertientes atlántica y cantábrica, donde contabilizaron un exceso de horas de sol con respecto a sus valores normales, la primavera fue muy seca.

DESCARGAS ELÉCTRICAS Y DÍAS DE TORMENTA

En cuanto a la actividad eléctrica, cabe destacar que durante el año 2021 fue en general escasa tanto en el entorno de la Península y Baleares (unas 810 000 descargas) como en Canarias (alrededor de 4300), convirtiéndose en ambas zonas geográficas en el segundo año de la serie con menos descargas detectadas, arrastradas principalmente por la escasez de tormentas en julio y agosto, meses récord de menor número de descargas detectadas. Sin embargo, hay



Figura 15 — Número anual de descargas registradas en la zona de Península y Baleares (izquierda) y en la zona de Canarias (derecha). Fuente: AEMET.

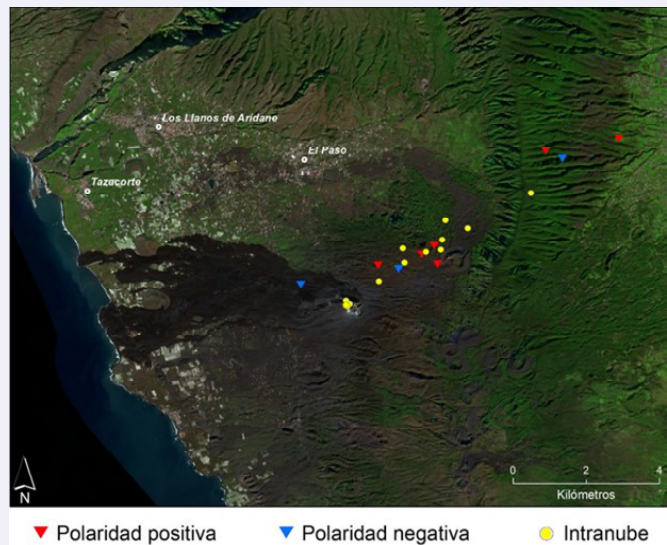
zonas en las que el número de días de tormenta durante el año fue muy superior al promedio normal, especialmente en la Comunitat Valenciana, Región de Murcia, Cuenca, este de Toledo y zonas del Mediterráneo entre las islas Baleares y el este y sureste de la Península. En el otro extremo, en el tercio norte y en Andalucía occidental, sobre todo en zonas próximas al golfo de Cádiz, el número de días de tormenta en 2021 fue muy inferior al promedio climático.

Un aspecto singular de la actividad eléctrica en 2021 reside en el hecho de que la mayor parte de las descargas detectadas en Canarias en el último trimestre se debió a la actividad del volcán Cumbre Vieja, activo entre el 19 de septiembre y el 13 de diciembre. Se contabilizaron un total de 23 descargas asociadas a esta actividad volcánica.



Figura 16 — Izquierda: imagen de una descarga eléctrica procedente del penacho volcánico durante la erupción del volcán Cumbre Vieja. Fuente: AEMET.

Abajo: descargas registradas en la isla de La Palma provocadas por la actividad del volcán Cumbre Vieja. Fuente de datos: AEMET. Imagen base: mosaico del invierno de 2022 del archipiélago canario generada a partir de datos Sentinel2 (L2A) del programa Copernicus (Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica).



FENÓMENOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS EXTREMOS Y BORRASCAS CON GRAN IMPACTO

Los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos tienen, en muchas ocasiones, un importante impacto social por su carácter extraordinario y gran intensidad. En 2021, sin duda, sobresalió el temporal asociado a la borrasca Filomena, con una ola de frío previa a la extraordinaria nevada que tuvo lugar y otra ola de frío posterior muy intensa. En buena parte del interior central y oriental peninsular se acumularon entre el 8 y 10 de enero espesores de nieve de 30 a 50 cm, resultando especialmente afectada el área metropolitana de Madrid. Posteriormente, los cielos quedaron despejados y la gran cantidad de nieve acumulada propició que las

temperaturas descendiesen hasta los $-26.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Torremocha del Jiloca (Teruel) o $-25.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Molina de Aragón (Guadalajara). La ola de frío posterior a la nevada duró 8 días (del 11 al 18 de enero), convirtiéndose en la segunda más larga del siglo XXI.

