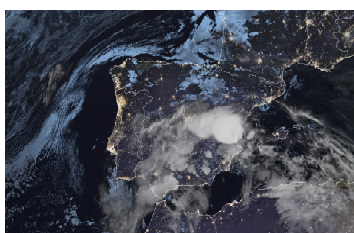
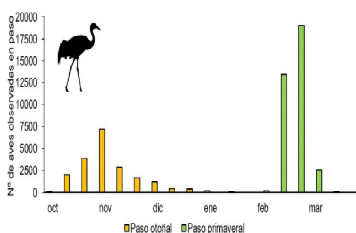
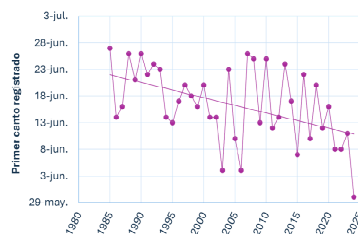
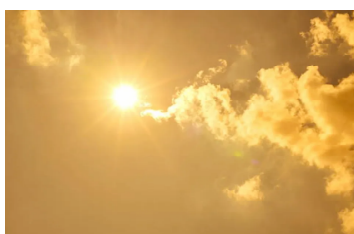
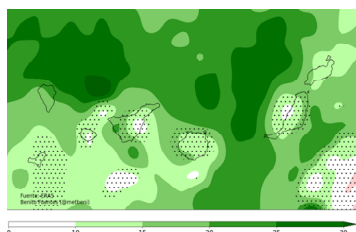
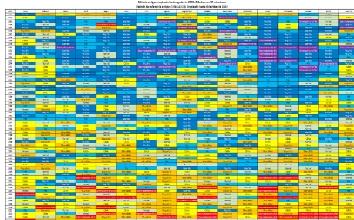
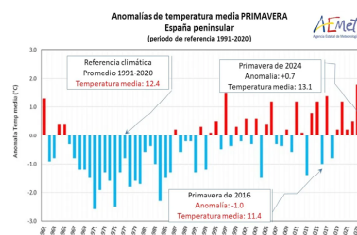
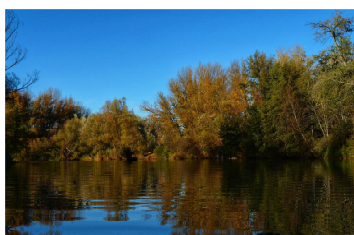
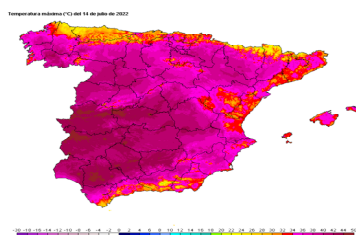


# Selecciones del blog

## aemet 2024



*Este documento contiene una selección de algunos de los mejores artículos publicados en el blog de AEMET durante 2024. Los artículos han sido adaptados ligeramente para su publicación en esta selección.*



El blog oficial de la Agencia Estatal de Meteorología

**<https://aemetblog.es>**

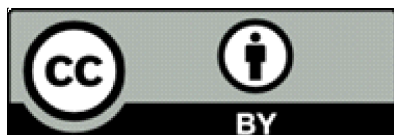
---

*Las opiniones, observaciones, interpretaciones y conclusiones expresadas en los artículos de esta publicación son las de sus autores y no reflejan necesariamente las de AEMET.*

---



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, 2025

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:  
<https://cpage.mpr.gob.es>

NIPO: 666-20-025-9  
<https://doi.org/10.31978/666-20-025-9.2024>

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)  
C/ Leonardo Prieto Castro, 8  
28040 Madrid

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



@Aemet\_Esp



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



# Selecciones del blog

## aemet 2024

### Índice

---

<i>Patrones migratorios de la grulla común (Grus grus): cuatro décadas de seguimiento en la Comunidad de Madrid,</i> por Carlos Cano Barbacil y Javier Cano Sánchez .....	5
<i>Del cuadro al clima: «Vista de Zaragoza», de J. B. del Mazo,</i> por María Edilia Miranda Suárez .....	15
<i>El efecto invernadero: descripción y descubrimiento,</i> por David Quintero Plaza .....	20
<i>La cigarra adelanta su «canción del verano» más que nunca,</i> por Carlos Cano Barbacil y Javier Cano Sánchez .....	28
<i>El avance implacable del verano en España:</i> <i>análisis sobre su progresivo alargamiento (actualización: junio de 2024),</i> por Benito Fuentes López .....	30
<i>Preguntas y respuestas sobre las olas de calor,</i> por José Ángel Núñez Mora .....	37
<i>¿Cómo se calcula la temperatura media en España?,</i> por José Ángel Núñez Mora .....	43
<i>2021-2023: Análisis de la sequía en Cataluña,</i> por Beatriz Téllez Jurado, Oriol Ripoll Sancho y Ramón Pascual Berghaenel .....	57
<i>Del mito de la gota fría a la psicosis de la dana,</i> por Vicente Aupí .....	66
<i>Fenología y conocimientos tradicionales. Cómo convertir las prácticas ancestrales en adaptación al cambio climático,</i> por José Luis Camacho Ruiz, Jorge Alvar-Beltrán, Montserrat Busto, Juan Antonio de Cara, Teresa Gallego, Lourdes Martínez y Ramiro Romero .....	69
ÍNDICE ALFABÉTICO DE AUTORES .....	82



# PATRONES MIGRATORIOS DE LA GRULLA COMÚN (*GRUS GRUS*): CUATRO DÉCADAS DE SEGUIMIENTO EN LA COMUNIDAD DE MADRID

(publicado en el blog de AEMET  
el 11 de febrero de 2024)

Carlos Cano Barbacil<sup>1</sup> y Javier Cano Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Senckenberg Research Institute and Natural History Museum, Frankfurt,  
Department of River Ecology and Conservation, Gelnhausen, Germany

<sup>2</sup> Delegación Territorial de AEMET en Madrid



Entre el otoño de 1979 y la primavera de 2023 se realizó un seguimiento de los pasos migratorios de la grulla común (*Grus grus*) en el centro y sur de la Comunidad de Madrid. Durante cuarenta y un temporadas se obtuvo información sobre la fenología y la duración de los pasos migratorios, el tamaño de las bandadas, sus horarios de vuelo y las condiciones me-

teorológicas en el momento del vuelo. Como resultado, se observó un adelantamiento significativo de 22,5 días en la fecha de llegada de las primeras bandadas de grulla, mientras que no se apreciaron cambios en la fecha de partida de las últimas bandadas durante el periodo de estudio. Finalmente, se encontraron diferencias en el tamaño de las bandadas y en los horarios de vuelo entre ambos pasos.

## 1. Introducción

La migración de la grulla común (*Grus grus*) es uno de los espectáculos más llamativos que se puede contemplar en la naturaleza. Se trata de una especie migratoria presahariana que, debido a su vuelo potente y sostenido, es capaz de recorrer más de tres mil kilómetros en su viaje de ida y otros tantos en el de vuelta (OJASTE *et al.*, 2020). Debido al comportamiento gregario que muestra en otoño e invierno, se desplaza habitualmente en grandes bandadas en formaciones en «uve» o en líneas oblicuas (figura 1), usando las corrientes térmicas para ganar altura (ALONSO *et al.*, 1990). La mayor parte de la población del Paleártico occidental inverna en la península ibérica (SNOW y PERRINS, 1998; PRIETA y DEL MORAL, 2012).

La migración de la población europea occidental comienza a finales del verano desde las zonas de reproducción en los países escandinavos y bálticos, así como del oeste de Rusia, Bielorrusia, Polonia y Alemania, hasta concluir en España, Portugal y norte de



Figura 1. Bandada de grullas comunes, compuesta de cuarenta y dos ejemplares, que sobrevuelan el cielo del sur de la Comunidad de Madrid en otoño. En el 69 % de las ocasiones las grullas aprovechan los días despejados para alzar el vuelo y evitan los intervalos de vientos fuertes que perjudican su desplazamiento.

África (ALONSO y ALONSO, 1990). Se realiza a lo largo de rutas fijas, conocidas desde la antigüedad gracias a la observación directa y, más recientemente, mediante el marcaje con anillas y la colocación de emisores GPS que permiten el seguimiento vía satélite (LEITO *et al.*, 2015).

El viaje de regreso se desarrolla en etapas entre localidades utilizadas año tras año por la especie. Comienza en Marruecos, Andalucía occidental y Extremadura, y utiliza las cuencas de los ríos Guadiana y Tajo como zona de remontada hacia el noreste, por las lagunas de La Mancha (por ejemplo, las Tablas de Daimiel, Manjavacas y El Hito) y el sureste de la Comunidad de Madrid, hasta alcanzar posteriormente la laguna de Gallocanta en Aragón. En ella se concentra un gran contingente que permanece allí entre cinco y ocho días (BAUTISTA, 2014). En la actualidad, Gallocanta es el área de mayor importancia en cuanto a cantidad media de grullas que acoge. Finalmente, el embalse de La Sotonera en Huesca, es el sitio más septentrional ocupado por las grullas en la península ibérica y actúa a finales de febrero o primeros de marzo como último dormitorio.

Gracias al anillamiento y marcaje de aves, que aporta información sobre su procedencia, se sabe que la mayor parte de las grullas que llegan a la península ibérica provienen de Finlandia (77 %) y de Suecia (15 %), y en menor medida de Alemania y países bálticos (SEO/BIRDLIFE, 2012). Recientemente, tras el seguimiento de una grulla equipada con un transmisor GPS en Estonia se ha podido documentar que la especie es capaz de sobrevolar los picos más altos de los Pirineos, ya que el 25 de febrero de 2020 dicho individuo ascendió hasta los 3700 metros de altitud, y recorrió 637 kilómetros en unas 16 horas sin descanso, desde el embalse de La Sotonera en Huesca, hasta un claro del bosque cerca de Aubusson, en el centro de Francia (WOUTERSEN, 2020; ROMÁN, 2020).



En este trabajo se evalúan los patrones migratorios de la grulla común en el centro y sur de la Comunidad de Madrid entre 1979 y 2023. En concreto, se analiza la evolución de las fechas de paso y posibles cambios en los patrones fenológicos, el tamaño de las bandadas, así como los horarios y las condiciones meteorológicas en los días que realizan los desplazamientos.

## 2. Material y métodos

---

### 2.1. Área de estudio y recopilación de datos

Desde el otoño de 1979 hasta la primavera de 2023 se registraron las bandadas de grullas comunes que se observaron sobrevolando en alguna de las localidades de Madrid, Getafe, Valdemoro o Colmenar de Oreja, aunque no se recogió información en tres de ellas (1983-84, 1984-85 y 1988-89). Se define como bandada (en ciertas localidades del Alto Aragón se denominan «grullerío»; MOOSER y WOUTERSEN, 2015) un número de grullas, igual o superior a tres, que vuelan juntas.

Para localizar las bandadas de grullas durante el periodo que abarca desde el paso otoñal hasta el paso primaveral, se hicieron observaciones diarias entre el 1 de octubre y el 31 de marzo. Para detectar la presencia de grullas se presta atención a su potente reclamo, que es fácil de localizar a distancia. Si las condiciones meteorológicas lo permitían, se contaban los individuos que iban por bandada y se registró la hora de paso, dirección y condiciones atmosféricas. Solamente cuando las bandadas estuvieron lejos, volaron por encima de nubes muy bajas de tipo estratiforme, o lo hicieron en plena oscuridad, no se anotó el número de ejemplares por su dificultad o imposibilidad.

El primer día que se detectaron grullas se anotó como fecha de llegada, mientras que la última observación se registró como fecha de partida. La diferencia entre ambas se consideró como la duración del paso, tanto para el de otoño como el de primavera.

### 2.2. Análisis de datos

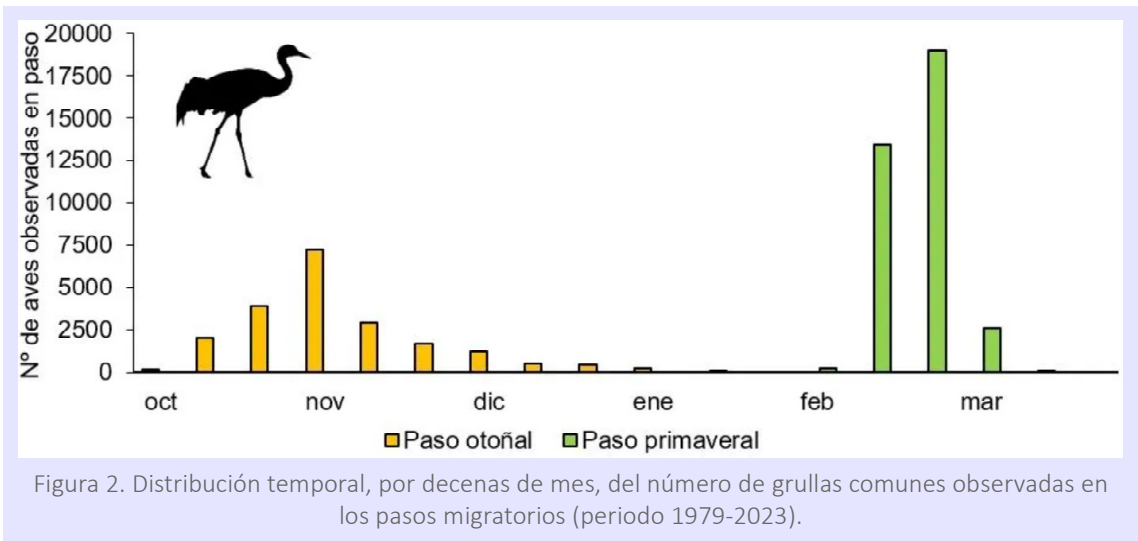
Para caracterizar fenológicamente la llegada y partida de la grulla común, en los pasos de otoño y primavera respectivamente, se utilizaron las medianas del periodo de treinta años 1991/92-2020/21 como «normales fenológicas», según las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017, 2018). Después de comparar dichas medianas con el valor de cada una de las temporadas se obtuvieron las respectivas anomalías, que se expresan en número de días, en negativo cuando los eventos se adelantan y en positivo cuando se atrasan. En años bisiestos el cálculo de la anomalía varía en +1 día para aquellas observaciones que se produzcan en fechas a partir del 29 de febrero. Posteriormente, se utilizaron modelos lineales para testar si se produjeron cambios en la primera fecha de llegada (paso de otoño) y última de partida (paso de primavera) de las grullas durante todo el periodo de estudio. Finalmente, para evaluar diferencias en el tamaño de las bandadas y en los horarios de paso entre otoño y primavera se empleó un test de chi cuadrado ( $\chi^2$ ).

3. Resultados

3.1. Fenología y duración de los pasos

La llegada de las primeras bandadas de grullas invernantes detectadas volando sobre el centro y sur de la Comunidad de Madrid suele producirse en octubre, principalmente entre la segunda y la tercera decena (figura 2). El número máximo de grullas se registró en la primera decena de noviembre y fue descendiendo hasta la primera decena de enero, cuando se observaron las últimas bandadas hacia el suroeste (figura 2). De las 41 temporadas de seguimiento, en 35 se pudo establecer la duración del paso otoñal, con un rango comprendido entre 6 y 90 días y una mediana de 44 días como valor normal de duración (tabla 1).

La migración primaveral se produjo, normalmente, entre la segunda decena de febrero y la primera de marzo, se alcanzó el máximo número de aves que emigraron en la tercera decena de febrero y se prolongó hasta la segunda decena de marzo (figura 2). Para 39 temporadas analizadas la duración del paso prenupcial dio como resultado una mediana de 9 días, con un rango comprendido entre 1 y 86 días. El paso que tiene lugar en esta época es más concentrado en el tiempo y, por tanto, más rápido que el de otoño.



Pasos	Nº total de días	Duración (nº de días)	Nº de observaciones positivas (%)	Nº total de individuos	Nº de bandadas	Ind/ban
Otoño	1568	44	202 (12,8 %)	20 289	264	77
Primavera	661	9	97 (14,6 %)	35 391	155	228

Tabla 1. Resumen del número total de días contabilizados durante los pasos de otoño y primavera en cuarenta y un temporadas, valor normal de la duración de los pasos, observaciones positivas en las que se detectan grullas y su porcentaje, número total de individuos anotados, bandadas en las que se han registrado el número de ejemplares y relación de individuos por bandada.

### 3.2. Caracterización fenológica

El periodo de treinta años 1991/92-2020/21 es el que se utilizó como referencia para comparar las anomalías halladas en la serie histórica completa. En él se obtuvo como valor normal de llegada el 22 de octubre, y el de partida el 28 de febrero (medianas respectivas). Para todo el periodo de estudio (1979-2023) se observó un adelanto promedio significativo de 22,5 días ( $df = 1$ ;  $\text{SumSq} = 1670,5$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,443$ ;  $n = 40$ ) en la fecha de llegada para el paso otoñal (figura 3). En cambio, no se ha observado una variación promedio significativa en la última fecha de partida para el paso primaveral ( $df = 1$ ;  $\text{SumSq} = 118,4$ ;  $P = 0,166$ ;  $R^2 = 0,050$ ;  $n = 40$ ; figura 4).

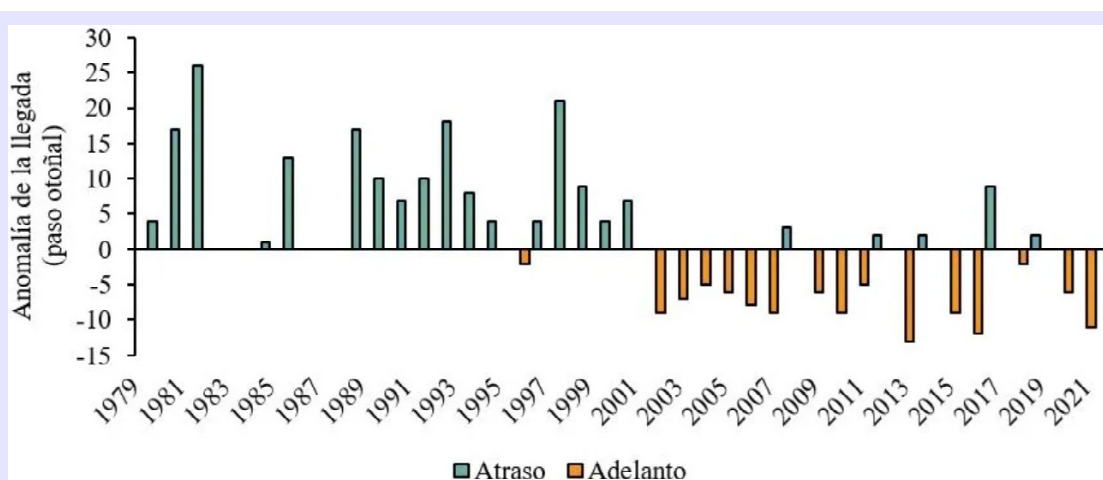


Figura 3. Anomalías de la llegada (en número de días) de las primeras bandadas de grulla común, que sobrevolaron el centro y sur de la Comunidad de Madrid, relativas al periodo 1991-2020. Se observó un adelanto promedio significativo de 22,5 días en la fecha de llegada para el paso otoñal.

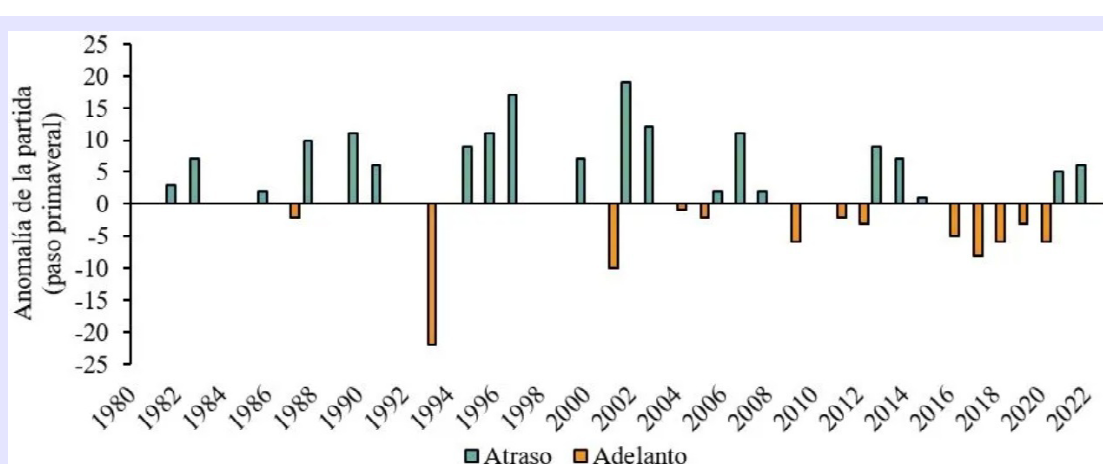
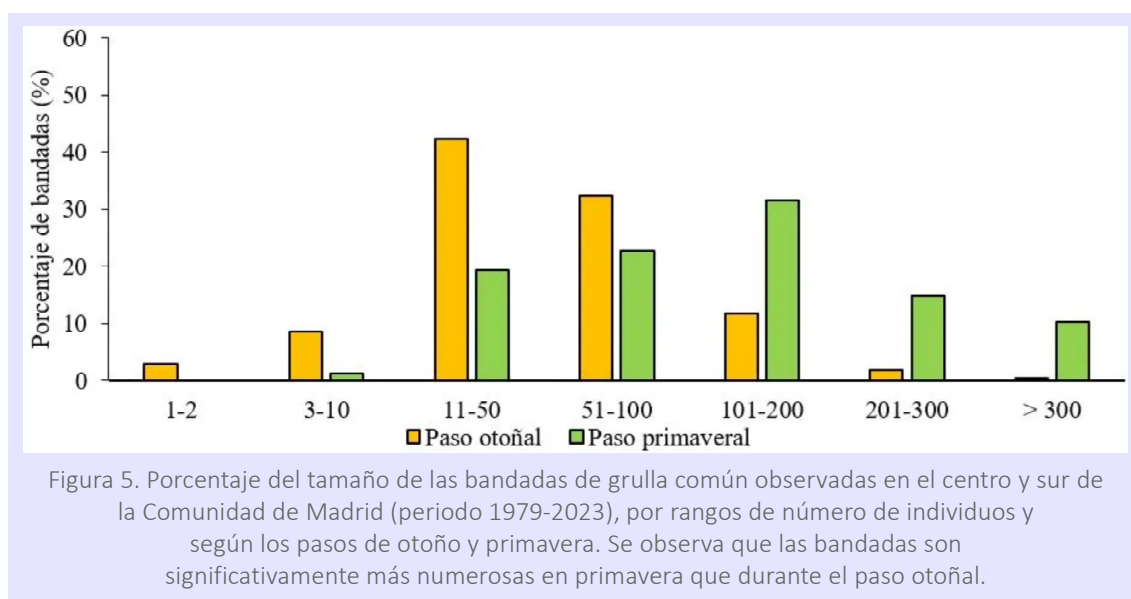


Figura 4. Anomalías de la partida (en número de días) de las últimas bandadas de grulla común, que sobrevolaron el centro y sur de la Comunidad de Madrid, relativas al periodo 1991-2020. No se observó una variación promedio significativa en la fecha de partida para el paso primaveral.

### 3.3. Tamaño de las bandadas

Se observaron diferencias significativas en el tamaño de las bandadas entre los pasos de otoño y primavera ( $\chi^2 = 102,3$ ;  $df = 6$ ;  $P < 0,001$ ), siendo estas últimas más numerosas. De hecho, entre el otoño de 1979 y la primavera de 2023 se observaron 264 bandadas en el paso otoñal, que contabilizaron un total de 20 289 ejemplares (36 % de los ejemplares contabilizados), y 155 bandadas en el paso primaveral, con un total de 35 391 individuos (64 %). Así, el promedio de individuos por bandada en el paso otoñal fue de 77 ejemplares frente a los 228 en el paso primaveral. El tamaño de las bandadas que se da con más frecuencia en otoño, que supone el 42 % del total, está comprendido entre once y cincuenta ejemplares (figura 1). En cambio, en primavera, con el 31 % de los casos, es para las bandadas comprendidas entre 101 y 200 individuos (figura 5). Las mayores bandadas se observaron casi siempre en primavera, con un registro excepcional de 980 ejemplares el 17 de febrero de 2017 en Valdemoro. A veces, en una misma jornada pudieron observarse miles de ejemplares en paso en muy poco tiempo, sobre todo en primavera. Por ejemplo, el 28 de febrero de 2010, en Valdemoro, se contabilizaron 4000 ejemplares, distribuidos en 20 bandadas, en menos de cincuenta minutos.



### 3.4. Horario de paso

Se observaron bandadas de grullas comunes a cualquier hora del día, e incluso por la noche, aunque esto fue mucho menos frecuente (seis bandadas; 1,6 % del total). Sin embargo, existieron diferencias significativas entre el horario de los pasos de otoño y primavera de las grullas en la Comunidad de Madrid ( $\chi^2 = 22,1$ ;  $df = 6$ ;  $P = 0,001$ ). Se observó que el horario de paso en otoño tuvo una distribución más homogénea que en el de primavera, cuya franja horaria más utilizada estuvo comprendida entre las 14 y 18, hora oficial peninsular; mientras que en primavera los pasos se concentraron entre las 16 y 18 (figura 6). Este ligero desfase probablemente se debió, por un lado, a que hay un mayor número de horas de sol entre mediados de febrero y principios de marzo que entre octubre



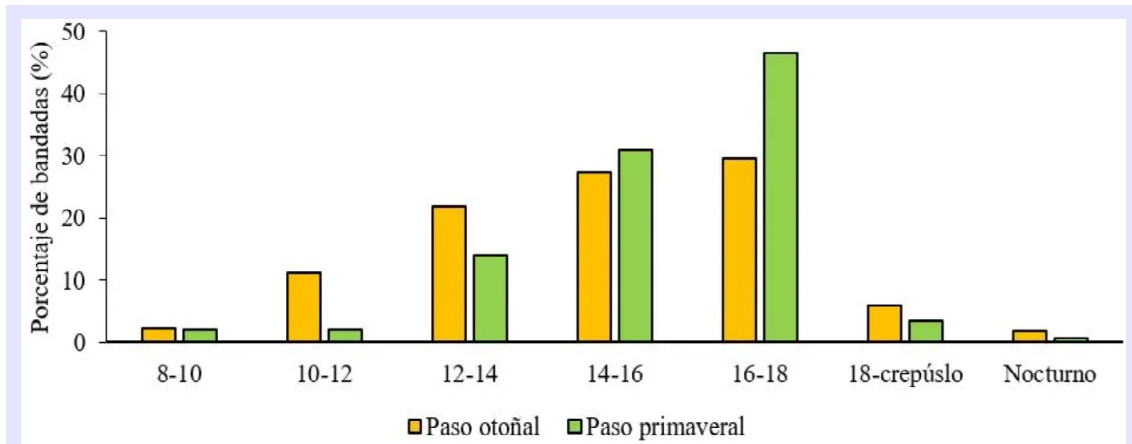


Figura 6. Horario de paso de las bandadas de grulla común que sobrevolaron el sur de la Comunidad de Madrid (periodo 1979-2023). Se encontraron diferencias significativas entre el horario de los pasos de otoño y primavera. Los valores se corresponden con la hora oficial peninsular.

y noviembre, y por otro, a que el Sol se pone más tarde entre febrero y marzo que entre octubre y noviembre. El 85 % de las aves pasaron entre el mediodía y antes del ocaso en otoño, mientras que en primavera fue el 95 % para la misma franja horaria.

### 3.5. Condiciones meteorológicas

Para un total de 299 días con observaciones de grullas en paso por la Comunidad de Madrid en el 69 % de los casos las condiciones meteorológicas fueron de cielo poco nublado o despejado, y con viento flojo o en calma (figura 1); en un 18 % el cielo permaneció nublado o muy nublado, mientras que en el 13 % restante el tiempo atmosférico estuvo con cielo cubierto, o con precipitaciones en forma de lluvia, y presencia de viento moderado.

## 4. Discusión

Según los datos de este estudio, las primeras aves en paso otoñal se observaron en octubre, aunque existen evidencias de individuos dispersos en la península ibérica en el mes de septiembre (ALONSO y ALONSO, 1988). En raras ocasiones, el 0,14 % de los individuos iniciaron el paso primaveral en la primera decena de enero. ALONSO y ALONSO (1988) señalan que las bandadas que comienzan a emigrar a finales de enero podrían proceder del norte de África (Marruecos).

Durante el paso otoñal el número de ejemplares que se observaron en las localidades descritas es bastante menor que en el de primavera. Esto probablemente se debería a que, aunque la llegada se prolongó más en el tiempo, la dispersión entre las áreas de permanencia en otoño es mayor. Por el contrario, en el paso primaveral las grullas tienden a concentrarse en determinados parajes que les sirven de punto de arranque en la migración, lo que haría acortar sensiblemente el número de días para realizarlo. De hecho, trabajos previos han sugerido que las aves migran más rápido en primavera que en otoño debido a la competencia por el orden de llegada a las áreas de reproducción y a factores ambientales como el incremento de horas de luz (NILSSON *et al.*, 2013).

Los resultados de este estudio mostraron un adelanto significativo en la fecha de llegada a los territorios de invernada. Estos resultados son congruentes con estudios anteriores que observaron un adelanto en los movimientos migratorios de diferentes especies de aves en el continente europeo (COTTON, 2003). Sin embargo, en este trabajo no se detectaron cambios en la fecha de partida, a pesar de que ORELLANA-MACÍAS *et al.* (2020) consideraron un adelantamiento promedio de un día cada tres años en la península ibérica. Esta tendencia indica que muy probablemente la fenología migratoria de la grulla común se está viendo afectada por el cambio climático global (COTTON, 2003). De hecho, un incremento en las temperaturas (AMBLAR, 2017; WMO, 2019; CHAZARRA, 2022; IPCC, 2022; MORATA *et al.*, 2022), así como una mayor disponibilidad de alimento, provocó que a finales de la década de 1970 se observaran las primeras grullas invernantes en algunos humedales de Las Landas francesas (RIOLS, 1987). En la actualidad, Francia acoge entre 30 000 y 50 000 grullas cada invierno, con un máximo de 68 000 aves en 2001 (PRIETA y DEL MORAL, 2008). Por otro lado, en las últimas décadas cada vez son más numerosas las grullas que se quedan a pasar el invierno en otras regiones más al norte como Bélgica (SYMENS, 1984), Alemania (PRANGE, 1991) e incluso Finlandia (SYMENS, 1984), donde los lagos permanecen más tiempo libres de hielo. Según el mapa de distribución propuesto bajo un escenario B2 de cambio climático para los últimos años del siglo XXI, la grulla común experimentaría una contracción en las áreas de reproducción, especialmente las del sur. Como consecuencia, se incrementaría la distancia promedio para alcanzar los actuales cuarteles de invernada y, por tanto, menos ejemplares invernantes alcanzarían la península ibérica (HUNTLEY *et al.*, 2007).

En lo referente al tamaño de las bandadas, en otoño, FERNÁNDEZ-CRUZ *et al.* (1981) dan como valor medio 49 aves, con un máximo de 639 individuos; mientras que para las de primavera dan una media de 117, con un máximo de 850. Estos resultados coinciden con nuestras observaciones, pues hemos visto que las bandadas de grullas que sobrevuelan el sur de la Comunidad de Madrid son significativamente más numerosas en primavera que durante el paso otoñal. SNOW y PERRINS (1998) añaden que son raros los grupos por encima de los 300 individuos, si bien, en este trabajo se encontró que el 4,1 % de las bandadas están constituidas por más de 300 ejemplares.

En cuanto al horario de vuelo de las bandadas en la migración otoñal, nuestros resultados son congruentes con estudios previos. ALONSO y ALONSO (1988) indican que la mayor parte lo realiza entre las diez y las dieciocho horas, si bien se ven a otras horas del día y de la noche. Sin embargo, este trabajo muestra además diferencias significativas en la distribución de los horarios de vuelo de la grulla entre los pasos de otoño y primavera.

Como conclusión, este estudio pone en valor las observaciones fenológicas prolongadas durante varias décadas (CANO-BARBACIL y CANO, 2019). Cuarenta y un años de observaciones han permitido conocer los patrones migratorios de la grulla común en la Comunidad de Madrid, así como los cambios temporales en las fechas de llegada y partida. Este tipo de estudios es fundamental para evaluar los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad, así como para predecir sus posibles consecuencias.

## Bibliografía

ALONSO, J. A. y ALONSO, J. C., 1988. Invernada de la grulla común (*Grus grus*) en la península ibérica. En: J. L. Tellería (ed.). Invernada de aves en la península ibérica: 123-136. Monografía nº 1. SEO.

ALONSO, J. A. y ALONSO, J. C., 1990. Distribución y demografía de la grulla común en España. Madrid: Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza.

ALONSO LÓPEZ, J. C., ALONSO LÓPEZ, J. A., CANTOS, F. J. y BAUTISTA, L. M., 1990. Spring crane *Grus grus* migration through Gallocanta, Spain. II. Timing and pattern of daily departures. *ARDEA*, 78: 379-388.

AMBLAR, P., CASADO, M. J., PASTOR, A., RAMOS, P. y RODRÍGUEZ, E., 2017. Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España. A partir de los resultados del IPCC-AR5. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

BAUTISTA, L. M., 2014. Grulla Común – *Grus grus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Morales, M. B. (Ed.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>.

CANO-BARBACIL, C. y CANO SÁNCHEZ, J., 2019. El importante papel de las series largas en fenología. *Calendario meteorológico 2020*: 322-328.

CHAZARRA, A., LORENZO, B., ROMERO, R. y MORENO, J. V., 2022. Evolución de los climas de Köppen en España en el periodo 1951-2020. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Madrid.

COTTON, P. A., 2003. Avian migration phenology and global climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100: 12219-12222.

FERNÁNDEZ-CRUZ, M. (compilador), 1981. La migración e invernada de la Grulla común (*Grus grus*) en España. Resultados del proyecto Grus (Crane Project). *Ardeola*, 26-27: 5-164.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2022. Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. WMO.

HUNTLEY, B., GREEN, R. E., COLLINGHAM, Y. C. y WILLIS, S. G., 2007. A climatic atlas of European breeding birds. Durham University. The RSPB y Lynx Edicions. Barcelona.

LEITO, A., BUNCE, R. G. H., KÜLVIK, M., OJASTE, I., RAET, J., VILLOSLADA, M. y SEPP, K., 2015. The potential impacts of changes in ecological networks, land use and climate on the Eurasian crane population in Estonia. *Landscape Ecology*, 30(5): 887-904.

MOOSER, R. y WOUTERSEN, K., 2015. Grullas sobre Huesca, primavera 1980-2015. Boletín n.º 11, [avesdehuesca.com](http://avesdehuesca.com), Grupo Ornitológico Oscense: 4-64.

MORATA, A., ROMERO, R., CHAZARRA, A., HUARTE, M., NÚÑEZ, J. A., RODRÍGUEZ, C., DE CARA, J. A., DEL CAMPO, R., RIVAS, P. P., MORA, M. A., SÁNCHEZ-LAULHÉ, J. M. y GARCÍA, M. A., 2022. Informe sobre el estado del clima de España. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Madrid.

NILSSON, C., KLAASSEN, R. H. y ALERSTAM, T., 2013. Differences in speed and duration of bird migration between spring and autumn. *The American Naturalist*, 181: 837-845.

OJASTE, I., LEITO, A., SUORSA, P., HEDENSTRÖM, A., SEPP, K., LEIVITS, M., SELLI, U. y VÄLI, Ü., 2020. From northern Europe to Ethiopia: long-distance migration of Common Cranes (*Grus grus*). *Ornis Fennica*, 97(1): 12-25.

OMM, 2017. Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas. OMM-Nº 1203. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra.

OMM, 2018. Guía de prácticas climatológicas. OMM-N.º 100. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra.

OPELLANA-MACÍAS, J. M., BAUTISTA, L. M., MERCHÁN, D., CAUSAPÉ, J. y ALONSO, J. C., 2020. Shift in crane migration phenology associated with climate change in southwestern Europe. *Avian Conservation & Ecology*, vol. 15 (1): 16. <https://doi.org/10.5751/ACE-01565-150116>.

PRANGE, H., 1991. Migration and resting of the Common Crane (*Grus grus*) in East Germany in 1988. *Vogelwarte*, 36: 35-47.

PRIETA, J. y DEL MORAL, J. C., 2008. La grulla común invernante en España. Población en 2007 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.

PRIETA, J. y DEL MORAL, J. C., 2012. Grulla común (*Grus grus*). En, SEO/BirdLife: Atlas de las aves en invierno en España 2007-2010, pp. 212-213. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente-SEO-BirdLife. Madrid.

RIOLS, C., 1987. Wintering of Common Crane in France. *Aquila*, 93: 115-122.

ROMÁN, J. A. (coord.), 2020. Fenología y distribución de la grulla común (*Grus grus*) en España. 2019/2020.

SEO/BIRDLIFE, 2012. Análisis preliminar del banco de datos de anillamiento de aves del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, para la realización de un atlas de migración de aves de España. SEO/BirdLife-Fundación Biodiversidad. Madrid.

SNOW, D. W. y PERRINS, C. M., 1998. The Birds of the Western Palearctic. Concise Edition. Volume 1. Non-Passerines. Oxford University Press.

SYMENS, D., 1984. Massale doortrek van Kraanvogels *Grus grus* over Vlandern tijdens het najaar 1982. *Wielewaal*, 50: 55-65.

WMO, 2019. The Global Climate in 2015-2019. World Meteorological Organization. Geneva, Switzerland.

WOUTERSEN, K., 2020. La grulla *Loode* cruza los Pirineos a 3700 metros de altitud. *Quercus*, 412: 49.

Artículo publicado en el [Calendario meteorológico 2024](#).



## DEL CUADRO AL CLIMA: «VISTA DE ZARAGOZA», DE J. B. DEL MAZO

María Edilia Miranda Suárez  
Servicios centrales de AEMET



(publicado en el blog de AEMET  
el 17 de febrero de 2024)

*El cuadro «Vista de Zaragoza» fue pintado en 1647 por Juan Bautista Martínez del Mazo. En este artículo se revisa la información que se puede extraer del estudio de su cielo y de su puente intentando dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿qué momento del día quiso reflejar Mazo en el cuadro?; ¿intentó Mazo dar información no meteorológica a través del cielo?; ¿por qué colapsó el puente?; ¿qué relación tiene el colapso del puente con el clima de la época?*



Vista de Zaragoza. Juan Bautista Martínez del Mazo. 1647. Óleo sobre lienzo. 181 x 331 cm.  
<https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/vista-de-zaragoza/42f710b7-b3e1-4a51-90f0-e02b7acccf7c>.

Desde el punto de vista meteorológico, una manera clásica de estudiar el cielo de un cuadro es a partir de la identificación de los meteoros presentes. Sin embargo, en el caso de la «Vista de Zaragoza», el estudio técnico del cuadro, y por tanto de su cielo, permite descubrir los problemas que pueden surgir si el análisis de los meteoros se ciñe a realizar, únicamente, un análisis visual del cuadro.

Cronológicamente, el cielo fue pintado por Mazo incluyendo tres motivos dispuestos horizontalmente sobre el mismo. Estos motivos representaban, de izquierda a derecha, el escudo del Reino de Aragón, una imagen de la Virgen del Pilar y el escudo de la ciudad de Zaragoza y su inclusión es habitual en las representaciones topográficas de la época; de hecho, el propio Mazo utiliza una composición similar en su «Vista de Pamplona». Aunque los tres motivos formaron parte del estado final del cuadro —la precisión en su trazo indica que llegaron a estar completamente acabados— fueron posteriormente ocultados. El estudio técnico del cuadro permite acotar cronológicamente su eliminación de la composición final. Esta se llevó a cabo mediante un aparente lijado de la superficie —incluyendo el enrase de la misma en torno al manto para evitar que se notara el relieve de las pinceladas del mismo— y un posterior repinte del cielo. Como motivo de su ocultación se barajan razones compositivas: los tres motivos pesan mucho en la obra y desequilibran la composición. Con su eliminación, el amplio cielo permite centrar la atención en la ciudad, tema principal del cuadro.

Entre 1772 y 1789, se realiza una ampliación del cuadro siendo el añadido correspondiente a la zona del cielo el de mayor tamaño y antigüedad, además del único cosido a la tela original. Este añadido rompió la composición original que Mazo había buscado.



En una fotografía de Jean Laurent (1865-67) se distinguen los añadidos y un cielo luminoso y lleno de nubes. Este se sigue viendo en una fotografía posterior de Isaac Lévy (1890-1900). Sin embargo, una fotografía posterior de Mariano Moreno pero en el mismo intervalo de tiempo que la fotografía de Lévy muestra un cielo más opaco y plano. Este cambio repercutiría en la disposición lumínica y espacial del cuadro. ¿A qué se debe este cambio en el cielo?



Museo del Prado, vista de la sala de Velázquez. Fotografía de José Lacoste y Borde. 1907-1915. Papel fotográfico, 178 mm x 237 mm.

<https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/museo-del-prado-vista-de-la-sala-de-velazquez/709dea44-1fca-4648-b301-31ac88fc5e02>.

A finales del siglo XIX, se realiza un estudio técnico y una restauración del cuadro. Durante el mismo, se eliminaron los barnices y repintes y salió a la luz la composición de los tres motivos anteriormente mencionados. Aunque se pretendía dejar al descubierto la Virgen del Pilar, esta estaba parcialmente borrada por lo que se cubrió de nuevo con una nueva capa de repinte y barniz que dieron al cielo el aspecto opaco que se acaba de mencionar.

En 2014, y tras un estudio técnico del cuadro, se devuelven al cuadro tanto sus dimensiones originales como el cielo original. Para llevar a cabo la reintegración del mismo se utilizó el estudio infrarrojo del cielo que permitía ver la ubicación de las nubes originales que Mazo había pintado antes de cubrir los tres símbolos (escudos y Virgen del Pilar). Desde hace más de cien años, es en este momento en el que el estudio de la luz y los fotometeoros presentes en el cielo permite conocer qué momento del día pretendió plasmar Mazo en el cuadro. La ciudad está descrita desde el norte y las sombras se proyectan de izquierda a derecha lo que indica que el sol se encuentra en el este y la escena está teniendo lugar al amanecer. Este hecho se ve reforzado por la presencia de arboles en la parte izquierda del cielo.