En el otro extremo, la ola de calor de mediados de agosto (del 11 al 16 en el entorno de la Península y Baleares y del 15 al 19 en Canarias) tuvo un carácter extraordinario: fue la más intensa desde 1975 y la tercera que mayor extensión geográfica abarcó, con 36 provincias afectadas. En su transcurso se llegó a $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Alcantarilla (Murcia) y hasta $47.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Montoro (Córdoba), la temperatura más alta medida en España de manera confiable.

Otros episodios destacables en 2021 fueron las lluvias torrenciales de finales de agosto y comienzos de septiembre, que desembocaron en el récord diario de precipitación de la estación centenaria de Daroca (Zaragoza); el temporal marítimo asociado a la borrasca Justine, con olas de más de 9 m en el Cantábrico; las abundantes precipitaciones entre finales de noviembre y comienzos de diciembre en el País Vasco y Navarra, con riadas en el río Ebro y algunos de sus afluentes como principal consecuencia; y la borrasca Blas, que dejó un temporal marítimo importante y lluvias muy intensas en Baleares. Aunque no fueron fenómenos adversos, los episodios cálidos de finales de enero y finales de diciembre dieron lugar a numerosos récords de temperaturas altas y por lo tanto pueden considerarse extremos.



En cuanto a las borrascas con gran impacto, el grupo suroeste europeo de EUMETNET nombró un total de nueve borrascas: siete de ellas en invierno y primavera y dos en otoño. Fue el año natural con menos nombramientos desde el inicio de este sistema, en la temporada 2017-2018. Destacó el bajo número de borrascas en otoño, con únicamente dos nombramientos, frente a los cinco o seis del resto de temporadas. Este dato coincidió, además, con el hecho de que 2021 fuera el año con la menor velocidad media de viento medida para el conjunto del continente europeo, según datos del Servicio de Cambio Climático de Copernicus.