## El puente de Piedra

---

A su paso por Zaragoza, el río Ebro ha tratado de avanzar por su zona inundable. Esto queda patente en las grandes crecidas durante las cuales intenta su avance hacia su margen izquierdo. En ellas, el río Ebro puede llegar a alterar la arquitectura de la ciudad tal y como sucedió en la inundación de 1643 y cuyo efecto sobre el puente de Piedra quedó recogido en el cuadro que nos ocupa. Una de las descripciones que se pueden leer de este acontecimiento se narra en una carta de D. Pablo de Eusa y Escárte al Marqués de Almonacid y Conde de Pavías, Antonio Jiménez de Urrea y Enríquez, hijo de los Condes de Aranda. En la carta se describe cómo el 18 de febrero, Miércoles de Ceniza, amaneció sereno y claro y a las seis de la mañana aumentó la corriente del río. Sobre las diez y media, comenzó a crujir el puente de madera y el río se llevó los cinco arcos. Se paró la misa que estaba teniendo lugar en la Catedral —a la que asistían los Jurados de la ciudad junto con gente notable de la misma— y decidieron llevar al Santísimo Sacramento hasta el puente de Piedra para calmar las aguas. Sin embargo, las aguas siguieron creciendo y la comitiva hubo de retirarse, al tiempo que se vio uno de los arcos del puente abierto. El resultado final fue la caída de dos arcos que, junto con la desaparición del puente de madera cortó las comunicaciones entre ambos márgenes del río teniendo que realizarse esta de forma provisional mediante barcas. Hacia las tres de la tarde, el Ebro parece alcanzar su nivel más alto volviendo a su cauce normal el 20 de febrero. El estado final del puente de Piedra es el que aparece en la «Vista de Zaragoza».

Los Jurados de la ciudad procedieron rápidamente a la reconstrucción del puente de madera que fue inaugurado en 1644 por el rey Felipe IV a su paso por la ciudad. La restauración del puente de Piedra llevó más tiempo, no siendo inaugurado hasta 1659.

## Contexto climático

---

El carácter histórico de este evento obliga a recurrir a fuentes indirectas para su estudio climático. En este caso, se pueden utilizar fuentes documentales y dendroclimáticas (estudio del clima a partir del estudio de los anillos de los árboles). Por un lado, el análisis de fuentes documentales conlleva el estudio de los archivos eclesiásticos y municipales. En concreto, se pueden estimar periodos de sequía y su frecuencia a partir de las anotaciones de fenómenos hidrometeorológicos de la época y de los registros de las ceremonias de rogativas *ad petendam pluviam*, es decir, de petición de lluvia. Por otro lado, los análisis dendroclimáticos han permitido corroborar las conclusiones obtenidas en los estudios documentales y realizar reconstrucciones pluviométricas al respecto. Los resultados obtenidos en los estudios realizados para la depresión del Ebro tienden a calificar el siglo XVII como uno de los más duros de la Pequeña Edad de Hielo en la península ibérica. Las principales características son un descenso de temperaturas y la persistencia de nevadas. Particularmente, entre 1641 y 1654 se observa una época de sequía con interrupciones de años algo más lluviosos; más específicamente, a los prolongados periodos de sequía se contraponen episodios de lluvias intensas que provocaron inundaciones y graves destrozos de obras públicas. Así, el río Ebro registró varias riadas en esta época, siendo la ocurrida en Zaragoza en 1643 y aquí descrita, la más destacada.



## Conclusión

---

Como se ha visto, el uso del cielo en esta obra no es únicamente estético o meteorológico, sino que intenta, en primera instancia, transmitir aspectos propios de la ciudad luego ocultados. Se utiliza incluso para cambiar las dimensiones del cuadro con la introducción de un añadido en su zona. El último estudio técnico, realizado en 2014, deja patente la necesidad de conocer la biografía del cuadro antes de intentar establecer si la información meteorológica que se puede extraer del mismo es la que pretendía transmitir el pintor o bien es fruto de intervenciones posteriores. En cuanto al puente, se ha visto cómo el estudio del mismo puede llevar a plantearnos el porqué de su colapso y si este se debió a un episodio aislado o dentro de un contexto climático que lo explique, como ha sido el caso.

## Bibliografía

---

GALVÁN, R., 2018. Cuatro Grandes Inundaciones Históricas del Ebro en la Ciudad de Zaragoza: 1643, 1775, 1871 y 1961. *Papeles de Geografía*, nº 64, 7-25.

PORTÚS PÉREZ, J., GARCÍA MÁRQUEZ, J. y ÁLVAREZ-GARCILLÁN, M<sup>a</sup>, 2015. La Vista de Zaragoza, de Juan Bautista Martínez del Mazo. Notas al hilo de su restauración, *Boletín del Museo del Prado*, XXXIII, pp. 60-77 f.1,2,4-7.

VERA, J. F., OLCINA, J. y HERNÁNDEZ, M. (eds.), 2016. Paisaje, cultura territorial y vivencia de la Geografía. Libro homenaje al profesor Alfredo Morales Gil. San Vicente del Raspeig: Publicaciones de la Universidad de Alicante. ISBN 978-84-16724-03-1, pp. 923-933.

## Webgrafía

---

CUADRAT, J., ALFARO, F. et al., 2016. La sequía de mediados del siglo XVII en el valle del Ebro. Características climáticas e impacto social del evento. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/58789> [acceso el 17 de enero de 2024].

PORTÚS, J. y ÁLVAREZ-GARCILLÁN, M., 2015. Vista de la ciudad de Zaragoza [Conferencia]. Museo del Prado, Madrid. Conferencia: «Vista de la ciudad de Zaragoza», de Martínez del Mazo – YouTube [acceso el 17 de enero de 2024].

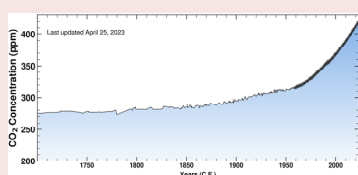
## EL EFECTO INVERNADERO: DESCRIPCIÓN Y DESCUBRIMIENTO

David Quintero Plaza

Delegación territorial de AEMET en Canarias



(publicado en el blog de AEMET  
el 18 de febrero de 2024)



Como es sabido, el efecto invernadero es la causa del calentamiento global. Siguiendo la tradición filosófica escolástica se puede hablar de una «causa primera» (la causa de la causa) que origina el efecto invernadero, esta sería la acumulación del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) producido por la actividad humana. Puede trazarse el origen de la idea de lo que es el efecto invernadero a hace más de doscientos años, cuando el sabio francés Joseph Fourier sugirió que la atmósfera retiene parte del calor. Tras él vinieron otros momentos clave, como los experimentos de John Tyndall y de la recientemente recuperada del olvido Eunice Foote. Las colaboraciones de Arrhenius y Callendar, junto a otros, contribuyeron a apuntalar el concepto. En este artículo se explicará lo que es el efecto invernadero de forma accesible y se tratará la historia del término, con especial énfasis en su descubrimiento.

### El efecto invernadero: descripción sucinta

#### Explicación del efecto invernadero

La Tierra recibe radiación del Sol. Parte de esta radiación es absorbida por diversos componentes del planeta (la superficie, las nubes...) y parte es emitida de nuevo al espacio. Cuanta más radiación se emite al espacio, más se enfría la Tierra. Ciertos gases, llamados gases de efecto invernadero, tienen la propiedad de ser casi transparentes para la radiación solar incidente, pero en cambio bloquean bien la radiación emitida por la propia Tierra, impidiéndola escapar. Esto es debido a que la radiación emitida por la Tierra está sobre todo en el rango del infrarrojo, mientras que la solar viene en el visible y el ultravioleta, en su mayor parte. El funcionamiento es similar al de un invernadero que no deja escapar el calor porque el techado de plástico bloquea la radiación saliente infrarroja.

La explicación anterior, que describe lo básico, omite aspectos como los flujos no solo de radiación, sino también de convección, o las transferencias de calor latente. Se puede ser más preciso siguiendo a BENESTAD (2017). Para este autor, el efecto invernadero puede definirse como la explicación a la discrepancia entre la temperatura que debiera tener un planeta en base a la energía recibida del Sol y la temperatura observada. En el caso de la Tierra, atendiendo a la energía que recibe del Sol y a la que refleja, la temperatura debiera ser de unos  $-18^\circ\text{C}$ . Sin embargo, lo observado en la superficie, en promedio, es de unos

15 °C. Hay una diferencia de más de 30 °C, que sería explicada por los gases de efecto invernadero, demostración clara de su importancia.

En la troposfera, la temperatura desciende con la altura (salvo en algunas situaciones, llamadas inversiones, que son capas de extensión limitada). Con un perfil vertical típico de la atmósfera puede hallarse la altura a la que se encontraría la temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , que es de unos 6,5 km sobre el nivel del mar. A esta altura tiene la Tierra la temperatura «que debiera tener» según el modelo basado en el equilibrio de flujos de energía entrantes y salientes. Se dice (BENESTAD, 2017) que es a esa altura donde se emite el grueso del calor excedente que hay en superficie, y de hecho las medidas realizadas así lo confirman.

Hasta llegar a esa altura de emisión, la radiación, de tipo infrarrojo, rebota, es absorbida, cambia de dirección, etcétera. Cuando hay más gases de efecto invernadero, estos fenómenos se incrementan, dando lugar a un exceso de radiación infrarroja que calienta la atmósfera. Esto produce un aumento de la altura efectiva de la isoterma de  $-18^{\circ}\text{C}$ , por encima de los 6,5 km. Por lo tanto, todo lo que queda debajo, superficie incluida, está a mayor temperatura.

Una ventaja que tiene esta forma de pensar el efecto invernadero es que, siendo esquemática, no reduce todo a una cuestión de radiación, sino que incluye implícitamente los fenómenos de convección y advección. Esto es debido a que, en una atmósfera con más gases de efecto invernadero, el flujo de energía térmica avanza hacia la altura de emisión no solo por radiación sino también por convección. De hecho, la radiación tiene ciertas dificultades para avanzar debido a los continuos procesos de rebote, absorción, redirección, etc. antes mencionados. (A esto se lo conoce técnicamente como un camino óptico más reducido). Por tanto, la convección juega un papel para el transporte de esta energía.

Otra de las ventajas de esta descripción es que también de forma implícita incluye el comportamiento de las bandas de emisión y absorción de las moléculas de  $\text{CO}_2$ , algo que en última instancia queda descrito por la mecánica cuántica. El modelo conceptual propuesto (BENESTAD, 2017) incluye el paradigma de las propiedades moleculares.

Hay muchos gases de efecto invernadero, el vapor de agua es el más importante, pero sus flujos se ajustan de manera natural ya que hay un límite a la cantidad de vapor de agua que puede captar el aire (de lo contrario, tiende a precipitar). Los otros gases más relevantes son el  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) y el  $\text{CH}_4$  (metano, que es algo más de veinte veces más intenso que el  $\text{CO}_2$  generando el efecto invernadero, aunque afortunadamente hay menos cantidad de él que de  $\text{CO}_2$ ). En la figura 1 se aprecian las regiones de infrarrojo en las que el vapor de agua y el  $\text{CO}_2$  absorben.

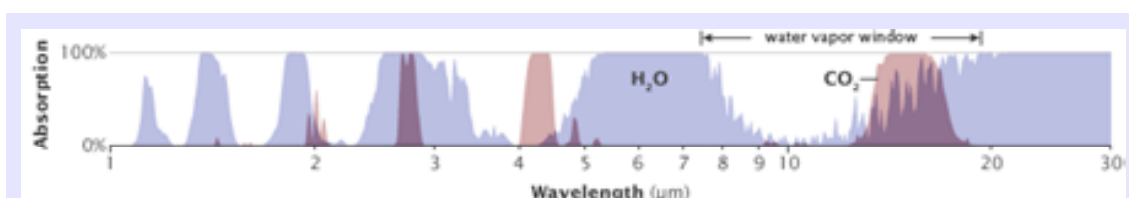


Figura 1. Regiones de absorción del vapor de agua (azul) y del  $\text{CO}_2$  (rosa).

La escala de la longitud de onda (eje horizontal) es logarítmica.

[De NASA, Robert Rohde; <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/page7.php>, NASA Earth Observatory, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32288093>].

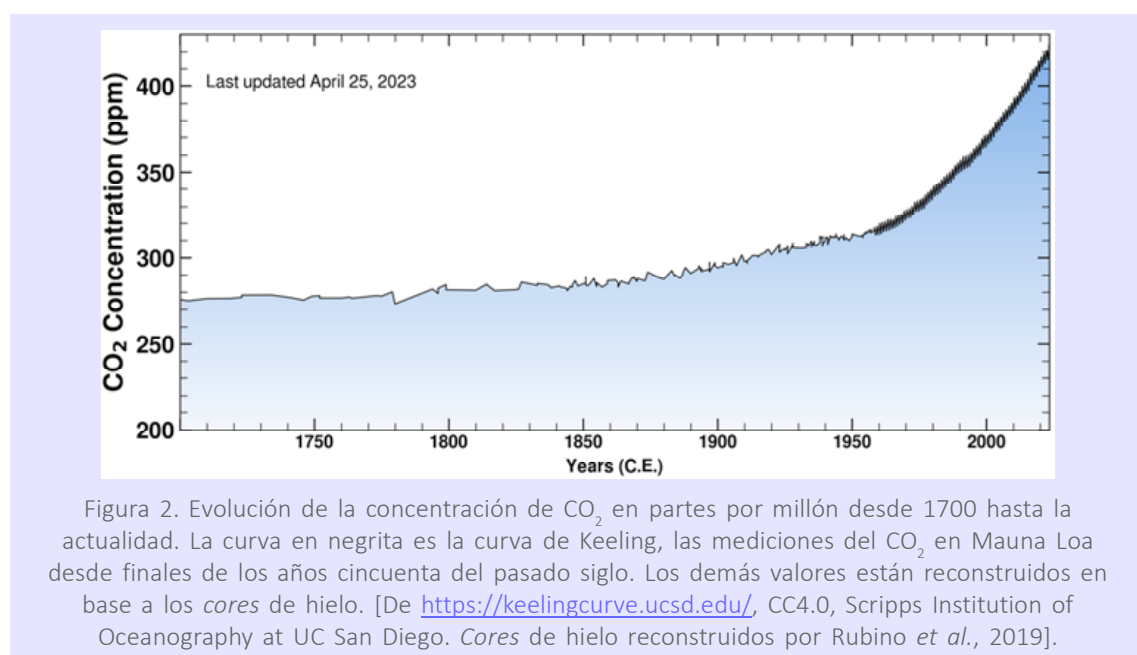
Se dice que el  $\text{CO}_2$  cierra parte de la ventana del vapor de agua, una región entre 12 y 15  $\mu\text{m}$  de longitud de onda donde el vapor de agua es transparente al infrarrojo pero el  $\text{CO}_2$  no. Y es justo en esa zona donde la Tierra emite el grueso de su radiación infrarroja. Cuanto más  $\text{CO}_2$ , más efectivo es el cierre de la ventana del vapor de agua.

### La estratosfera ante el incremento del $\text{CO}_2$ y refutación de algunos argumentos negacionistas

El calentamiento, por tanto, tiene lugar en la troposfera, que llega a unos 18 km de altura en los trópicos, y a unos 9 km en los polos, en promedio. En la estratosfera, en cambio, se produce un enfriamiento. Las dos principales características de la estratosfera son su muy baja densidad y que, a diferencia de la troposfera, la temperatura asciende con la altura, debido a la absorción de energía ultravioleta por parte de la capa de ozono, la cual se sitúa en la estratosfera.

Las moléculas de  $\text{CO}_2$  llegan también a la estratosfera; sin embargo, allí su comportamiento es diferente al de la troposfera. Como se mencionaba, en la estratosfera la densidad es muy baja, así que los continuos rebotes, absorciones y reemisiones de infrarrojos apenas suceden. En cambio, las moléculas de  $\text{CO}_2$  presentes en la estratosfera, calentadas en su paso por la troposfera, pueden irradiar la energía térmica sin apenas obstáculos. Por lo tanto, cuanto más  $\text{CO}_2$  haya en la estratosfera, más irradian estas moléculas y más se enfría esta capa.

Este efecto fue predicho en los años setenta por los modelos climáticos de Suki Manabe y Richard Wetherald (PALMER, 2022). Estas predicciones fueron confirmadas experimentalmente. El hecho de que la troposfera se caliente y la estratosfera se enfríe es una refutación de la postura de que el cambio climático se debe al Sol, ya que de ser así toda la atmósfera en su conjunto se calentaría; solo mediante la acción de gases de efecto invernadero se explica lo que se observa. (Además de que desde mediados de los ochenta la actividad solar ha ido en contra del incremento de la temperatura en la Tierra (LOCKWOOD y FRÖHLICH, 2007)). Los gases de efecto invernadero han aumentado progresivamente desde el comienzo de la actividad industrial humana (figura 2).



## La intuición de Joseph Fourier

---

Jean Baptiste Joseph Fourier nació en Francia en 1768 y tuvo una infancia difícil, marcada por el fallecimiento de seis de sus trece hermanos y una temprana orfandad, a los ocho años. Fue adoptado y pudo acceder a una adecuada formación académica, en la que destacó en física y matemáticas. Tuvo como profesores a Lagrange y Laplace y se convirtió él mismo en docente. Sin embargo, su vida distó mucho de la del típico académico tranquilo. Acompañó a Napoleón (de quien era amigo) en la expedición a Egipto, territorio del que llegó a ser gobernador. Fourier fue también miembro de la policía secreta, obtuvo los títulos de barón y prefecto y estuvo dos veces en prisión por sus ideas. Como afirma (FLEMING, 1999) su fortuna «ascendía y bajaba con las mareas políticas».

Su gran contribución es lo que hoy se conoce como series de Fourier, que permiten descomponer funciones en sumas de senos y cosenos, herramienta analítica de gran potencia. En física encontró la ecuación diferencial que rige la difusión del calor y la resolvió con su método de serie de Fourier. De Egipto se trajo la piedra Rosetta, elemento clave usado por Jean François Champollion para descifrar los jeroglíficos.

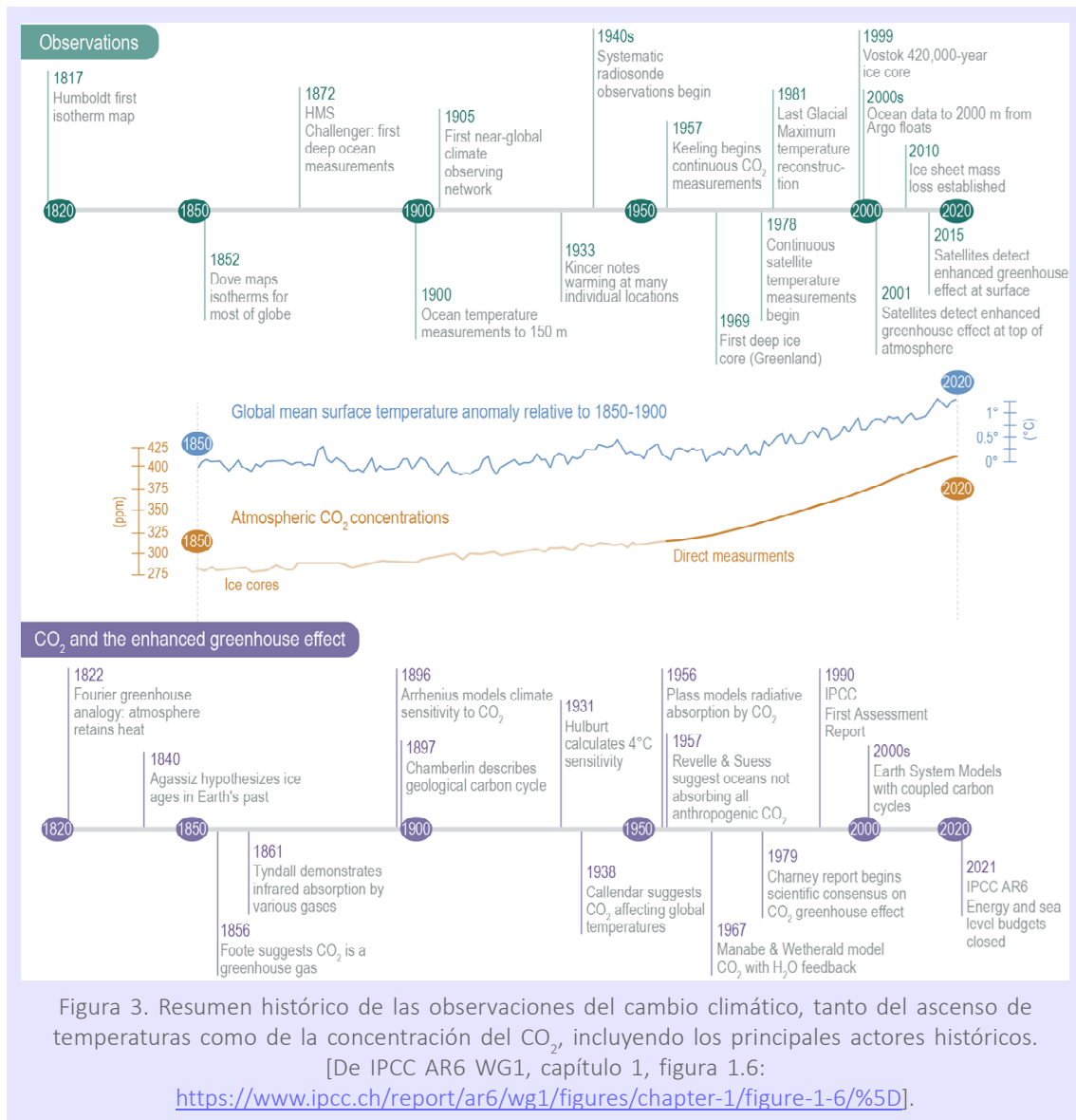
Según refiere (FLEMING, 1999), Fourier conocía los experimentos de Horace Benedict de Saussure con un instrumento llamado helietermómetro, una caja con varios vidrios separados por aire que medía las temperaturas producidas por la radiación solar, sin que afectara la ventilación. Se pudo comprobar que la temperatura era más alta en los espacios más interiores de la caja (más pegados al fondo). Esto parece que le dio a Fourier la idea de que la atmósfera terrestre podría ser como un gran helietermómetro, en el que la radiación del Sol y las estrellas atravesaba fácilmente los vidrios, pero el calor reemitido tenía dificultades para escapar. Aunque Fourier no compara directamente el efecto con el de un invernadero, sí parece que captó la esencia básica del comportamiento de la atmósfera con relación al calor.

## John Tyndall y Eunice Foote

---

La historia del descubrimiento y refinamiento del concepto del efecto invernadero es más larga y compleja de lo que este breve artículo cuenta (figura 3). En la historia de la Física ha habido veces en que una única persona lo hace todo, como pudo ser el caso de Einstein y la Relatividad, pero estas coyunturas son la anomalía. Habitualmente es el trabajo de muchas personas el describir con precisión un fenómeno desconocido. Fueron bastantes los actores implicados en el desarrollo del efecto invernadero, dos de los que destacan son John Tyndall y Eunice Foote.

Eunice Foote fue la primera persona en sugerir que el  $\text{CO}_2$  era un gas de efecto invernadero. Realizó unos experimentos, con material casero, en el que aisló algunos de los gases constituyentes de la atmósfera y los colocó tanto en exposición directa al sol como a la sombra, midiendo luego su temperatura. Comprobó que por su capacidad de retener el calor destacaba especialmente el  $\text{CO}_2$ . Estos resultados se presentaron en un congreso de la AAAS (Asociación Americana para el Avance de la Ciencia) en 1856, aunque no los expuso la propia Foote, sino un profesor amigo suyo, Joseph Henry. El descubrimiento de Foote se publicó en un breve artículo de *The American Journal of Science and Arts* de la AAAS, con el mismo título que en la conferencia: *Circumstances affecting the heat of the sun's rays* (figura 4).



Foote incluso aventuró la explicación de que si en épocas pasadas, como algunos pensaban, la cantidad de CO<sub>2</sub> hubiese sido mayor, necesariamente eso habría llevado a que la Tierra estuviese más caliente.

El trabajo de Foote quedó relegado al olvido pronto, en gran parte por su condición de mujer; era habitual que las mujeres tuvieran restringida su actividad científica y que se las citase menos. Además, no era una profesional, sino que había realizado sus experimentos en casa. La figura de Foote comenzó a reivindicarse a finales del pasado siglo, y ha adquirido fuerza en tiempos recientes. Además de su actividad científica, Foote fue una de las primeras feministas, una activa defensora de los derechos de las mujeres y una de las impulsoras de la Convención de Seneca Falls de 1848, donde se exigían más derechos para las mujeres, como el poder votar, afiliarse a un partido o presentarse a cargos públicos.

Los experimentos de John Tyndall, tres años después de los de Foote, fueron esencialmente iguales, aunque más precisos (también disponía de más medios). El gran avance de



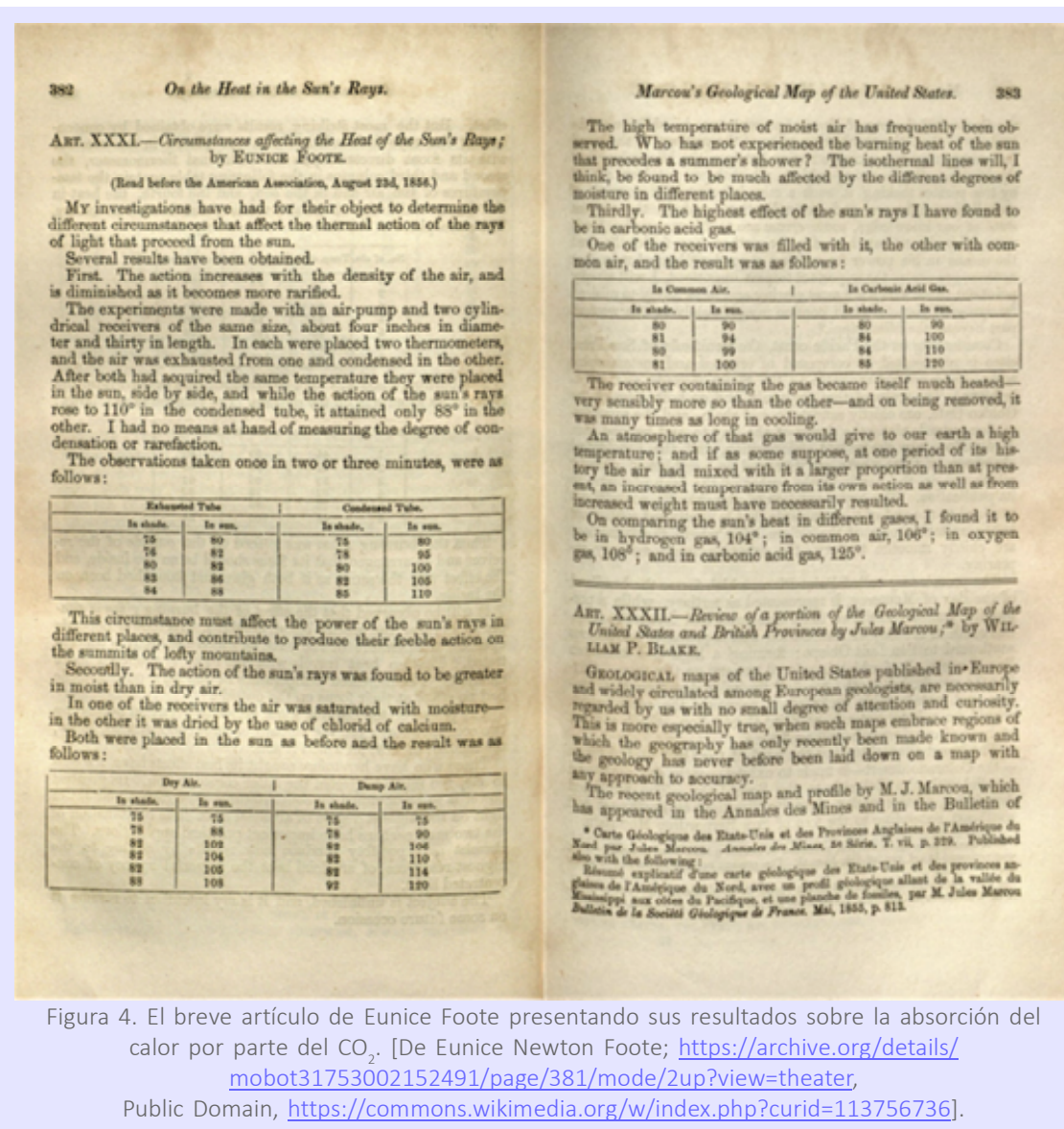


Figura 4. El breve artículo de Eunice Foote presentando sus resultados sobre la absorción del calor por parte del CO<sub>2</sub>. [De Eunice Newton Foote; <https://archive.org/details/mobot31753002152491/page/381/mode/2up?view=theater>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=113756736>].

Tyndall fue el apelar, de forma correcta, a la radiación infrarroja como la transmisora de esa energía térmica que algunos gases retenían de forma efectiva. Tyndall comprobó la importancia del vaj oportunidad de formarse con Robert Bunsen y Heinrich Gustav Magnus (el de la fórmula semiempírica de Magnus para calcular la tensión de vapor de saturación, usada en meteorología), dos de los grandes físicos experimentales del siglo XIX. El trabajo de Tyndall se consolidó con las deducciones teóricas de Svante Arrhenius.

### Svante Arrhenius y Guy Callendar

Se dice que fue el sueco Svante Arrhenius, premio Nobel de Química, quien creó el término «efecto invernadero». Lo hizo en un artículo de 1896, en el que no solo trazaba la analogía con un invernadero que acumula calor, sino que calculó de forma teórica el incremento de temperatura cuando se duplicaba la concentración de CO<sub>2</sub>. Arrhenius calculó



primero lo que se conoce como forzamiento radiativo, esto es, el desequilibrio entre la radiación incidente y la saliente, que tiene la forma

$$\Delta F = \alpha \ln(C/C_0).$$

Donde  $\Delta F$  indica el cambio en el forzamiento radiativo en  $W/m^2$ ,  $C$  es la nueva concentración de  $CO_2$  y  $C_0$  la concentración de partida,  $\alpha$  es una constante (WALTER, 2010). De aquí se puede calcular el incremento de temperatura usando una ley física llamada ley de Stefan-Boltzmann.

Sin embargo, el sistema climático es más complejo y no solo influye el aumento de la temperatura calculado tras duplicar la concentración de  $CO_2$  y aplicar la ley de Stefan-Boltzmann. También intervienen las realimentaciones o *feedbacks*, es decir, que no solo hay que calcular el incremento de temperatura debido a doblar el  $CO_2$ , sino también los efectos que este incremento de temperatura tiene en otras variables que a su vez influyen en la temperatura. De forma general, se escribe una relación lineal entre forzamiento y aumento de temperatura,  $\Delta F = (1/\lambda) \Delta T$ , donde a  $\lambda$  se le llama «sensibilidad climática». (Hay que tener en cuenta que en muchas ocasiones se define la sensibilidad climática de otra forma: como el incremento, en grados, de la temperatura cuando se duplica la concentración de  $CO_2$  con respecto a niveles preindustriales).

Arrhenius calculó que doblar el  $CO_2$  desde los niveles casi preindustriales en los que él vivió conllevaría un incremento de 5 a 6 °C (WALTER, 2010), aunque luego lo redujo un poco. El IPCC da un rango de aumento de temperaturas de entre 2 y 5 °C, con unos 3 °C como el valor más probable (IPCC, 2021). Los números de Arrhenius son admirablemente buenos para la época; además, fue Arrhenius quien señaló de manera clara que el ser humano tenía la capacidad de incrementar el  $CO_2$  atmosférico, calentando el planeta.

Desde entonces, varios científicos midieron el  $CO_2$  y las temperaturas, pero fue un meteorólogo aficionado, Guy Stewart Callendar, quien, en palabras del climatólogo Ed Hawkins, «juntó las piezas del puzzle» (HAWKINS, 2013). Callendar reunió los datos de temperatura y de  $CO_2$  de varios años de muchos de lugares del mundo. Conocía el trabajo de Arrhenius, así que pudo calcular los incrementos de temperatura asociados al incremento de  $CO_2$ . En 1938 escribió un artículo en el que afirmaba que en los últimos 50 años la Tierra se había calentado 0,3 °C (HAWKINS, 2013), y vinculaba este incremento con el aumento de las emisiones de  $CO_2$  de origen humano.

Como en el caso de Arrhenius, los cálculos de Callendar eran muy precisos para la época. Sus resultados fueron en general bien acogidos, aunque tampoco se los consideró la última palabra sobre el tema. Tuvo alguna notable oposición, como el presidente de la *British Meteorological Society* en aquel entonces, pero sus resultados calaron en la comunidad meteorológica y climatológica; todo ello, unido a los trabajos de científicos anteriores, como los mencionados en este artículo, contribuyó a tomar muy en serio la influencia humana en el clima.

---

## Conclusión

Callendar siguió recopilando datos y trabajando en refinar y extender sus cálculos sobre el aumento de temperatura. Más científicos se sumaron al estudio de la influencia humana en el clima, como Charles Keeling (el de la curva Keeling que aparece en la figura 2), quien

en 1958 comenzó a tomar medidas sistemáticas de la concentración de CO<sub>2</sub> en el observatorio de Mauna Loa, en Hawái; la serie de datos llega hasta hoy en día y es todo un símbolo de la ciencia climática.

En la figura 3 se aprecian más actores en el descubrimiento y descripción del efecto invernadero: nuevos cálculos de la sensibilidad climática (Hurlburt), los estudios de cuánto CO<sub>2</sub> pueden absorber de la atmósfera los océanos, el gran éxito del modelo climático de Manabe y Wetherald, la creación del IPCC... La figura 3 es un fresco ejemplar de trabajo científico colaborativo y gradual, con hombres y mujeres de todo el mundo recopilando datos, proponiendo hipótesis, realizando cálculos y comprobando sus resultados. Y haciendo avanzar el conocimiento humano.

## Bibliografía y referencias

---

BENESTAD, R. E., 2017. A mental picture of the greenhouse effect. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 128, pp. 679-688. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1732-y>

FLEMING, J. R., 1999. Joseph Fourier, the 'greenhouse effect', and the quest for a universal theory of terrestrial temperatures. *Endeavour*, vol. 23, issue 2, pp. 72-75. [https://doi.org/10.1016/S0160-9327\(99\)01210-7](https://doi.org/10.1016/S0160-9327(99)01210-7)

HAWKINS, E., 2013. A brief history of climate science. *The conversation*. <https://theconversation.com/a-brief-history-of-climate-science-18578>

IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.002>

LOCKWOOD, M. F. y FRÖHLICH, C., 2007. Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean surface air temperature. *Proceedings of the Royal Society, A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 463 (2086): 2447. <https://doi.org/10.1098/rspa.2007.1880>

PALMER, T., 2022. The Primacy of Doubt: From Quantum Physics to Climate Change, How the Science of Uncertainty Can Help Us Understand Our Chaotic World. Basic Books.

RUBINO, M., ETHERIDGE, D., THORNTON, D., ALLISON, C., FRANCEY, R., LANGENFELDS, R., STEELE, P., TRUDINGER, C., SPENCER, D., CURRAN, M., VAN OMMEN, T. y SMITH, A., 2019. Law Dome Ice Core 2000-Year CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and d<sup>13</sup>C-CO<sub>2</sub>. v1. CSIRO. Data Collection. <https://doi.org/10.25919/5bfe29ff807fb>

WALTER, M. E., 2010. Earthquakes and Weatherquakes: Mathematics and Climate Change. *Notices of the AMS*, vol. 57, no. 10. <http://www.ams.org/notices/201010/rtx101001278p.pdf>

## LA CIGARRA ADELANTA SU «CANCIÓN DEL VERANO» MÁS QUE NUNCA

(publicado en el blog de AEMET el 8 de junio de 2024)

Carlos Cano Barbacil<sup>1</sup> y Javier Cano Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Senckenberg Research Institute and Natural History Museum, Frankfurt, Department of River Ecology and Conservation, Gelnhausen, Germany

<sup>2</sup> Delegación Territorial de AEMET en Madrid

*La familia de los cicádidos, o de las cigarras, reúne unas 1500 especies y se extiende fundamentalmente por la zona tropical del planeta, aunque algunas especies llegan a latitudes más septentrionales, como Lyristes plebejus, un insecto grande de 5 cm de longitud, con dos pares de alas membranosas. A pesar de ser una especie muy común en toda la región mediterránea y en la península ibérica, donde ocupa las comarcas de clima semiárido, es difícil de observar. Sin embargo, su canto se deja oír ininterrumpidamente durante las horas de más calor en las últimas semanas de la primavera y verano. Su canto es tan notorio que llega a dar nombre a un paraje de las afueras de la ciudad de Toledo, denominado los «Cigarrales».*

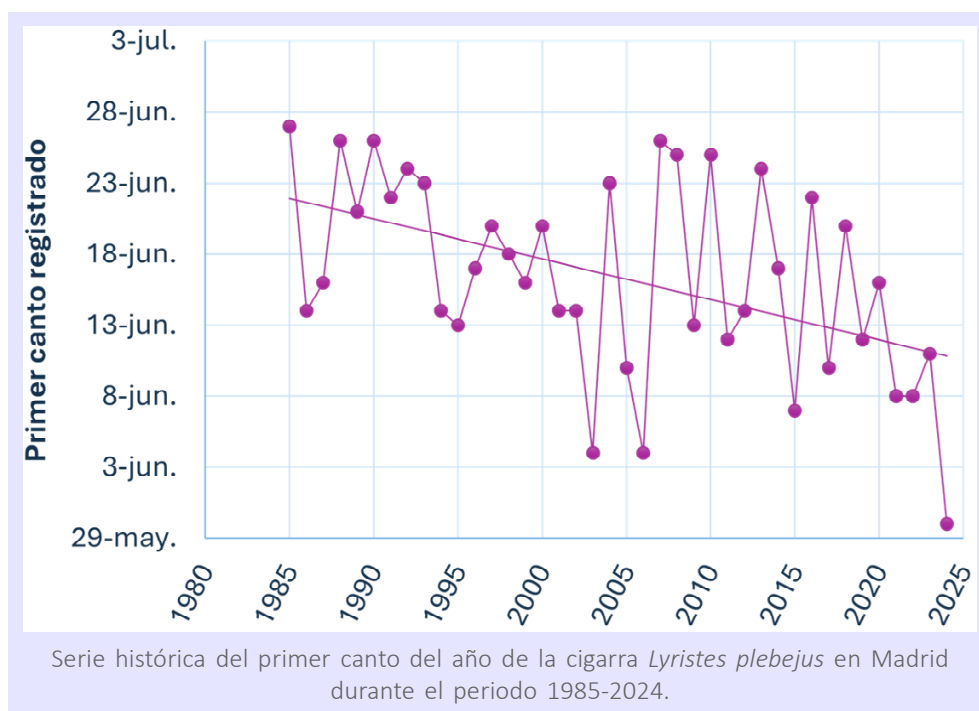


Después de completar el proceso de metamorfosis bajo tierra, que dura siete años en esta especie, un ejemplar adulto de cigarra permanece al lado de su exuvia vacía (cutícula abandonada tras la muda) hasta que sus alas se estiran y secan. La velocidad de ascensión vertical de la larva sobre el tronco se ha calculado en 15 centímetros por minuto y el tiempo que emplea en liberarse de este «traje» y alzar el vuelo es de unas tres horas y media. Fotografía: Javier Cano.

Los machos emiten su canto, una especie de monótono chirrido, cuando la temperatura del aire alcanza los 24,8 °C en promedio. El sonido se produce mediante la vibración de dos pequeñas membranas llamadas tímбалos, localizadas en dos cavidades resonantes, una a cada lado del abdomen.

Desde el año 1985 se lleva haciendo un estudio ininterrumpido de la fenología de la cigarra en las ciudades de Madrid, Getafe y Valdemoro, en el que se ha registrado la fecha en la que se escucha por primera vez su canto. Los resultados de este seguimiento revelan que estos insectos comienzan a cantar en el mes de junio, y dejan de hacerlo en agosto o septiembre, en función de las tormentas y el descenso de las temperaturas al final del verano.

Sin embargo, en estos últimos 40 años se ha observado un adelantamiento en la fecha en la que se produce el primer canto de la cigarra. De hecho, este año se ha escuchado a la cigarra el 30 de mayo en la zona de estudio, lo que supone la fecha más temprana registrada, con un adelanto de 18 días con respecto al valor central (mediana) que correspondería al 18 de junio (hay que tener en cuenta que este año es bisiesto). Se trata, por lo tanto, de una fecha considerada como extremadamente temprana desde el punto de vista fenológico, ya que nunca antes se había escuchado el canto a finales del mes de mayo. Todo hace pensar que la combinación de las altas temperaturas, por un lado, y la escasez de precipitaciones, por otro, durante los meses de abril y mayo, han inducido su temprana salida.



Para finalizar, nada mejor que hacerlo con las palabras de Miguel de Unamuno, quien en su libro *Andanzas y visiones españolas* de 1916 escribió: «las cigarras, ebrias de sol, estremecen el cielo y la tierra con su chirrido».

# EL AVANCE IMPLACABLE DEL VERANO EN ESPAÑA: ANÁLISIS SOBRE SU PROGRESIVO ALARGAMIENTO (ACTUALIZACIÓN: JUNIO DE 2024)

Benito José Fuentes López  
Delegación territorial de AEMET en Valencia



(publicado en el blog de AEMET  
el 6 de julio de 2024)



*Se dice que la memoria meteorológica es corta, que apenas podemos retener los eventos extremos y que tendemos a exagerarlos. La percepción entre la población, tanto joven como mayor, es que los veranos son más largos y calurosos que en el pasado. ¿Es esta percepción verdadera o no? El siguiente análisis tiene como objetivo proporcionar cifras concretas.*

Durante décadas se viene registrando un número de récords de días cálidos superior al esperado por simple variabilidad natural (AEMET, 2022) y un aumento de las temperaturas máximas (FUENTES LÓPEZ, 2022), lo cual concuerda con las proyecciones establecidas por los diferentes escenarios de cambio climático. Una de las predicciones es la reducción de los inviernos y la extensión de los veranos. Un estudio realizado por (RODRÍGUEZ BALLESTEROS, 2019) analizó las series de temperaturas de diferentes observatorios del país y encontró que los veranos se están alargando entre 4 y 15 días por década dependiendo de la zona. Este trabajo busca realizar un análisis similar y aplicarlo a todo el territorio nacional.

## ¿Cómo se realizaron los cálculos?

El primer paso para determinar si hay cambios en el verano es definir qué se considera verano y cuánto dura. Se utilizó la base de datos del reanálisis ERA5 del Copernicus Climate Change Service (C3S) (C3S, 2017) que proporciona datos horarios desde 1940 hasta la actualidad con una resolución espacial de 0,25° de latitud y longitud. Para cada punto se realizaron los siguientes cálculos:

1. Se calculó la temperatura media diaria desde el 15 de junio hasta el 15 de septiembre (Península y Baleares) o desde el 1 de julio hasta el 1 de octubre (Canarias) del periodo de 1991 a 2020. Se utilizó la temperatura media en lugar de la máxima para

evitar incluir periodos fuera del verano que registrasen temperaturas máximas propias de esa estación pero alejadas de un comportamiento típicamente veraniego (con mínimas también altas). De esta manera, se eliminaron esos periodos que podrían confundir y prolongar el verano más de lo necesario.