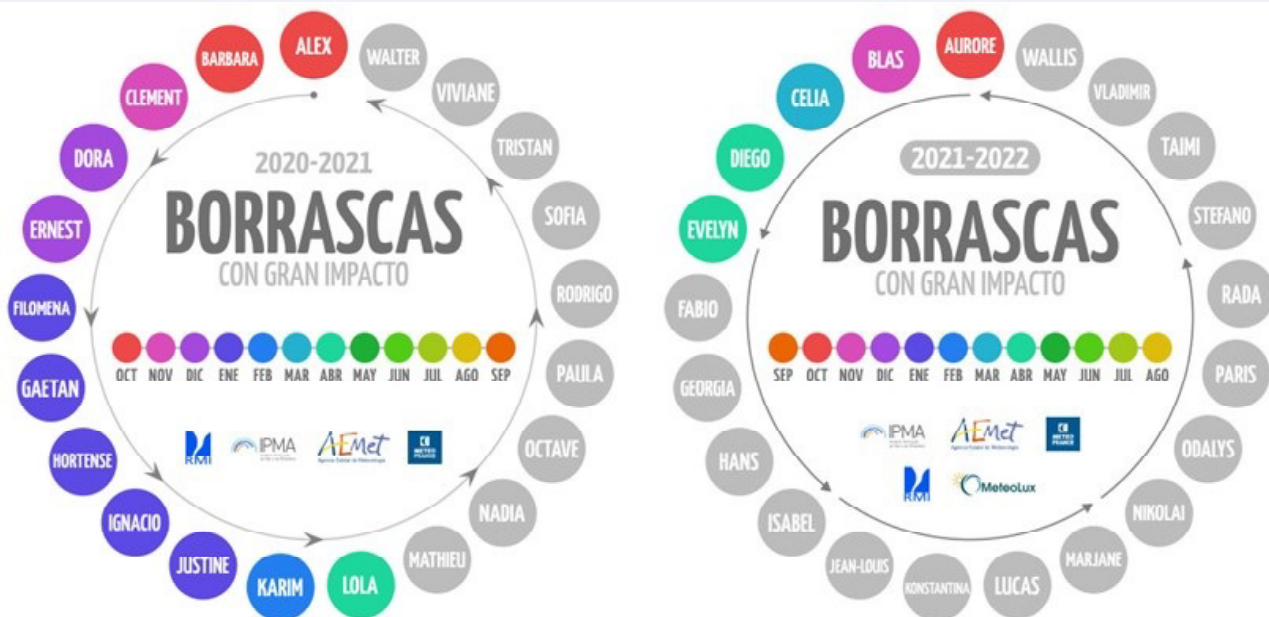


Figura 18 — Gráficos correspondientes a las borrascas con gran impacto nombradas en las temporadas 2020-2021 y 2021-2022 (hasta el mes de abril). Las borrascas correspondientes al año natural 2021 son: Filomena, Gaetan, Hortense, Ignacio, Justine, Karim, Lola, Aurore y Blas.

FENOLOGÍA

La fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente acomodados a ritmos estacionales y que tienen relación con el clima y con el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar. Esta información es importante para los estudios del clima y para la descripción del año agrometeorológico. Para su estudio, normalmente en España se divide el año en dos estaciones: la primavera fenológica, que abarca de enero a abril, y el otoño fenológico, periodo comprendido entre septiembre y diciembre.

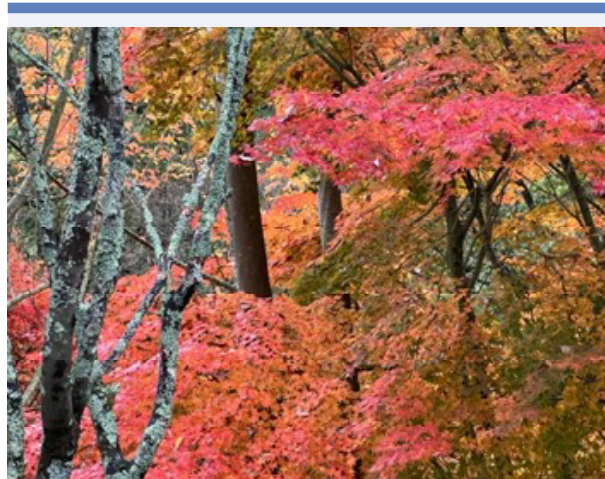


Figura 19 — Almendro en plena floración en el sur de la Comunidad de Madrid a finales de febrero de 2021. Autor: Javier Cano Sánchez (AEMET).

En cuanto a la primavera fenológica, el año 2021 puede calificarse como tempranero, dado que determinados procesos biológicos, como la floración, se adelantaron en especies de interés entre las que destaca el almendro, como consecuencia de unos meses

de febrero y marzo con temperaturas superiores a las normales y la humedad del suelo acumulada previamente, durante el temporal de nieve asociado a la borrasca Filomena. En cuanto a la llegada de aves migratorias emblemáticas, la golondrina comenzó a observarse en el extremo sur peninsular ya a finales de 2020, generalizándose su presencia en enero de 2021 en el suroeste peninsular, a mediados de febrero en la zona centro y a finales de mes en el extremo nororiental.

A lo largo del otoño fenológico las precipitaciones fueron más escasas que de costumbre, lo que se tradujo en una escasez de agua para las necesidades agrícolas, especialmente en cuencas del sur peninsular. Esto se tradujo en pérdidas de fruto en el olivar y en una reducción en la recolección de determinados cultivos de regadío como el arroz o el girasol. En cuanto a la maduración de los frutos en especies de interés fenológico, hay que señalar que se produjo, en términos generales, en las fechas habituales o con algo de adelanto en determinadas especies, como la vid y la higuera en zonas del extremo norte por el carácter muy cálido de septiembre.