Por ejemplo, algunos días de abril de 2023 presentaron temperaturas máximas típicas del mes de julio y podría considerarse ese mes como el inicio del verano. Sin embargo, las mínimas fueron propias de la primavera y al calcular la temperatura media se obtendrían resultados algo alejados del valor medio del verano en la mayoría de esos días.

2. A continuación, se estableció un umbral basado en el percentil 30 de la distribución de temperaturas medias diarias. Esto permitió eliminar días atípicos con anomalías negativas muy bajas. Esta metodología mejoró la definición del verano en áreas con mayor variabilidad térmica estival, como las costas gallegas y cantábricas, sin afectar de manera significativa a áreas donde las temperaturas fluctúan menos, como el interior peninsular y las islas.

En la figura 1 se muestran los valores umbrales en cada punto.

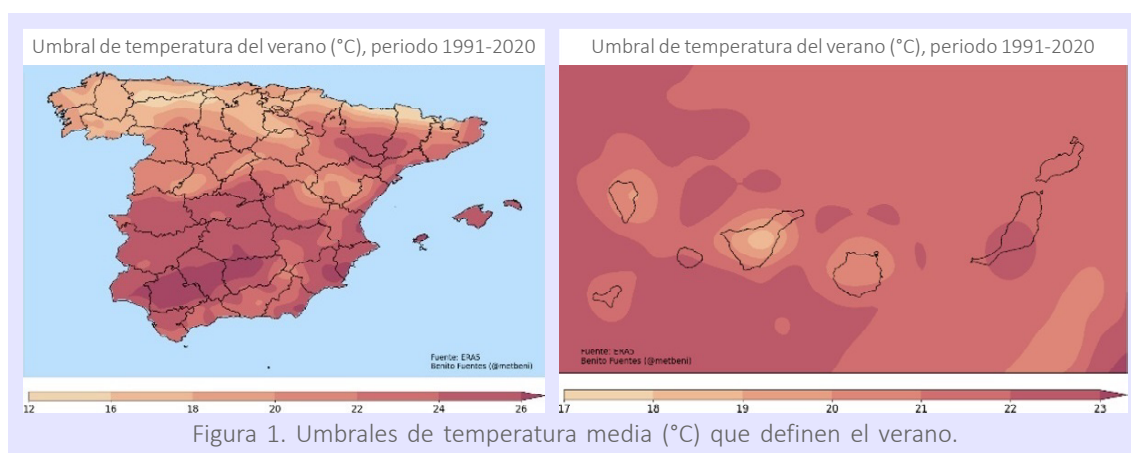


Figura 1. Umbrales de temperatura media (°C) que definen el verano.

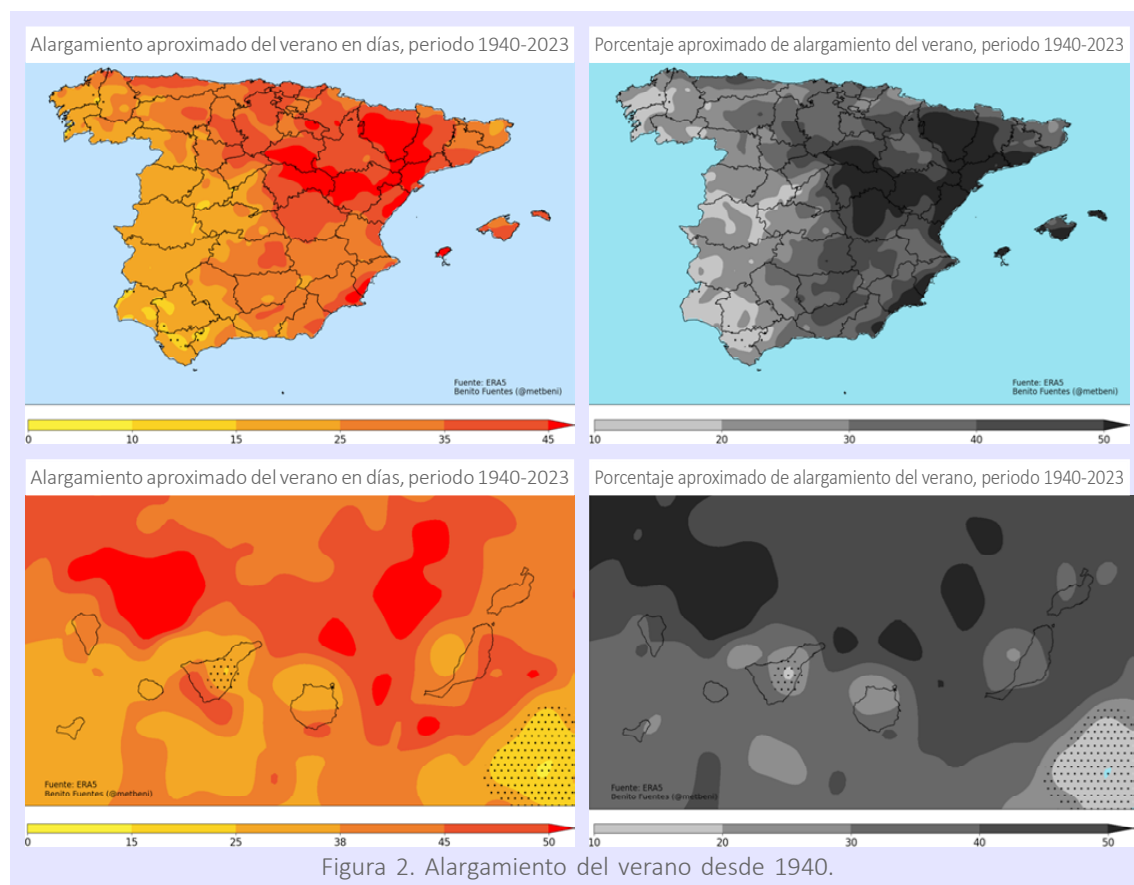
3. Posteriormente, se calculó la temperatura media móvil de nueve días para cada año desde 1940 hasta 2023 (ambos inclusive) y se determinó el primer y último día del año en el que se igualaba o superaba el umbral de temperatura establecido. Se optó por utilizar un periodo prolongado que representara el verano en lugar de considerar un día específico de primavera u otoño con una temperatura excepcionalmente alta, evitando así falsos positivos. Para calcular el valor de un día en particular, se promedió su temperatura con las cuatro fechas anteriores y las cuatro siguientes (un total de nueve días).
4. Finalmente, se analizaron las fechas de los 84 veranos en busca de una tendencia creciente o decreciente utilizando el test de Mann-Kendall (SNEYERS, 1975).

A pesar de que la metodología y los umbrales pueden parecer subjetivos, los resultados obtenidos mostraron un comportamiento consistente y similar cuando se modificaron algunos parámetros (como el percentil, las fechas de junio o septiembre, el periodo climatológico, etc.) lo que indica que efectivamente la duración del verano se está prolongando. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos deben considerarse como una aproximación y no como valores absolutos o inflexibles.

## Alargamiento del verano

La figura 2 muestra que en casi todo el territorio se detecta un alargamiento evidente del periodo estival desde la década de 1940. El aumento es menor en la mitad oeste peninsular y mayor en el este-noreste, superando en algunos puntos más de mes y medio. En promedio, los veranos actuales son un mes más extensos que en el pasado. Las áreas punteadas representan regiones cuya tendencia no es del todo clara (con menos del 95 % de seguridad o un p-valor superior a 0,05). En términos porcentuales, el verano se ha alargado más de un 30 % en más de la mitad del país e incluso supera el 50 % en el este-noreste. Cabe destacar que en áreas marítimas del archipiélago canario también se detecta esta fuerte tendencia (se han dibujado en el mar para dar mayor contenido a la imagen).

Es importante señalar que una tendencia ascendente no implica necesariamente que cada verano sea más largo que el anterior. Durante la última década, ha habido veranos más largos y más cortos, pero al analizar un periodo prolongado se observa un predominio cada vez mayor de veranos más extensos y un aumento en su duración.



Si los veranos se están volviendo más largos, esto se logra a costa de «robar» días a la primavera y al otoño. El alargamiento gradual no es uniforme y, en general, es mayor en primavera que en otoño. La extensión hacia la primavera, conocida como «primaverrano», es más notable en el centro y norte peninsular, con valores que superan los treinta días en algunas zonas. Además, la tendencia es clara en casi todo el territorio.



Por otro lado, en las islas Canarias los máximos se registran al norte del archipiélago, y aunque la tendencia es menor y no se puede asegurar con un 95 % de certeza, también se observa una extensión del periodo estival.

En cuanto a la extensión del verano hacia el otoño, conocido como «verano», es menor y no se puede afirmar con un 95 % de certeza que exista una tendencia segura, excepto en las costas cantábricas y mediterráneas, donde se observa un alargamiento de aproximadamente dos o tres semanas. En la mitad oeste del país, la extensión del *verano* es más corta y en la mayoría de los casos no supera una semana. En el caso de las islas Canarias, la extensión del *verano* es similar a la del *primaverano* y también muestra tendencias claras.

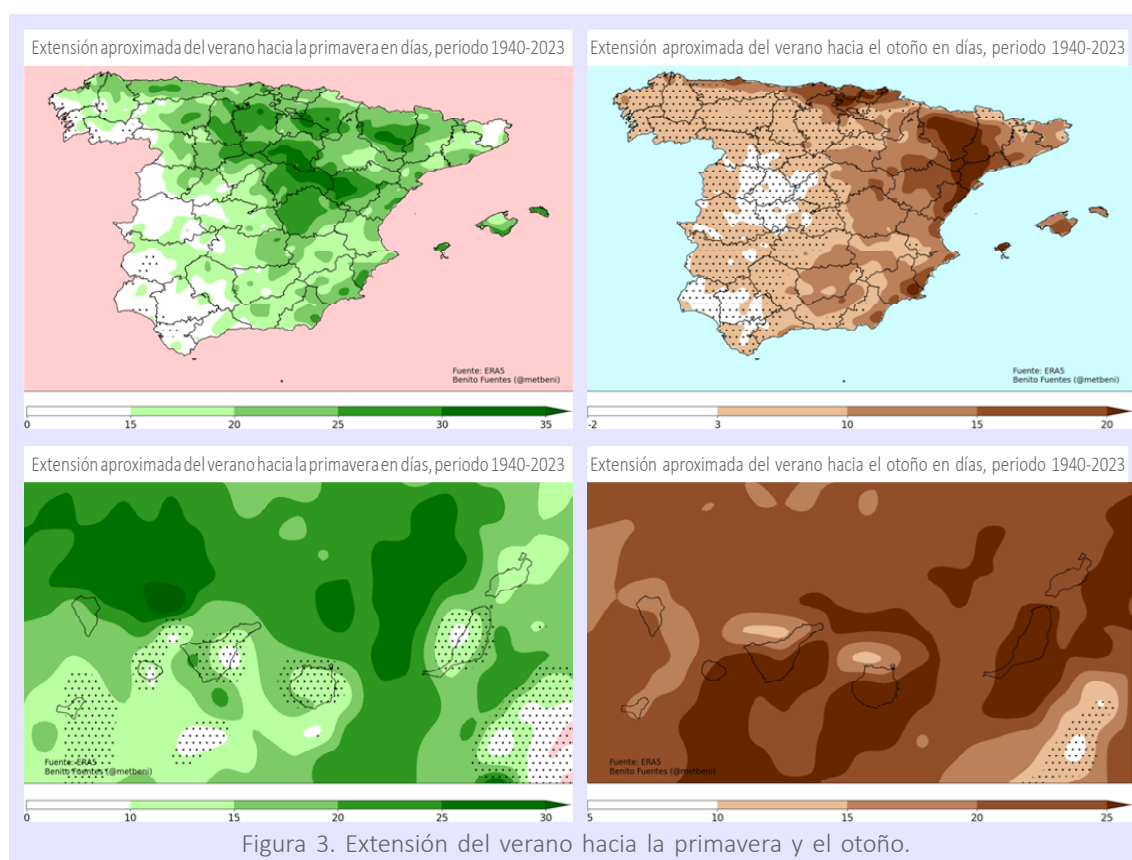
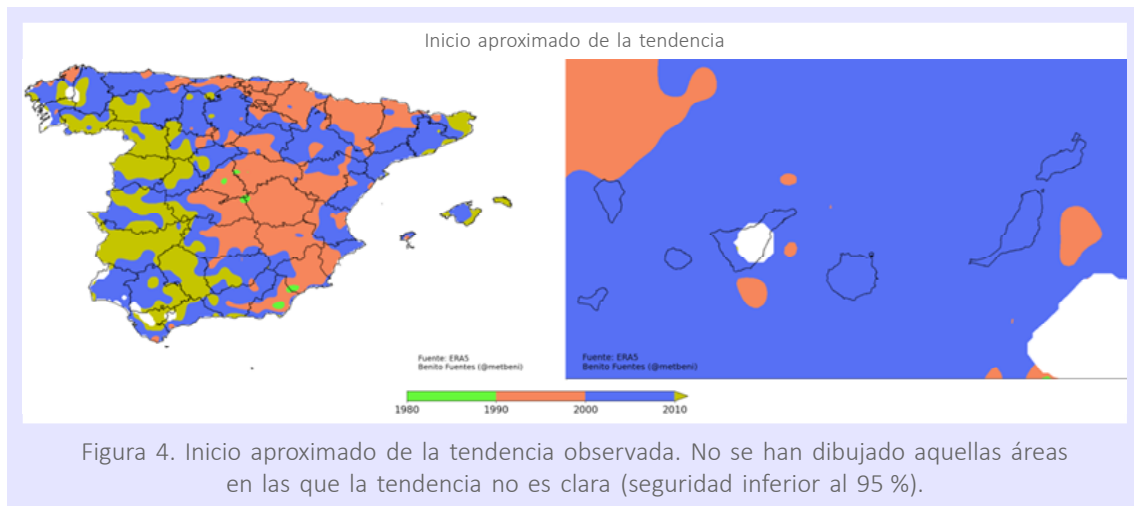


Figura 3. Extensión del verano hacia la primavera y el otoño.

Ante los resultados obtenidos en este análisis, surge la tentación de extrapolar hacia el futuro e imaginar cómo podría ser la extensión del verano en otros 84 años. Sin embargo, esta proyección debe realizarse con extrema cautela, ya que el alargamiento paulatino del verano no es lineal ni monótono, sino que presenta épocas con fuertes tendencias, estancamientos e incluso reducciones ligeras. En general, la tendencia ascendente se ha detectado a partir de las décadas de los 80 y 90 del siglo XX, es decir, en la segunda mitad del periodo estudiado. En amplias zonas del oeste peninsular y en las islas Canarias, la tendencia no comenzó hasta el presente siglo. En otras palabras, es posible que el calentamiento se esté acelerando.



## Conclusiones

El análisis riguroso de datos confirma que los veranos en España se están alargando de manera alarmante, superando en algunos casos más de un mes y medio. Esto no es solo una percepción subjetiva, sino una realidad respaldada por evidencia científica.

La prolongación del verano tiene consecuencias devastadoras para el equilibrio ecológico, la salud humana y la economía. El aumento de las temperaturas extremas y la mayor duración del calor impactan negativamente en los ecosistemas, aumentan los riesgos de incendios forestales y afectan la disponibilidad de recursos hídricos. El alargamiento del verano implica una redefinición de los calendarios agrícolas, ajustes en la gestión del agua, modificaciones en la infraestructura urbana y una mayor conciencia en la prevención de riesgos asociados al calor.

Nos enfrentamos a un futuro en el que los veranos sofocantes y prolongados se convertirán en la nueva norma. Es responsabilidad de todos, desde los gobiernos hasta los ciudadanos, tomar medidas de adaptación y mitigación.

Para finalizar, en la figura 5 se presenta un análisis del comportamiento estival en varias ciudades. En cada gráfico, el área resaltada en rojo representa la extensión de cada verano, mientras que las líneas rojas indican el promedio del inicio y finalización del verano durante el periodo 1991-2020. Asimismo, la línea verde muestra la tendencia del «primaverano» y la línea marrón refleja la tendencia del «verano». Estas representaciones visuales permiten visualizar de manera clara y concisa cómo ha evolucionado la duración de las transiciones entre la primavera y el verano, así como entre el verano y el otoño. La lectura de las gráficas ha de realizarse con precaución y no examinar un verano concreto, sino la tendencia general.

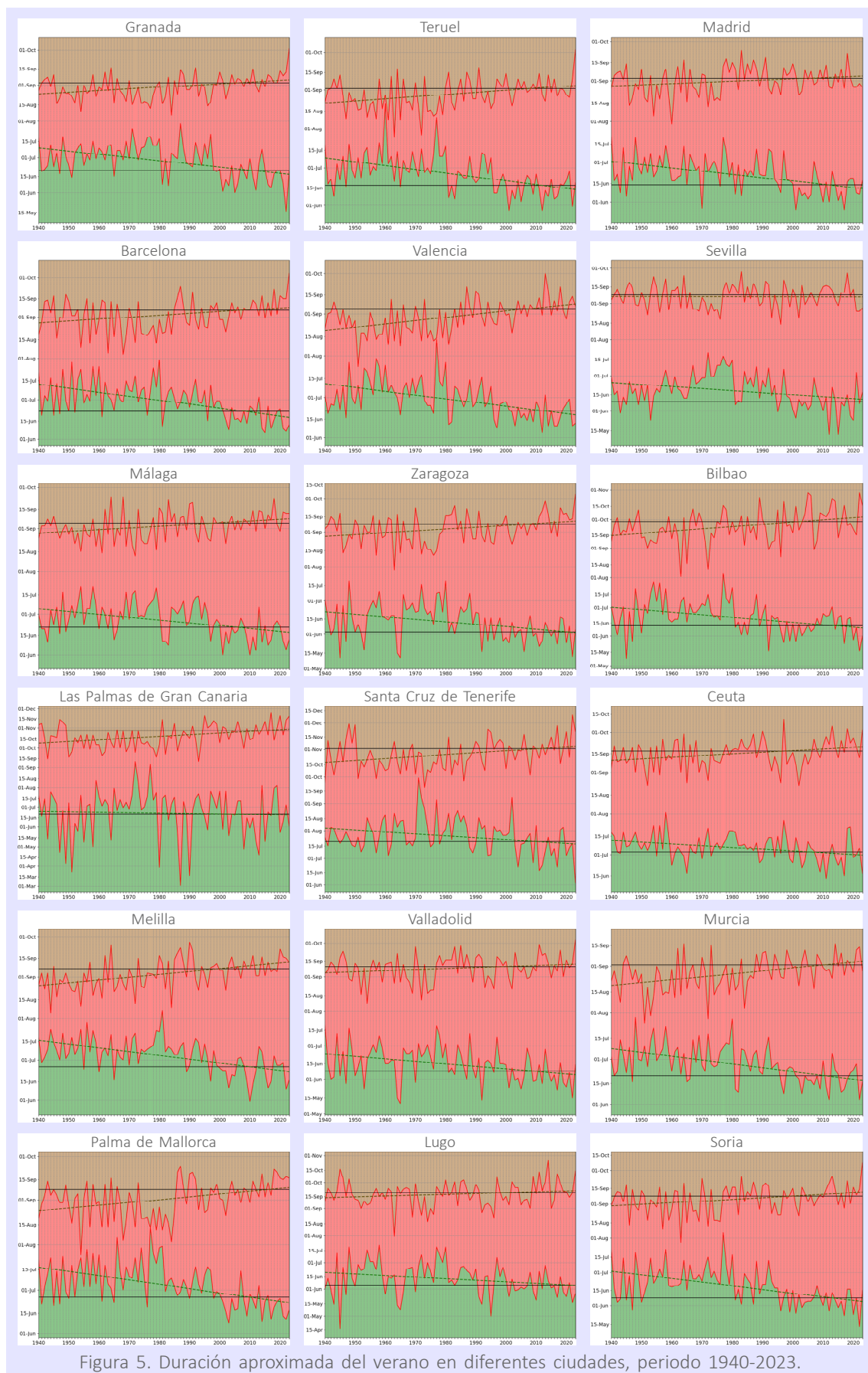


Figura 5. Duración aproximada del verano en diferentes ciudades, periodo 1940-2023.

## Referencias

---

### **Libros:**

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA (AEMET), 2022. Informe sobre el estado del clima de España 2021.

[https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/Informes\\_estado\\_clima/IECLI\\_2021\\_baja\\_res.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Informes_estado_clima/IECLI_2021_baja_res.pdf)

FUENTES LÓPEZ, B., 2022. ¿Cómo se están extremando las temperaturas del país? Naukas. <https://naukas.com/2022/02/02/como-se-estan-extremando-las-temperaturas-del-pais/>

RODRÍGUEZ BALLESTEROS, C., 2019 ¿Son los veranos en España cada vez más largos? Mapas y gráficos climatológicos. <https://climaenmapas.blogspot.com/p/durverano.html>

COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S), 2017. ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS). <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>

SNEYERS, R., 1975. Sobre el análisis estadístico de las series de observaciones. OMM, Nota Técnica 143, OMM-No 415. 192 p.

### **Nota**

---

Este artículo es una actualización del publicado en junio de 2023 bajo el título «El avance implacable del verano en España: análisis sobre su progresivo alargamiento» que se puede consultar [aquí](#).