*Figura 20 — Plena coloración final de arces en el Parque Natural de Pagoeta (Gipuzkoa) a mediados de noviembre.
Autora: Pilar López Vallejo (AEMET).*

PATRONES CLIMÁTICOS PREDOMINANTES

Los patrones climáticos y regímenes de tiempo dominantes durante las diferentes estaciones del año condicionan los tipos de tiempo que pueden encontrarse a lo largo del año en nuestro entorno geográfico, bien se trate de situaciones persistentes o de corta duración.

Uno de los principales episodios del invierno en 2021 fue la histórica nevada asociada a la borrasca Filomena y su ola de frío posterior. En este temporal, tuvo un papel determinante el gran calentamiento repentino estratosférico que ocurrió entre finales de diciembre de 2020 y comienzos de enero de 2021, y que desembocó en una potente irrupción de aire ártico en la península ibérica, a donde llegó la borrasca Filomena con gran cantidad de humedad en su seno, provocando importantes nevadas y una intensa ola de frío posterior, cuando los cielos quedaron poco nublados.

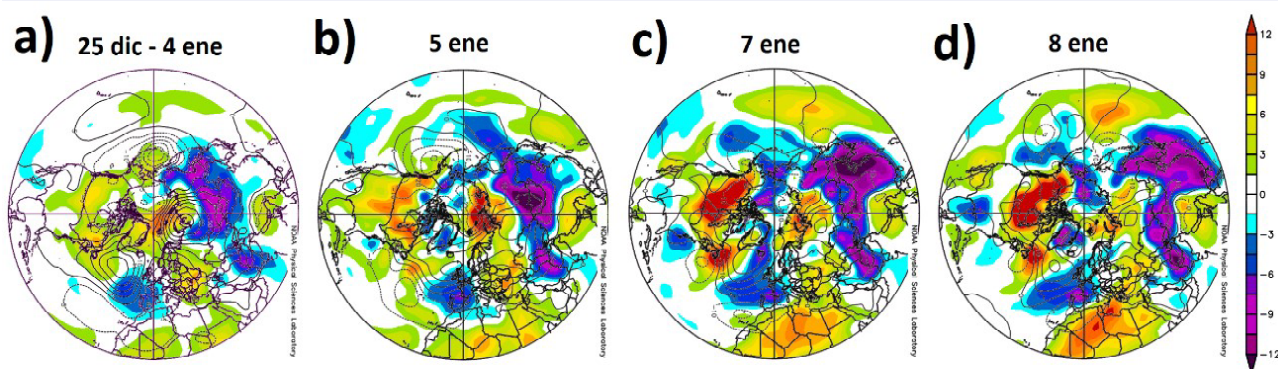


Figura 21 — Anomalia de la presión a nivel del mar (líneas de contornos) y anomalia de la temperatura en 925 hPa, a) 25 de diciembre a 4 de enero; b) 5 de enero; c) 7 de enero; d) 8 de enero. (Intervalo entre contornos 10 hPa salvo para (a) que es 5 hPa). Fuente: NOAA.

Tras la ola de frío se produjo un marcado episodio cálido en la España peninsular y Baleares, al quedar el sudoeste europeo bajo la influencia de una masa de aire tropical asociada a una amplia dorsal, que tuvo un carácter bastante estacionario como consecuencia de la existencia de un vórtice polar estratosférico débil.

El patrón climático más significativo para los tipos de tiempo sucedidos en nuestro entorno geográfico durante la primavera de 2021 fue la presencia de un anticiclón de bloqueo en Groenlandia, que dio lugar a una primavera fría en Europa y que en España favoreció la predominancia de flujos de viento de levante, lo que se tradujo en ambiente frío en la fachada oriental, Cantábrico y Baleares y más templado en el resto, con lluvias por encima de lo habitual en el sureste peninsular.