## PREGUNTAS Y RESPUESTAS SOBRE LAS OLAS DE CALOR

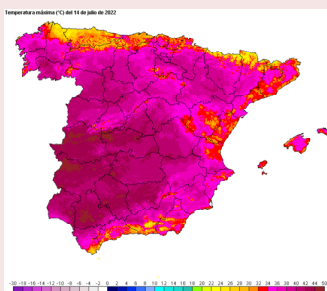
José Ángel Núñez Mora<sup>1</sup> y  
Rubén del Campo Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Delegación Territorial de AEMET en Valencia

<sup>2</sup> Servicios centrales de AEMET



(publicado en el blog de AEMET  
el 24 de julio de 2024)



*Las olas de calor son fenómenos adversos que, en los últimos años, han incrementado su frecuencia de aparición, así como la intensidad con la que se presentan. En este artículo tratamos de responder algunas preguntas que suelen surgir por parte de los medios de comunicación y los usuarios de redes sociales, relacionadas con la propia definición del fenómeno y los criterios empleados para la emisión de avisos especiales.*

### ¿Existe una única definición de ola de calor?

No existe una definición universalmente aceptada para las olas de calor. Con carácter general, una ola de calor u ola de frío es un periodo prolongado de temperatura extremadamente alta o extremadamente baja para una región en particular. Cada país, históricamente, ha definido este fenómeno según un indicador determinado, sin referencia a un periodo concreto, o a periodos de referencia muy variados, sin tener por qué ser el último periodo 1991-2020 y sin tener por qué ser un periodo de 30 años. Aquí mostramos ejemplos de varios países de nuestro entorno:

En Francia, por ejemplo, Météo-France identifica las olas de calor basándose en el «Indicador térmico nacional,» creado en 1947. Para cumplir con los criterios de una ola de calor en Francia, el Indicador térmico nacional debe de ser mayor o igual a 25,3 °C durante un día o mayor o igual a 23,4 °C durante al menos 3 días. En Bélgica tampoco emplean un periodo de referencia determinado, sino que consideran ola de calor cuando tanto la temperatura mínima como la máxima de tres días consecutivos superan un umbral de 18,2 °C y 29,6 °C, respectivamente, entre abril y septiembre.

En Hungría, un día de ola de calor es un día como parte de tres consecutivos que supera el percentil 90 de la temperatura media diaria entre el 16 de mayo y hasta el 15 de septiembre. Toman como periodo de referencia un periodo fijo de 10 años en vez de 30

y eligieron un periodo ni demasiado cálido ni demasiado frío, por lo que seleccionaron el periodo 1981-1990. En Italia, no hay una única definición, sino diferentes umbrales para cada ciudad, por lo tanto, los valores de los días de ola de calor solo existen a escala de ciudad en Italia, no a escala regional o nacional. En Italia un día de ola de calor se activa a partir del día 1 cuando la temperatura máxima aparente diaria supera el umbral de la temperatura máxima aparente diaria entre el 15 de mayo y el 15 de septiembre. El cálculo de la temperatura aparente es un proceso que se realiza mediante una fórmula compleja en la que se introducen otras variables como la humedad.

En el Reino Unido, hay una única definición, pero con umbrales diferentes para cada región. Por lo tanto, los valores de los días de ola de calor solo existen a escala regional en el Reino Unido, no a escala nacional. Un día de ola de calor es un día en el que la temperatura mínima diaria y la temperatura máxima diaria superan el umbral de la temperatura mínima diaria y la temperatura máxima diaria entre el 1 de junio y el 15 de septiembre, durante tres días consecutivos. En Suecia, un día de ola de calor es un día en el que la temperatura máxima diaria es igual o superior a 30 °C durante 5 días consecutivos. En Letonia usan como referencia el periodo 1961-1990 y consideran que un día es de ola de calor cuando la temperatura máxima diaria supera el percentil 90 de la de ese periodo de referencia.

En el proyecto Euro-Cordex se considera que una ola de calor es un periodo de al menos tres días consecutivos en el que la temperatura máxima diaria supera el percentil 99 de las temperaturas máximas diarias de la temporada de mayo a septiembre del periodo de control de 1971 a 2000. Usan el percentil 99 en vez del 95 que usamos en España, pero lo calculan con los datos entre mayo y septiembre.

Tras esta pregunta inicial, respondemos ahora otras cuestiones que algunos usuarios nos han planteado acerca de las olas de calor:

### «¿Por qué se mantiene el periodo de referencia 1971-2000?»

---

Para analizar el clima de un determinado mes, estación o año, es necesario establecer unos valores normales con los que se puedan comparar los registros observados durante el periodo de estudio. Estos valores normales se calculan para periodos de treinta años actualizables cada diez, y que se conocen como periodos de referencia (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010, 1991-2020, etc). La razón por la que estos periodos se van actualizando decadalmente reside en que el objetivo es tener una visión lo más parecida al clima actual a la hora de realizar el análisis: si, por ejemplo, queremos saber si junio de 2024 ha sido un mes más cálido o más frío de lo normal, será más razonable compararlo con los datos de 1991 a 2020 que con los de 1961 a 1990, por ser los primeros más recientes.

Sin embargo, cuando lo que se pretende es evaluar a largo plazo el cambio climático antropogénico o la variabilidad natural del clima, es necesario establecer una línea base estable, que no cambie, y esto se consigue mediante un periodo de referencia fijo. El estudio de las olas de calor y de frío en España se incluye en este supuesto, puesto que lo que pretende es conocer cómo evolucionan, a lo largo del tiempo, los episodios de temperaturas extremas correspondientes a ese periodo de referencia estable.



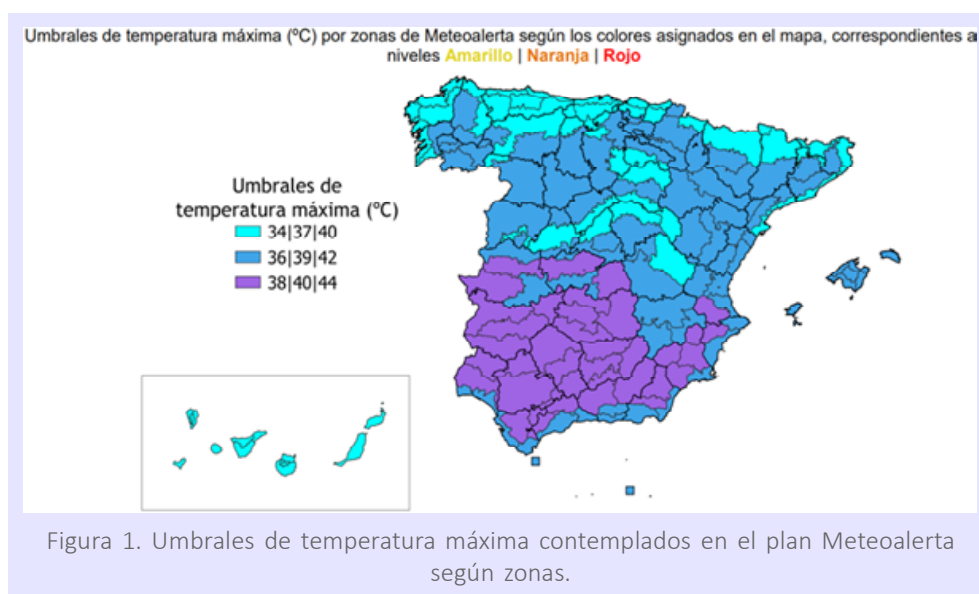
El reglamento técnico de la Organización Meteorológica Mundial (OMM-Nº 49) establece que este periodo de referencia fijo ha de ser 1961-1990. Pero en España, la red de estaciones en esos años no era lo suficientemente densa para obtener resultados de calidad, por lo que se optó por mantener fijo el periodo 1971-2000. El número de olas de calor y su extensión, duración e intensidad han aumentado desde los años 70 hasta hoy, por el cambio climático antropogénico. Si se cambiase el periodo de referencia al más reciente, evidentemente el número total de olas de calor sería menor, pero la tendencia creciente sería la misma.

Ya hemos visto, además, que existe gran variabilidad de criterios para caracterizar las olas de calor, y que emplear como referencia un periodo ni muy frío ni muy cálido —como lo es el 1971-2000— para identificar las olas de calor es coherente con países de nuestro entorno.

### «¿Por qué vuestra definición de aviso especial por ola de calor es compleja de medir y diferente a otras instituciones?»

Como hemos visto en la definición de ola de calor, muchos países consideran para su definición el triple criterio de intensidad (en base a unos umbrales de temperatura), extensión (en base a indicadores que se refieren a territorios extensos, como el indicador nacional que usa Météo-France) y duración, refiriéndose a un periodo mínimo de días, que en general suelen ser tres. Emplear un triple criterio, que es el que usamos en España tanto para su predicción como para su análisis climatológico, da lugar a que los algoritmos o fórmulas de cálculo no sean tan sencillas como para otros meteoros.

Dentro del plan Meteoaleta hay unos criterios muy simples para activar avisos por temperaturas máximas. Se establecen tres zonas geográficas y tres umbrales diferentes para cada una de ellas cuya superación implica la emisión de un aviso amarillo, naranja o rojo (figura 1). Incluso se puede activar un aviso rojo por temperaturas máximas en una zona concreta (como el 14 de mayo de 2015 en Valencia), sin que el episodio se considere como ola de calor, al no tener la duración ni la extensión requeridas (figura 2).





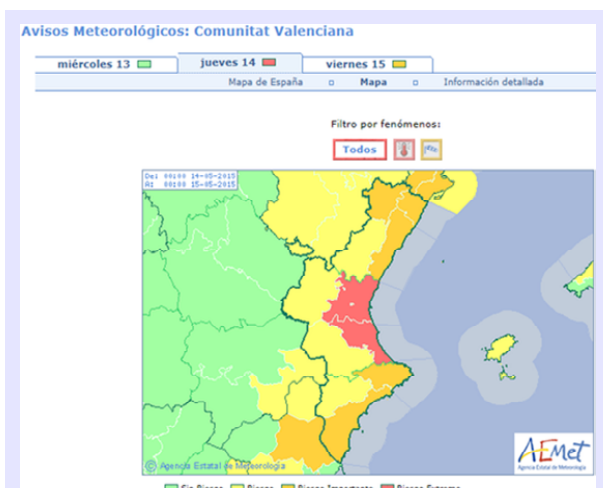


Figura 2. Avisos meteorológicos por temperaturas máximas del 14 de mayo de 2015.

La emisión de avisos especiales está contemplada en el Plan Meteoalerta, vigente desde 2006, cuando se prevea que uno o varios fenómenos meteorológicos adversos vayan a afectar amplias zonas de España de forma significativa. Por ejemplo, puede dar lugar a la emisión de un aviso especial la llegada de una profunda borrasca invernal con fuertes vientos, muy mala mar, lluvias y nevadas; también puede provocar su emisión una dana con posibles lluvias torrenciales. Además, está contemplada la emisión de avisos especiales por ciclones tropicales, olas de frío y olas de calor.

En el caso de las olas de calor, el criterio para su emisión (siempre valorado por un equipo de meteorólogos predictores, que toman la decisión tras meditarla y consensuarla) es que se prevea la superación de umbrales de nivel naranja o rojo en al menos el 10% de las zonas de aviso de Meteoalerta en al menos tres días de un periodo de cuatro consecutivos. El objetivo de la emisión de este aviso es informar a la población y autoridades competentes de un periodo de tiempo adverso por altas temperaturas que puede afectar a amplias zonas del país.

Ya hemos mencionado que no existe una definición universalmente aceptada para caracterizar una ola de calor, y que los criterios adoptados para lanzar el aviso especial tienen en cuenta los umbrales establecidos en el plan Meteoalerta, acordados en su día con las autoridades de Protección Civil. Estos umbrales corresponden a distintos niveles de impacto en numerosos sectores (medio ambiente, agricultura, energía, transporte y salud).

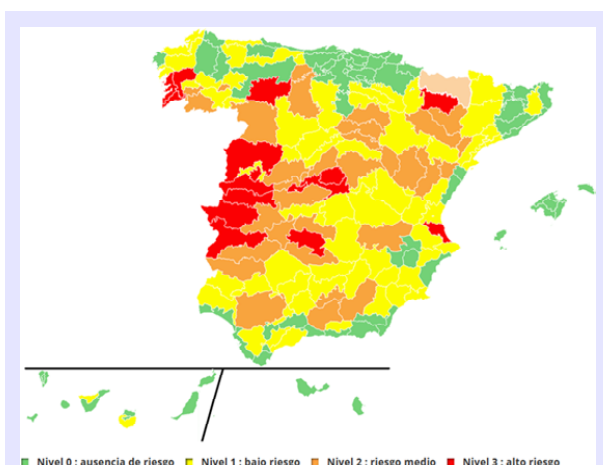


Figura 3. Ejemplo de mapa con niveles de riesgo de Meteosalud, emitido por el Ministerio de Sanidad.

Pero las autoridades de Sanidad, por ejemplo, utilizan unos umbrales diferentes a los de AEMET para emitir sus mapas de niveles de riesgo para la salud (Meteosalud) por estar muy enfocados en la prevención de los efectos de las altas temperaturas en la salud. Los umbrales de temperatura que se utilizan se basan en el disparo de la mortalidad que se produce cuando se alcanzan determinadas temperaturas. Por eso, los umbrales de Meteosalud no coinciden con los de Meteoalerta.

**«Al usar vuestra definición propia de alerta de ola de calor ¿habéis tenido una tasa de aciertos y errores —por exceso o defecto— mejor que usando otras definiciones?»**

Cabe señalar que la emisión de los avisos especiales por ola de calor pretende informar a la población de un episodio adverso. En este sentido, no resulta tan crítico conocer *a posteriori* la tasa de “acierto” entendiendo como tal si las temperaturas observadas han coincidido exactamente con las previstas, pues el objetivo, insistimos, es avisar a la población y autoridades competentes. No obstante, de manera rutinaria, AEMET realiza verificaciones de sus predicciones y de los avisos emitidos, para tratar de encontrar sesgos por exceso o por defecto y, en su caso, corregirlos. En un análisis de verificación de los avisos de nivel naranja y/o rojo por temperaturas máximas durante los meses de mayo, junio, julio y agosto de 2022 y 2023 se detectó una probabilidad de detección de alrededor del 80 %, mientras que la probabilidad de falsas alarmas estuvo en la horquilla del 10 al 20 % de los casos.

Como es lógico, las verificaciones se realizan a partir de los datos observados por nuestra red de estaciones y se comparan con los avisos emitidos dentro del plan Meteocalentamiento, y no entra dentro de nuestro cometido compararlo con umbrales correspondientes a otros planes no elaborados por la Agencia Estatal de Meteorología.

Finalmente, hay que distinguir entre los criterios utilizados para emitir avisos especiales por ola de calor, ya comentados, y entre los considerados al caracterizar episodios cálidos como ola de calor dentro de un análisis climatológico y separado del criterio de adversidad. Hemos visto al principio que no hay una definición universalmente aceptada, y tras una serie de estudios previos se consideró que, para España, la mejor definición es la que se considera una ola de calor al episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10 % de las estaciones consideradas registran temperaturas 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. Este análisis climatológico, realizado *a posteriori*, una vez concluida la situación, es el que sirve para caracterizar de forma objetiva un episodio como ola de calor y el que se tiene en cuenta en nuestros estudios.

Por todo esto, la emisión de un aviso especial por ola de calor (que se hace *a priori* con un objetivo claro de prevención y salvaguarda de bienes y personas) está, de alguna manera, desligado de la caracterización climatológica de una situación como ola de calor. No siempre coinciden. Por un lado, aunque las mejoras en la predicción del tiempo son cada vez más notables, puede suceder que la predicción no se cumpla y no se alcancen los umbrales inicialmente previstos, aunque sea por diferencias ligeras.

Por otro lado, en ocasiones «afloran» olas de calor en periodos en los que, previamente, no se había emitido un aviso especial por ola de calor. Recordemos que la caracterización *a posteriori* es exclusivamente con fines climatológicos, mientras que la emisión *a priori* de avisos especiales se basa en criterios de adversidad y, por así decirlo, es más restrictivo que el criterio climatológico.

Hay que tener en cuenta que toda predicción tiene sus incertidumbres y, precisamente, los relacionados con las temperaturas (también con el viento) ofrecen muchas menos incertidumbres que los de otros fenómenos meteorológicos adversos como las tormentas,

donde la incertidumbre es muy alta. Es habitual emitir un aviso por tormentas en una zona amplia en la que hay entornos favorables para que se desarrolle la convección y finalmente dispararse en una zona reducida dentro de la zona de avisos, en toda la zona, o incluso en determinadas ocasiones no dispararse la convección. Con las temperaturas eso no pasa, cuando se emite un aviso por temperaturas (o un aviso especial por ola de calor), está garantizado que va a hacer calor durante varios días en zonas amplias, y en algunas el calor será muy fuerte. Puede ser que no se llegue a los umbrales previstos o que se superen ampliamente, pero en estas circunstancias es seguro que las temperaturas van a ser muy altas y adversas en amplias zonas del país.

## Referencias

---

<https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/360/Orientaciones-an%C3%A1lisis-clima-determinaci%C3%B3n-peligros-asociados-cambio-clim%C3%A1tico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[https://www.aemet.es/es/conocermas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/estudios/detalles/olascalor](https://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/olascalor)

<https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/comprendre-la-meteo/canicule-vague-ou-pic-de-chaueur>

<https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/Heat+waves+and+cold+spells+in+Europe+derived+from+climate+projections+documentation#HeatwavesandcoldspellsinEurope-derivedfromclimateprojectionsdocumentation-+bookmark15>

<https://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/avisos/ayuda>

<https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/temperaturasExtremas/planAltasTemperaturas/home.htm>

# ¿CÓMO SE CALCULA LA TEMPERATURA MEDIA EN ESPAÑA?

José Ángel Núñez Mora

Delegación territorial de AEMET en Valencia



(publicado en el blog de AEMET  
el 27 de julio de 2024)



## 1. Coherencia de los balances climáticos de AEMET

Como cada mes, estación y año, al finalizar la primavera de 2024 la Agencia Estatal de Meteorología hizo balance de cómo había resultado la estación anterior; y, como en cada resumen elaborado a partir de septiembre de 2020, al final del documento (que se puede consultar [en este enlace](#)), se incluía la siguiente nota aclaratoria:

*NOTA importante: En septiembre de 2020 se han pasado a utilizar como valores de referencia para la vigilancia del clima en España los valores medios en el territorio peninsular español de las rejillas mensuales y anuales de temperatura y precipitación descritas en las notas técnicas 31 y 32 de AEMET (periodo de referencia: 1981-2010). Este cambio de metodología puede dar lugar a diferencias significativas con los resultados que se obtenían a partir de los valores de referencia anteriormente utilizados.*

También se incluía una segunda nota, como se viene haciendo en todos los resúmenes a partir de enero de 2023:

*NOTA importante: Desde enero de 2023 se han empezado a utilizar en la producción climatológica de AEMET los valores Normales Climatológicos Estándares para el periodo 1991-2020, elaborados en el Área de Climatología y Aplicaciones Operativas de AEMET, de conformidad con las directrices marcadas por la OMM en su Resolución 16 (Cg-17).*

Especialmente importante resulta la advertencia de la primera nota, ya que el «cambio de metodología puede dar lugar a diferencias significativas con los resultados que se obtenían a partir de los valores de referencia anteriormente utilizados» y, efectivamente, estos cambios se pueden observar mes a mes, estación a estación y año a año si se comparan los datos publicados en los boletines anteriores a septiembre de 2020 y los posteriores.

A pesar de estas notas, de forma recurrente y, sobre todo cuando nos acercamos al verano, hay usuarios que en redes sociales se hacen eco de estas diferencias, acusando a la Agencia de desinformación y de manipulación de datos, e incluso estas acusaciones llegan a replicarse en algún medio digital, con titulares como «La propaganda climática de la AEMET: de considerar 13,1 °C una primavera «fría y muy húmeda» en 2016 a «más cálida de lo normal» en 2024»[1] o «La Aemet dice que la primavera fue «cálida» aunque tuvo los mismos grados que en 2016, cuando dijo que era «fría»»[2] o texto en el desarrollo de esas noticias como «preocupaciones sobre la transparencia y la objetividad en la divulgación de información por parte de un organismo del Estado» o «la aparente manipulación de la información climática podría estar destinada a crear percepciones sesgadas y a generar temor innecesario entre la población respecto a los cambios climáticos y sus posibles consecuencias».

En este artículo vamos a tratar de explicar de forma sencilla las dudas que algunos usuarios y desde algún medio nos han ido trasladando sobre las supuestas discrepancias de datos, desarrollando en qué han consistido los cambios de metodología, su justificación y la comparación de los datos entre enero de 1961 y mayo de 2024 calculados con la metodología anterior y la actual.

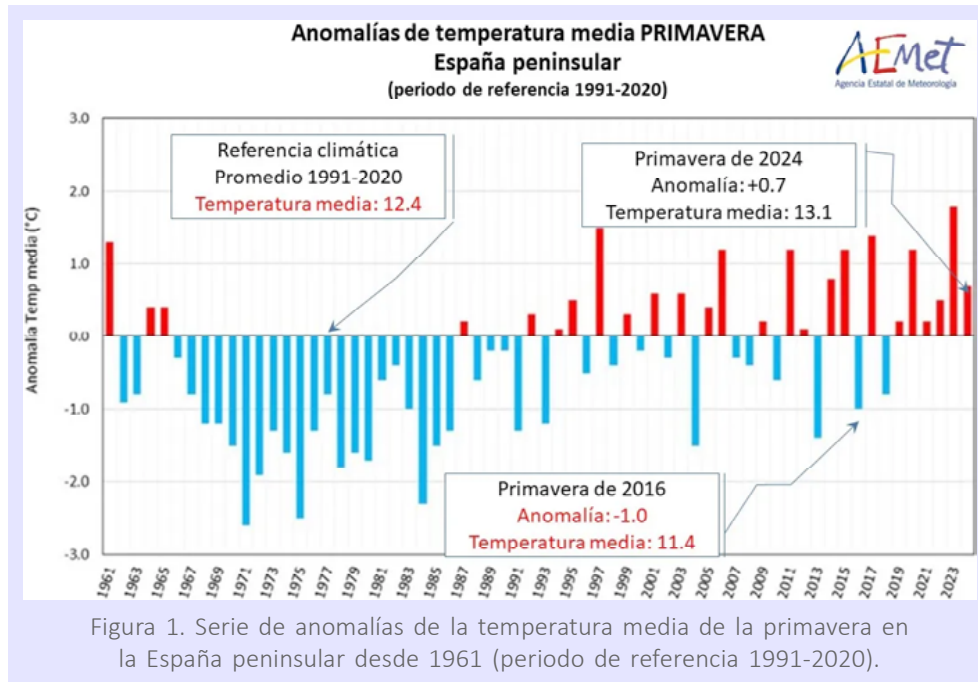
## 2. Investigando en los resúmenes climáticos de las primaveras de 2016 y 2024

---

Los resúmenes climatológicos elaborados por la Agencia Estatal de Meteorología, tanto los nacionales como los de las comunidades autónomas elaborados en las delegaciones territoriales, se pueden consultar en la página web de AEMET en el apartado [Servicios climáticos > Vigilancia del clima > Resúmenes climatológicos](#).

Con los datos y gráficos contenidos en el resumen climático de la primavera de 2024, [disponible en este enlace](#), vamos a hacer una sencilla investigación, para la cual no se requiere tener conocimientos climáticos, sino un poco de espíritu crítico y una mínima capacidad de análisis de datos. Si consultamos el resumen climático de la **primavera de 2024** (periodo comprendido entre el 1 de marzo y el 31 de mayo de 2024), podemos leer que tuvo un **carácter cálido**, con una temperatura media en la España peninsular de 13,1 °C, valor que queda 0,7 °C por encima de la media de esta estación (periodo de referencia 1991-2020). Antes de continuar, vamos a calcular los datos de la **primavera de 2016** examinando los contenidos en el gráfico de evolución de las anomalías de temperatura que aparece en el resumen de la primavera de 2024.

Si, según se ha comentado antes, la primavera de 2024 tuvo una temperatura media de 13,1 °C y ese valor queda 0,7 °C por encima del promedio estacional normal del periodo de referencia, podemos deducir con una simple resta que la temperatura de referencia en primavera es de 12,4 °C (13,1 – 0,7) y, si retrocedemos en el gráfico incluido en el resumen de 2024 hasta 2016, vemos cómo esa primavera tuvo una anomalía de temperatura de



$-1^{\circ}\text{C}$  ( $1^{\circ}\text{C}$  inferior al promedio normal 1991-2020), por lo que, con otra simple resta ( $12,4^{\circ}\text{C}$  que es el valor normal que hemos deducido menos  $1^{\circ}\text{C}$  que es la anomalía que aparece en el gráfico), podemos deducir que la temperatura media de la primavera de 2016 fue de  $11,4^{\circ}\text{C}$ .

Los resultados de estas operaciones los hemos anotado sobre el gráfico que aparece en el resumen climático (figura 1). Hemos resaltado en rojo los datos numéricos no incluidos explícitamente en el resumen, pero que resultan fáciles de calcular, como se ha mostrado en este párrafo.

Ahora vamos al resumen climático de la primavera de 2016, que se puede encontrar [en este enlace](#), y vemos que, según ese documento, la primavera de 2016 (periodo comprendido entre el 1 de marzo y el 31 de mayo de 2016) tuvo un carácter frío, con una temperatura media de  $13,1^{\circ}\text{C}$ , valor que queda  $0,5^{\circ}\text{C}$  por debajo de la media de esta estación (periodo de referencia 1981-2010). *A priori*, no cuadran los datos del resumen de 2016 (temperatura media de  $13,1$ , anomalía de  $-0,5$ ) con lo que hemos deducido en base a los datos del resumen de la primavera de 2024 (temperatura media de  $11,4$ , anomalía de  $-1,0$ ).

Acabamos nuestra investigación avanzando hasta la página 8 del resumen de la primavera de 2024, donde están las dos notas aclaratorias comentadas en el apartado 1, y que son las que van a explicar esta aparente incoherencia de datos. Recordamos de nuevo, la primera nos informaba de que desde 2020 se aplicó un **cambio de metodología que podía dar lugar a diferencias significativas**. Y así es, ya que, los  $13,1^{\circ}\text{C}$  de temperatura media de la primavera de 2016 (calculados con la metodología antigua) han pasado a ser  $11,4^{\circ}\text{C}$  con la metodología nueva, y la anomalía de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  ha pasado a ser  $-1,0^{\circ}\text{C}$  debido sobre todo al proceso advertido en la segunda nota, y es que desde enero de 2023 se vienen empleando los nuevos valores de referencia del periodo 1991-2020, periodo que es



significativamente más cálido que el anterior 1981-2010, por lo que una anomalía que antes era de  $-0,5$  ha pasado a  $-1,0$  °C.

Todo lo anterior es fácil de comprender, pero vamos a trasladarlo a nuestra vida cotidiana para explicarlo aún de forma más sencilla. El 1 de enero de 2002 comenzó a circular el euro en España en sustitución de la peseta. A cualquiera que fuese a comprar un artículo el 31 de diciembre de 2001 que tuviese un precio de 166,386, no se le ocurriría pensar que ese mismo artículo al día siguiente había bajado de precio hasta 1; el precio es el mismo. Lo que explica esa gran diferencia numérica es que se había cambiado la moneda y, a partir de ese momento, el mismo producto tendría un precio con una cifra diferente dependiendo de si pagábamos en euros o pesetas, pero el precio y el valor es el mismo.

De los sencillos cálculos realizados anteriormente, hemos deducido que el dato de la temperatura media de la primavera de 2016 se ha recalculado con el nuevo método, pasando de 13,1 a 11,4 °C. El frío o calor que cada uno sintiese en esa primavera no varía, lo que ha variado es el valor numérico asignado debido al uso de un nuevo método de cálculo más preciso, robusto y realista.

Entonces, si esto es así, ¿por qué no se actualizan los datos contenidos en los resúmenes publicados antes de enero de 2020 para evitar confusiones? Vamos a justificar por qué los resúmenes anteriores a 2020 no se deben cambiar, y menos eliminar, acudiendo a un sencillo ejemplo.

Si algún día la Real Academia de la Lengua cambia una norma ortográfica, ¿hay que cambiar todas las publicaciones anteriores para adaptarlas a las nuevas reglas? Si no se cambian las publicaciones anteriores, ¿pensaremos que los que escribieron entonces lo hacían cometiendo faltas de ortografía o bien, aplicando la lógica, pensaremos que las normas antes eran diferentes y de ahí la diferencias entre los textos de ahora y de antes?

Es evidente que no hay que cambiar el texto de los resúmenes climáticos redactados anteriormente al cambio de metodología, lo que hay que hacer, y es lo que se ha hecho, es advertir de esos cambios, de la fecha en la que se han introducido, y recalculer todo de nuevo con el modelo y periodo de referencia nuevos para que, a partir del momento del cambio, todos los datos sean homogéneos y calculados con las mismas técnicas. Los datos registrados en las estaciones meteorológicas son los mismos, **no se han cambiado los datos por otros nuevos**, lo que se ha cambiado es el tratamiento estadístico que se hace de esos datos y se ha pasado de usar un limitado número de datos, a emplear todos los datos disponibles en cada momento.

**Suponiendo que no se hubiese realizado ningún cambio** en la metodología del cálculo de la temperatura media, es decir, que siguiésemos con los cálculos realizados con el modelo anterior a septiembre de 2020, y suponiendo que no se hubiese cambiado de periodo de referencia y continuásemos con el del periodo 1981-2010, la temperatura media y los valores normales, máximos, mínimos y quintiles anuales, estacionales y mensuales en la España peninsular entre enero de 1961 y mayo de 2024 son los que se adjuntan en la figura 2. Con las mismas suposiciones anteriores, en la figura 3 se ha incluido la tabla con las anomalías mensuales de temperatura y el carácter de la temperatura de cada periodo en la tabla de la figura 4.

Temperatura media en la España peninsular																	
Método antiguo empleado hasta agosto de 2020. Cálculos con 39 estaciones																	
Periodo de referencia antiguo (1981-2010). Empleado hasta diciembre de 2022																	
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
1961	6.2	10.6	12.1	14.3	18.0	20.7	23.4	23.4	21.4	15.1	10.3	8.7	15.4	14.8	22.5	15.6	
1962	7.9	7.7	9.7	12.8	16.2	20.1	23.4	24.5	21.8	16.8	8.2	5.8	14.6	12.9	22.7	15.6	8.1
1963	6.5	5.9	10.4	12.4	15.8	19.6	23.3	21.9	18.8	16.5	11.4	6.3	14.1	12.9	21.6	15.6	6.1
1964	5.9	8.5	9.9	12.3	19.2	20.4	23.9	23.3	22.6	14.2	9.9	5.9	14.7	13.8	22.5	15.6	6.9
1965	6.2	5.7	10.7	12.9	18.0	21.6	22.4	23.1	17.8	15.7	10.1	8.3	14.4	13.9	22.3	14.5	6.0
1966	9.1	10.2	9.6	13.1	16.8	19.8	22.5	23.2	21.5	14.4	7.9	7.2	14.6	13.2	21.8	14.6	9.2
1967	6.2	8.2	11.7	11.6	14.9	18.9	24.3	23.0	19.7	17.0	10.7	5.6	14.3	12.7	22.1	15.8	7.2
1968	7.0	8.3	9.5	12.4	15.3	20.3	23.4	22.6	19.8	17.9	11.1	7.9	14.6	12.4	22.1	16.2	7.0
1969	7.8	6.2	9.8	12.2	15.4	18.6	23.9	23.0	17.6	15.7	9.4	6.3	13.8	12.5	21.8	14.2	7.3
1970	8.3	8.0	8.3	12.2	15.8	19.9	23.6	22.8	21.8	14.4	12.4	4.5	14.3	12.1	22.1	16.2	7.5
1971	5.7	8.1	7.2	12.3	14.2	18.0	22.9	22.3	20.3	17.1	8.2	7.3	13.7	11.2	21.1	15.2	6.1
1972	5.5	7.8	9.6	11.8	14.3	18.3	22.2	21.4	17.2	13.9	11.0	7.0	13.3	11.9	20.6	14.0	6.9
1973	6.2	6.8	8.8	11.7	16.2	19.6	22.4	24.1	20.0	14.3	10.4	6.2	13.9	12.2	22.0	14.9	6.7
1974	8.1	7.5	9.4	10.9	16.1	19.5	23.0	22.6	18.9	12.2	10.4	7.4	13.8	12.1	21.7	13.9	7.3
1975	7.9	8.9	8.4	11.7	14.1	19.1	23.7	23.2	18.6	15.7	9.9	5.8	13.9	11.4	22.0	14.7	8.0
1976	5.8	8.4	9.9	10.9	16.6	21.6	23.1	22.6	18.5	13.5	8.4	8.4	14.0	12.5	22.4	13.4	6.7
1977	7.0	9.6	11.1	13.0	14.4	17.5	20.4	20.4	20.3	15.8	10.1	9.6	14.1	12.8	19.4	15.4	8.3
1978	6.3	9.2	10.7	11.2	14.3	17.6	22.6	23.1	21.5	15.1	9.9	9.3	14.2	12.1	21.1	15.5	8.4
1979	8.2	8.7	9.5	11.3	15.9	20.6	23.3	22.8	20.0	14.8	9.7	7.9	14.4	12.2	22.2	14.8	8.7
1980	6.9	9.2	10.2	11.9	14.5	19.4	21.8	24.2	21.9	15.1	9.6	5.8	14.2	12.2	21.8	15.5	8.0
1981	6.5	7.0	12.4	12.1	15.2	21.4	22.6	23.2	20.7	16.3	12.3	9.4	14.9	13.2	22.4	16.4	6.4
1982	9.0	8.9	10.6	13.0	16.6	21.3	23.7	23.0	20.3	14.5	10.4	7.3	14.9	13.4	22.7	15.1	9.1
1983	6.6	6.4	11.5	12.1	14.6	21.2	23.6	22.1	22.1	16.8	13.2	7.9	14.8	12.7	22.3	17.3	6.8
1984	7.1	7.0	8.1	14.3	12.2	19.1	23.8	22.2	19.6	14.8	11.2	7.8	13.9	11.5	21.7	15.2	7.3
1985	4.8	9.9	9.1	13.4	14.5	20.5	24.2	23.2	22.6	17.2	9.8	7.7	14.7	12.3	22.6	16.5	7.5
1986	7.0	7.3	10.2	9.5	17.6	20.4	23.7	22.8	20.9	16.4	10.5	7.2	14.5	12.4	22.3	15.9	7.3
1987	6.1	8.1	11.3	14.0	16.0	20.5	23.0	24.3	22.9	14.9	10.5	9.3	15.1	13.8	22.6	16.1	7.1
1988	8.8	8.1	10.9	12.9	15.9	18.5	22.8	23.9	20.7	16.4	11.4	6.6	14.7	13.3	21.7	16.2	8.7
1989	6.4	8.9	12.1	11.2	17.6	21.2	25.3	24.6	19.9	16.9	12.6	10.9	15.6	13.7	23.7	16.5	7.3
1990	7.1	11.4	11.8	11.7	17.6	21.1	24.8	24.6	22.2	15.7	10.2	6.1	15.4	13.7	23.5	16.0	9.8
1991	6.5	7.0	11.2	11.6	15.2	21.0	24.2	25.4	21.8	13.4	10.0	7.9	14.6	12.6	23.5	15.1	6.5
1992	4.9	7.7	10.8	13.5	18.0	17.3	23.9	24.1	20.1	13.5	11.7	8.3	14.5	14.1	21.8	15.1	6.8
1993	6.4	7.6	10.6	12.3	15.6	20.5	23.3	23.7	18.4	12.9	9.6	8.2	14.1	12.8	22.5	13.6	7.4
1994	7.2	8.5	12.8	12.0	16.9	21.2	25.5	24.9	18.7	16.0	12.4	8.6	15.4	13.9	23.9	15.7	8.0
1995	8.0	10.0	11.3	13.8	18.2	20.9	24.7	24.2	18.5	18.0	12.7	9.4	15.8	14.4	23.3	16.4	8.9
1996	9.3	7.3	10.6	13.7	16.0	21.7	23.7	22.6	18.5	15.3	11.0	8.5	14.8	13.4	22.7	14.9	8.6
1997	7.7	10.7	13.5	15.2	17.0	19.4	22.3	23.7	21.5	17.7	11.6	8.6	15.7	15.2	21.8	16.9	9.0
1998	8.5	10.2	12.7	12.0	16.2	21.3	24.2	24.6	20.7	14.9	10.7	6.7	15.2	13.6	23.4	15.4	9.1
1999	7.0	7.8	11.0	13.7	18.1	21.3	24.6	24.3	20.4	15.9	8.8	7.7	15.1	14.3	23.4	15.1	7.2
2000	5.3	10.7	11.7	12.0	17.8	22.0	23.2	23.7	20.9	15.2	10.2	9.4	15.2	13.8	23.0	15.4	7.9
2001	8.7	9.0	13.3	13.5	16.9	22.4	23.2	24.6	20.2	17.4	9.1	5.5	15.3	14.6	23.4	15.6	9.0
2002	8.2	9.7	11.9	13.4	15.8	21.7	23.3	22.6	19.9	16.2	11.8	9.9	15.4	13.7	22.5	16.0	7.8
2003	7.1	7.5	12.3	13.6	17.8	24.0	24.6	26.2	21.2	15.1	11.5	8.1	15.7	14.5	24.9	15.9	8.2
2004	8.8	8.3	9.9	12.3	15.5	23.1	24.1	24.0	21.6	16.7	9.8	7.7	15.1	12.5	23.7	16.0	8.4
2005	5.8	5.7	10.9	13.9	18.3	23.5	24.8	24.1	20.2	16.5	9.9	6.7	15.0	14.4	24.2	15.5	6.4
2006	6.1	7.2	11.9	14.7	18.8	22.3	26.0	23.5	21.7	17.9	13.1	7.2	15.9	15.1	23.9	17.6	6.7
2007	7.4	10.3	10.6	13.6	17.0	20.6	23.7	23.3	20.7	15.9	10.0	7.4	15.0	13.7	22.5	15.5	8.3
2008	8.7	10.4	11.0	13.9	16.2	20.9	23.6	24.1	19.8	15.3	9.1	7.0	15.0	13.7	22.9	14.7	8.8
2009	6.6	8.4	11.7	12.5	18.3	22.6	24.6	25.3	20.9	17.8	12.6	7.9	15.8	14.2	24.2	17.1	7.3
2010	6.9	7.8	10.1	14.4	16.1	20.6	25.5	24.9	20.8	15.2	9.9	7.6	15.0	13.5	23.7	15.3	7.5
2011	7.5	9.0	10.8	16.3	18.8	21.5	23.3	24.7	22.0	17.5	12.2	8.3	16.0	15.3	23.1	17.2	8.0
2012	7.3	6.0	11.6	12.1	18.5	22.7	23.9	25.3	20.8	16.0	11.0	8.4	15.3	14.0	23.9	15.9	7.2
2013	8.0	7.6	10.6	12.8	14.7	19.8	25.0	24.5	21.5	17.5	10.2	7.2	14.9	12.7	23.1	16.4	8.0
2014	9.0	8.7	11.4	15.7	17.3	21.4	23.4	23.9	21.9	18.6	12.4	7.8	16.0	14.8	22.9	17.6	8.3
2015	6.9	7.4	11.6	14.7	19.0	22.6	26.6	24.4	19.8	16.4	12.4	9.9	16.0	15.1	24.5	16.2	7.4
2016	9.5	9.2	10.0	12.9	16.4	21.9	25.5	25.2	22.0	17.4	10.8	8.6	15.8	13.1	24.2	16.7	9.6
2017	6.6	10.1	12.2	14.9	19.0	24.2	24.9	24.9	20.6	18.5	10.9	7.5	16.2	15.3	24.6	16.7	8.4
2018	8.3	6.9	10.0	13.7	16.6	21.1	24.2	25.6	23.0	16.0	11.3	9.1	15.5	13.4	23.6	16.8	7.6
2019	7.0	9.7	12.0	13.0	17.6	21.4	25.2	24.8	21.3	17.2	11.0	9.8	15.8	14.2	23.8	16.5	8.6
2020	7.7	11.5	11.7	14.4	19.3	21.0	26.0	24.7	21.1	15.1	12.6	8.3	16.1	15.1	23.9	16.3	9.7
2021	6.5	11.0	11.4	13.7	17.3	21.5	24.2	24.9	21.3	16.9	9.8	9.7	15.7	14.1	23.5	16.0	8.6
2022	7.4	10.0	10.9	12.8	19.6	23.3	26.9	26.1	21.4	19.3	12.8	10.7	16.8	14.5	25.4	17.8	9.0
2023	7.3	8.0	13.0	16.4	17.9	22.9	25.8	26.2	21.8	18.7	12.8	8.3	16.6	15.8	25.0	17.8	8.7
2024	9.3	10.9	12.0	14.7	17.4									14.7			9.5

Valores normales en la España peninsular																	
Periodo de referencia antiguo (1981-2010). Empleado hasta diciembre de 2022																	
Mínimo, máximo, media y quintiles																	
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Mínimo 1981-2010	4.8	5.7	8.1	9.5	12.2	17.3	22.3	22.1	18.4	12.9	8.8	5.5	13.9	11.5	21.7	13.6	6.4
Q1 1981-2010	6.3	7.3	10.6	12.0	15.6	20.5	23.2	23.1	19.9	14.9	9.9	7.2	14.7	12.8	22.4	15.1	7.1
Q2 1981-2010	6.8	7.8	11.0	12.8	16.1	21.0	23.7	23.7	20.4	15.6	10.3	7.7	15.0				

Figura 3. Anomalía de la temperatura en la España peninsular.  
Método antiguo empleado hasta agosto de 2020 (cálculos con 39 estaciones).  
Periodo de referencia antiguo (1981-2010), empleado hasta diciembre de 2022.

Método antiguo empleado hasta agosto de 2020 (cálculos con 39 estaciones).  
Periodo de referencia antiguo (1981-2010), empleado hasta diciembre de 2022.

Figura 4. Carácter de la temperatura en la España peninsular.  
Método antiguo empleado hasta agosto de 2020 (cálculos con 39 estaciones).  
Periodo de referencia antiguo (1981-2010), empleado hasta diciembre de 2022

Método antiguo empleado hasta agosto de 2020 (cálculos con 39 estaciones).  
Periodo de referencia antiguo (1981-2010), empleado hasta diciembre de 2022

a 13,1 calculado con el modelo actual), el carácter sería muy cálido (frente al carácter cálido calculado con los nuevos valores normales) y la anomalía de temperatura sería de +1,1 °C (frente a +0,7 actual).