Durante el verano de 2021 tuvo importancia la amplificación ártica, es decir, el mayor calentamiento experimentado en las altas latitudes con respecto al resto del planeta, y que produce un debilitamiento de la circulación atmosférica en latitudes medias por el menor contraste de temperatura. Así, se produjeron situaciones de bloqueo sobre los continentes que causaron importantes olas de calor dentro de un verano que fue el más cálido en el conjunto de las tierras continentales del planeta. La ola de calor del 11 al 16 de agosto en España, excepcionalmente intensa, tuvo su origen en una dorsal mediterránea que se fue desplazando hacia el

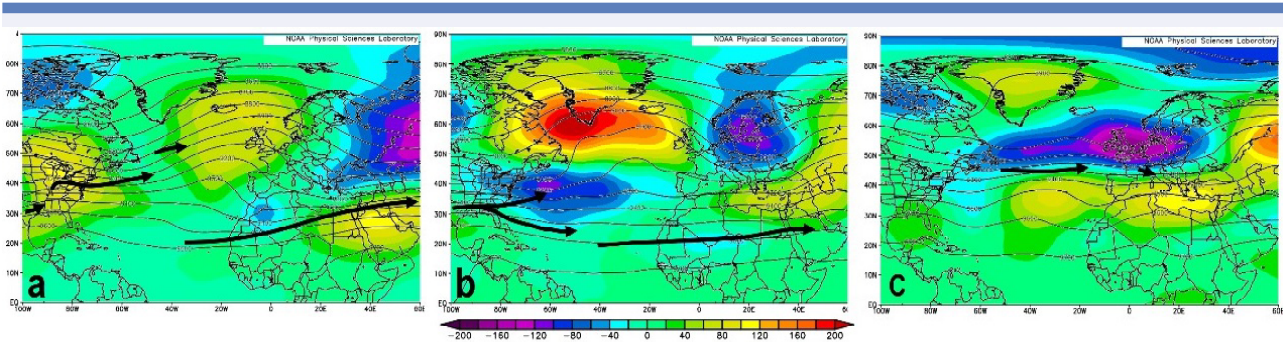
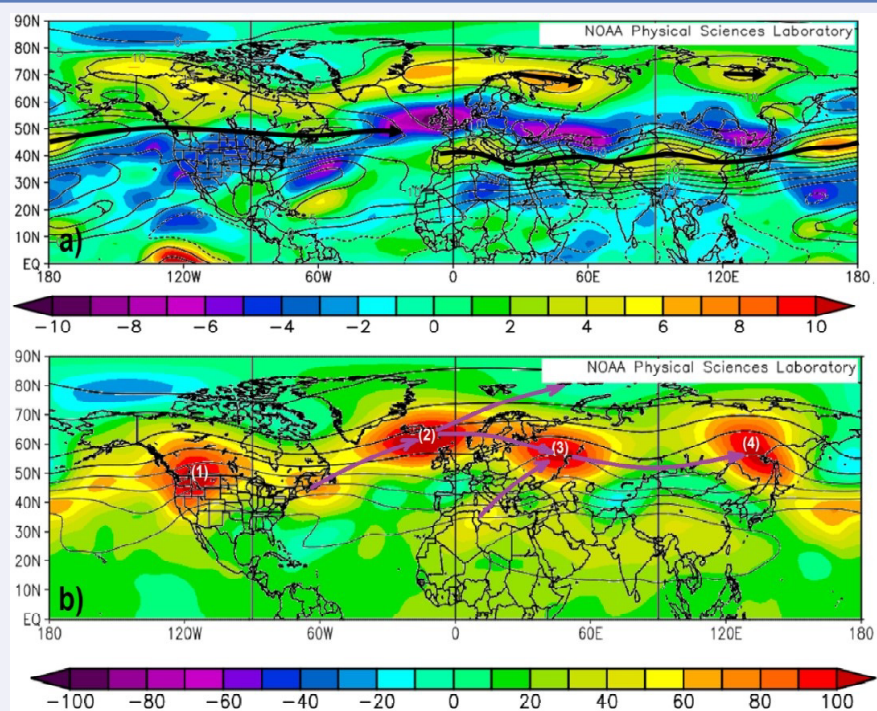


Figura 22 — Mapas medios mensuales para la primavera de la altura del geopotencial en 300 hPa (líneas) y sus anomalías (color) en metros: (a) marzo; (b) abril; (c) mayo. Fuente NOAA/ESRL. La posición de los chorros está marcada con flechas.

oeste. Impulsó vientos del sur acompañados de nubosidad. Estas nubes pudieron tener un papel determinante en la intensidad de la ola de calor, al liberar calor latente en las capas altas de la troposfera. Este aire ya cálido en niveles altos experimentó un calentamiento adicional en el seno de las altas presiones, al verse obligado a descender hacia la superficie y, por tanto, sufrir un proceso de compresión.

El otoño de 2021 comenzó con un septiembre en el que predominó la circulación subtropical en Europa occidental, como consecuencia de la anómala intensificación de las lluvias monzónicas en el subcontinente indio; la Península quedó bajo la influencia de una vaguada que dio lugar a abundantes precipitaciones en el interior, con temperaturas en torno a lo normal o algo más bajas. En los meses de octubre y noviembre la situación cambió, de modo que las presiones fueron más altas de lo normal en nuestro territorio. A lo largo de este último mes y de diciembre, el vórtice polar estratosférico fue más intenso de lo habitual, aunque en la

Figura 23 — Arriba: valores medios para el verano de 2021 de componente zonal del viento (m/s) en 250 hPa (líneas) y sus anomalías (color); abajo: altura del geopotencial (metros) en 200 hPa (líneas) y sus anomalías (color). Las líneas gruesas con flechas indican la propagación de ondas de Rossby generadas por el monzón norteamericano. Periodo de referencia 1991-2020.



segunda quincena de diciembre se produjo un debilitamiento, con situaciones de bloqueo anticiclónico como la que provocó un inusual episodio cálido a finales de año y comienzos de 2022, con numerosos récords de temperatura máxima y mínima más alta para la época.

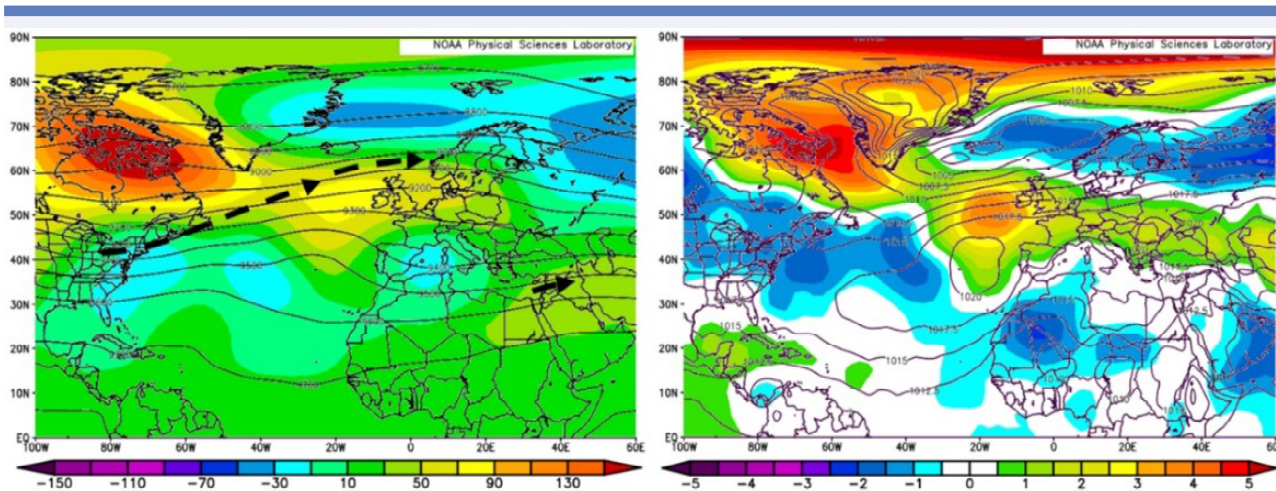


Figura 24 — Izquierda: altura del geopotencial en 300 hPa (líneas) y sus anomalías (color) en m para el conjunto del otoño. Derecha: presión a nivel del mar (líneas) y sus anomalías (color) en hPa, para el conjunto de la estación otoñal.

Fuente NOAA/ESRL. La posición de los chorros está marcada con flechas; a trazos > 30 m/s; continua > 35 m/s.