### 3. ¿Por qué cambiar el modelo de cálculo?

No vamos a hacer una descripción detallada de cómo se calcula la temperatura media en España, que está descrita en la nota técnica 31 de AEMET, «Análisis de las temperaturas en España en el periodo 1961-2018», que se puede descargar [en este enlace](#), pero sí que vamos a ofrecer algunos detalles para comprender por qué se abordó el cambio de metodología en el cálculo y qué ventajas proporciona el nuevo modelo frente al anterior.

Históricamente, la temperatura media en España se venía calculando con una serie de estaciones seleccionadas. En concreto eran 39 para la Península, 3 para Baleares y, por criterios de continuidad geográfica y climática, no se incluyeron estaciones situadas en el archipiélago canario, por lo que los valores finales de las series solo eran representativos del conjunto del territorio peninsular español y de Baleares.

Con ese modelo, para hacer el cálculo de los valores medios mensuales, estacionales y anuales de temperatura, se aplicaba una media ponderada a los datos registrados en las 42 estaciones de referencia, asignando a cada estación un peso proporcional a su representatividad espacial, la cual se calculó aplicando el método de los polígonos de Thiessen (figura 5). El peso asignado a cada estación es, por tanto, igual para todos los meses y para el valor anual.



Figura 5. Áreas representativas de cada una de las 42 estaciones de referencia para la asignación de los pesos en el cálculo de la temperatura media de la España peninsular y Baleares.

El método anterior no era malo. En climatología se trata de elegir un modelo y trabajar con él de la misma manera para que los resultados obtenidos sean homogéneos. Además, si trabajamos con anomalías (desviaciones con respecto a la media) los valores obtenidos con este modelo nos son muy diferentes a los calculados con el momento actual. Los valores absolutos sí que son más realistas y robustos actualmente.

Algunas limitaciones del método anterior:

- No se hacía un cálculo sistemático de los datos de Canarias y solo se obtenía un valor nacional representativo de la Península y Baleares, por lo que era necesario evolucionar a otro modelo que permitiese no solo calcular los promedios de todas las superficies (Península, archipiélagos y ciudades autónomas) sino que también permitiese la obtención de datos medios de cada comunidad autónoma y de cada provincia, cosa que el modelo anterior no lo permitía.

- La mayoría de las estaciones de referencia del método anterior estaba en capitales de provincia, y la altitud media de las 42 estaciones era de tan solo 385 m, lo cual no es realista, ya que la altitud media de la Península es superior a 650 m. Al hacer una media (ponderada) de los datos de temperatura de las estaciones de referencia, estábamos calculando una temperatura superior a la real, por el gradiente térmico vertical en la atmósfera que implica que a medida que ascendemos en la troposfera disminuye la temperatura, lo que conlleva que, en condiciones similares, una estación a una altitud baja tiene, en promedio, temperaturas más elevadas que una estación a más altitud. Como se ha comentado, para la **calificación climática** y el cálculo de **anomalías** esto no es un problema, ya que siempre utilizamos las mismas estaciones y el mismo modelo, aunque el **valor absoluto** no sea realista, porque estamos calculando medias con datos de una altitud media de 385 cuando en realidad la altitud media del territorio es 300 metros superior.
- Algunas de las 42 estaciones empleadas en el método antiguo habían quedado atrapadas por islas de calor urbano. Estos efectos de isla de calor son reales, los sufren los habitantes que viven en ellas, pero hay que evitar expandirlos a zonas de campo fuera de la ciudad. Es decir, si usamos solo las 42 estaciones, con el método anterior estamos expandiendo algunos efectos locales a todo el polígono de influencia de esa estación, por lo que hay que buscar un nuevo modelo que evite expandir efectos locales a zonas extensas.
- Para el cálculo de la temperatura media en España solo se utilizaban 42 estaciones, cuando se dispone de datos de más de 1500 puntos de medida. Sansom y Tait ya pusieron en evidencia que el uso de una pequeña cantidad de datos de un lugar mejoraba sustancialmente la precisión de los campos de temperatura[3], por lo que emplear todos los datos disponibles sometidos a procesos de depuración y coherencia espacial, mejoraría los cálculos.
- Hay una creciente demanda para realizar representaciones cartográficas de variables climatológicas y, evidentemente, realizar un mapa de temperatura media en una superficie tan heterogénea como la de España con los datos de solo 42 estaciones es **totalmente insuficiente**. Hace casi dos siglos, JOHN RUSKIN ya advirtió de que «el meteorólogo es impotente por sí solo y sus observaciones son inútiles ya que se hacen sobre un punto, mientras que las especulaciones que se derivan de ellos deben de estar en el espacio»[4]. Y eso es lo que llevamos haciendo más de 150 años meteorólogos y climatólogos, en base a datos de un punto de observación. En un mapa de isobaras, por ejemplo, estamos estimando datos de presión atmosférica en una línea en base a datos puntuales de observatorios, y en un mapa climático de temperatura estamos estimando datos en una superficie a partir de datos puntuales de observatorios. A medida que la densidad va creciendo y a medida que van mejorando las técnicas climatológicas y los sistemas de información georreferenciada, el error cometido se va minimizando en esas estimaciones.

Con todas estas limitaciones del antiguo modelo, a partir de 2020 comenzó a usarse uno nuevo que ya venía aplicándose por AEMET desde hace años para el desarrollo de determinados productos, como el *Atlas climático ibérico* [5]. Para la representación de la temperatura hay un acuerdo internacional en que el modelo de regresión es el más adecuado.



STAHL y otros[6] sostienen que el método más adecuado y el que se ajusta más a la realidad que otras aproximaciones es la aplicación como modelo de una regresión lineal que hace uso de la altitud, longitud y latitud como variables predictoras y una interpolación de los residuos con un inverso de la distancia al cuadrado.

Por tanto, el método antiguo se cambió por otro más robusto y realista, usado internacionalmente en las últimas décadas, con el que aplican técnicas geoestadísticas en las que no solo se tiene en cuenta la temperatura registrada, sino que también se hacen ajustes con variables tales como la altitud, la latitud y la distancia en línea recta al mar con el fin de estimar datos de temperatura en lugares donde no hay observatorio. Este nuevo método permite usar todos los datos disponibles (que son más de 1500), con lo que se están usando datos de todo el territorio, urbanos, periurbanos, rurales, de montaña, etc. y los resultados son más realistas que empleando los datos de los 42 observatorios, que, en general provenían de los observatorios provinciales en las capitales.

Con estos métodos se logra filtrar el efecto isla de calor urbana que tienen algunos de los observatorios históricos provinciales, que se han quedado atrapados en el centro de las ciudades. También hemos logrado hacer una cartografía más realista de la temperatura en nuestro territorio y, por tanto, un cálculo más preciso, porque la altitud media considerada con el nuevo método se obtiene a partir del modelo digital de elevaciones utilizado en la generación de las rejillas, que es de 686 m, mientras que la altitud media de las 42 estaciones de referencia del método anterior, situadas la mayoría de ellas en capitales de provincia, es de tan solo 385 m, unos 300 m menor. Lógicamente, al considerar ahora una altitud más realista en los cálculos, que es unos 300 superior a la del antiguo método, ahora las temperaturas son sensiblemente más bajas que las calculadas por el anterior método.

Otra de las limitaciones del antiguo modelo también queda resuelta, ya que con el nuevo se elaboran rejillas con un tamaño de celda de 1 km en la que se respetan los datos originales de los observatorios y se estima la temperatura en aquellos lugares sin observación. Con estas rejillas podemos hacer recortes a otras superficies más pequeñas, como comunidades autónomas (incluida Canarias), provincias o ciudades autónomas. Así, a partir de 2020 no solo se disponen de datos nacionales, sino también de estadísticas provinciales y autonómicas.

Con el nuevo método, además, se permiten hacer depuraciones de datos sospechosos o erróneos y hacer pruebas de la bondad de cada estimación mediante métodos de correlación cruzada y no dependemos de la necesaria disponibilidad de todos los datos de las 42 estaciones (39 de la Península más 3 de Baleares) que necesariamente se requería con el método anterior. Con el antiguo modelo, cuando una de las 42 estaciones presentaba lagunas había que realizar un relleno de datos, bien con estaciones cercanas, bien extrayendo el dato de los cálculos en rejilla. En climatología la calidad de los datos es muy importante, pero la cantidad, también.

Las mismas tablas que se incluyeron en las figuras 2, 3 y 4 calculadas con el método antiguo y el periodo de referencia 1981-2010, se incluyen a continuación en las figuras 6, 7 y 8, pero con los cálculos del nuevo modelo y del nuevo periodo de referencia 1991-2020.



Temperatura media en la España peninsular																	
Método nuevo empleado desde septiembre de 2020. Cálculos en rejilla																	
Periodo de referencia nuevo (1991-2020). Empleado desde enero de 2023																	
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
1961	4.6	9.5	11.3	13.0	16.9	19.5	22.5	22.6	20.5	13.7	8.8	7.5	14.2	13.7	21.5	14.3	
1962	6.6	6.3	8.0	11.5	15.1	19.1	22.6	23.7	20.7	15.6	6.7	4.5	13.4	11.5	21.8	14.3	6.8
1963	5.1	4.2	8.8	11.0	14.9	18.6	22.5	21.1	17.7	15.7	10.0	5.0	12.9	11.6	20.7	14.5	4.6
1964	4.9	7.3	8.5	11.3	18.7	19.5	23.2	22.4	21.8	13.1	9.1	4.7	13.7	12.8	21.7	14.7	5.7
1965	4.8	4.5	9.3	11.8	17.2	20.8	21.7	22.4	16.8	14.5	8.7	6.8	13.3	12.8	21.6	13.3	4.7
1966	7.9	8.8	8.6	11.8	15.9	18.8	21.9	22.5	20.8	13.0	6.5	6.1	13.6	12.1	21.1	13.4	7.8
1967	5.3	6.9	10.6	10.5	13.8	17.9	23.9	22.4	18.8	16.0	9.3	4.5	13.3	11.6	21.4	14.7	6.1
1968	5.8	6.7	8.1	11.2	14.3	19.7	22.9	21.8	18.8	17.1	9.8	6.3	13.5	11.2	21.5	15.2	5.7
1969	6.4	4.7	8.3	11.1	14.3	17.8	23.2	22.3	16.3	14.4	7.9	4.7	12.6	11.2	21.1	12.9	5.8
1970	6.8	6.5	6.9	11.1	14.8	19.2	23.2	22.0	21.1	13.3	11.2	3.2	13.3	10.9	21.5	15.2	6.0
1971	4.3	6.7	5.6	11.0	12.9	17.1	22.3	21.6	19.3	15.9	6.4	5.8	12.4	9.8	20.3	13.9	4.7
1972	3.6	5.9	8.0	10.4	13.2	17.6	21.7	20.6	16.0	12.6	9.5	5.4	12.0	10.5	20.0	12.7	5.1
1973	4.6	5.2	7.4	10.5	15.3	18.7	21.7	23.6	19.2	13.1	9.3	4.6	12.8	11.1	21.3	13.9	5.1
1974	6.7	5.6	7.8	9.5	15.1	18.6	22.4	21.9	17.8	10.6	8.9	6.4	12.6	10.8	21.0	12.4	5.6
1975	6.5	7.3	6.7	10.4	12.7	18.2	23.3	22.5	17.4	14.4	8.4	4.2	12.7	9.9	21.3	13.4	6.7
1976	4.9	6.6	8.5	9.4	15.5	20.7	22.3	21.7	17.1	11.8	7.0	6.8	12.7	11.1	21.6	12.0	5.2
1977	5.5	7.8	9.8	11.9	13.1	16.5	19.5	19.4	19.3	14.4	8.8	8.1	12.8	11.6	18.5	14.2	6.7
1978	4.6	7.5	9.4	9.5	12.9	16.5	22.1	22.3	20.6	13.8	8.7	7.6	13.0	10.6	20.3	14.4	6.7
1979	6.5	7.0	7.9	9.7	14.9	19.8	22.6	22.1	18.9	13.2	8.7	6.6	13.2	10.8	21.5	13.6	7.0
1980	5.4	7.9	8.6	10.6	13.0	18.3	21.1	23.5	20.8	13.9	8.3	4.4	13.0	10.7	21.0	14.3	6.6
1981	5.2	5.6	11.0	10.6	13.8	20.4	21.8	22.3	19.5	15.0	11.3	7.6	13.7	11.8	21.5	15.3	5.1
1982	7.5	7.2	9.1	11.6	15.4	20.4	23.0	22.1	19.0	13.1	8.9	5.8	13.6	12.0	21.8	13.7	7.4
1983	5.9	5.0	10.4	10.5	13.2	20.4	22.9	21.1	21.2	15.9	11.7	6.9	13.8	11.4	21.5	16.3	5.6
1984	5.6	5.6	6.7	13.1	10.6	18.1	23.2	21.1	18.6	13.7	9.7	6.6	12.7	10.1	20.8	14.0	6.0
1985	3.3	8.7	7.6	12.1	13.0	19.5	23.5	22.4	21.7	16.0	8.5	6.7	13.6	10.9	21.8	15.4	6.2
1986	5.4	5.5	8.8	7.9	16.7	19.6	23.0	22.0	19.7	15.1	9.3	6.1	13.3	11.1	21.5	14.7	5.9
1987	4.8	6.6	10.1	12.8	14.9	19.4	22.0	23.4	21.8	13.4	9.2	8.0	13.9	12.6	21.6	14.8	5.8
1988	7.2	6.6	9.6	11.4	14.4	17.2	21.9	22.9	19.7	15.1	10.0	5.7	13.5	11.8	20.7	14.9	7.3
1989	5.3	7.4	10.9	9.4	16.3	19.8	24.3	23.5	18.4	15.4	10.9	9.3	14.2	12.2	22.5	14.9	6.1
1990	5.7	10.2	10.4	10.0	16.1	19.9	23.8	23.5	20.6	14.1	8.8	4.7	14.0	12.2	22.4	14.5	8.4
1991	5.1	5.3	9.5	10.1	13.8	19.8	23.2	24.4	20.4	11.9	8.7	6.7	13.2	11.1	22.5	13.7	5.0
1992	3.8	6.7	9.4	12.0	16.6	15.7	22.8	23.0	18.8	12.0	10.7	6.9	13.2	12.7	20.5	13.8	5.7
1993	5.6	6.1	9.1	10.7	13.9	19.1	22.1	22.4	16.7	11.3	8.2	7.0	12.7	11.2	21.2	12.1	6.2
1994	5.8	6.9	11.6	10.4	15.4	20.0	24.5	23.8	17.1	14.5	11.2	7.3	14.0	12.5	22.8	14.3	6.6
1995	6.5	8.7	9.7	12.3	16.8	19.3	23.5	22.7	16.8	16.5	11.3	7.9	14.3	12.9	21.8	14.9	7.5
1996	7.5	5.5	9.0	12.2	14.4	20.2	22.4	21.1	16.8	13.9	9.5	7.0	13.3	11.9	21.2	13.4	7.0
1997	6.1	9.5	12.5	13.7	15.4	17.8	20.9	22.4	20.1	16.1	9.9	7.1	14.3	13.9	20.4	15.4	7.5
1998	6.9	9.0	11.4	10.1	14.5	19.9	23.1	23.5	19.1	13.5	9.2	5.6	13.8	12.0	22.2	13.9	7.7
1999	5.8	6.3	9.4	12.1	16.6	19.9	23.4	23.0	18.8	14.3	7.4	6.3	13.6	12.7	22.1	13.5	5.9
2000	4.1	9.5	10.3	10.1	16.3	20.6	22.0	22.4	19.5	13.6	8.5	7.9	13.7	12.2	21.7	13.9	6.6
2001	6.9	7.5	11.7	12.0	15.3	21.3	21.9	23.3	18.5	15.8	7.5	4.4	13.8	13.0	22.2	13.9	7.4
2002	6.8	8.3	10.3	11.8	14.2	20.6	22.1	21.2	18.2	14.5	10.0	8.2	13.9	12.1	21.3	14.2	6.5
2003	5.4	5.7	10.8	11.9	16.3	22.6	23.3	24.8	19.5	13.2	9.8	6.5	14.2	13.0	23.6	14.2	6.4
2004	7.2	7.1	8.3	10.6	13.7	21.7	22.7	22.5	20.1	15.0	8.4	6.0	13.6	10.9	22.3	14.5	6.9
2005	4.6	4.0	9.2	12.3	16.9	22.3	23.6	22.9	18.7	14.9	8.3	5.3	13.6	12.8	22.9	14.0	4.9
2006	4.5	5.6	10.2	13.2	17.3	20.9	24.7	22.1	20.2	16.3	11.5	5.9	14.4	13.6	22.6	16.0	5.1
2007	6.2	8.4	8.9	11.9	15.4	19.0	22.4	21.7	19.0	14.2	8.6	5.9	13.5	12.1	21.0	13.9	6.8
2008	7.4	8.7	9.4	12.2	14.4	19.3	22.2	22.6	18.1	13.6	7.3	5.5	13.4	12.0	21.4	13.0	7.3
2009	4.9	6.8	10.3	10.7	16.8	21.2	23.3	23.9	19.1	16.3	11.0	6.3	14.2	12.6	22.8	15.5	5.7
2010	5.2	6.0	8.4	12.8	14.3	19.0	24.2	23.5	19.2	13.4	8.1	6.1	13.4	11.8	22.2	13.6	5.8
2011	6.1	7.6	9.0	14.8	17.1	20.0	21.8	23.4	20.6	16.0	10.5	6.8	14.5	13.6	21.7	15.7	6.6
2012	6.1	4.5	10.2	10.2	17.0	21.3	22.6	24.1	19.4	14.4	9.4	7.1	13.9	12.5	22.7	14.4	5.8
2013	6.5	5.8	8.7	11.3	13.0	18.4	23.7	23.0	19.9	15.9	8.5	6.0	13.4	11.0	21.7	14.8	6.5
2014	7.3	6.8	9.8	14.2	15.6	19.7	21.9	22.4	20.1	17.1	10.7	6.3	14.3	13.2	21.3	16.0	6.7
2015	5.7	5.5	10.1	13.1	17.6	21.1	25.4	23.0	18.2	14.7	11.2	9.1	14.6	13.6	23.2	14.7	5.8
2016	8.0	7.5	8.2	11.2	14.7	20.3	24.1	23.8	20.5	15.9	9.2	7.5	14.2	11.4	22.7	15.2	8.2
2017	5.2	8.5	10.6	13.4	17.4	22.8	23.6	23.5	19.0	17.2	9.6	6.1	14.7	13.8	23.3	15.3	7.1
2018	6.8	5.2	8.0	12.0	14.9	19.6	22.7	24.1	21.5	14.3	9.6	8.2	13.9	11.6	22.1	15.1	6.0
2019	5.8	8.5	10.6	11.2	16.0	20.0	23.9	23.5	19.7	15.6	9.1	8.5	14.4	12.6	22.5	14.8	7.5
2020	6.6	10.4	10.2	12.7	17.8	19.5	24.7	23.4	19.5	13.5	11.3	6.8	14.7	13.6	22.5	14.8	8.5
2021	5.1	9.5	9.9	12.1	15.8	19.9	22.9	23.6	19.7	15.4	8.2	8.5	14.2	12.6	22.1	14.4	7.1
2022	6.4	8.9	9.2	11.2	18.2	21.9	25.7	24.7	19.8	18.0	11.3	9.5	15.4	12.9	24.1	16.4	7.9
2023	5.9	6.7	11.6	14.9	16.1	21.1	24.3	24.8	20.2	17.2	11.5	7.5	15.2	14.2	23.4	16.3	7.4
2024	8.4	9.6	10.4	13.2	15.7	-	-	-	-	-	-	-	-	13.1	-	-	8.5

Valores normales en la España peninsular																	
Periodo de referencia nuevo (1991-2020). Empleado desde enero de 2023																	
Mínimo, máximo, media y quintiles																	
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Mínimo 1981-2010	3.8	4.0	8.0	10.1	13.0	15.7	20.9	21.1	16.7	11.3	7.3	4.4	12.7	10.9	20.4	12.1	4.9
Q1 1981-2010	5.2	5.6	9.0	10.7	14.4	19.3	22.1	22.4	18.2	13.5	8.4	6.0	13.4	11.8	21.3	13.8	5.8
Q2 1981-2010	5.8	6.5	9.4	11.9	15.4	19.9	22.7	23.0	19.0	14.3	9.2	6.3	13.8	12.2	22.0	14.1	6.5
Q3 1981-2010	6.3	7.5	10.2	12.1	16.3	20.2	23.3	23.4	19.5	14.9	9.7	6.9	14.1	12.7	22.4	14.7	6.7
Q4 1981-2010	6.9	8.5	10.6	12.9	16.9	21.2	23.9	23.8	20.1	16.0	10.8	7.6	14.3	13.3	22.7	15.2	7.4
Máximo 1981-2010	8.0	10.4	12.5	14.8	17.8	22.8	25.4	24.8	21.5	17.2	11.5	9.1	14.7	13.9	23.6	16.0	8.5
MEDIA	6.0	7.1	9.8	11.9	15.6	20.1	23.1	23.0	19.1	14.6	9.5	6.7	13.9	12.4	22.1	14.4	6.6

Anomalia de temperatura en la España peninsular													
Método nuevo empleado desde septiembre de 2020. Cálculo en reglón													
Período de referencia nuevo (1801-2020). Empleado desde marzo de 2021													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prom.
1792	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1793	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1794	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1795	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1796	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1797	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1798	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1799	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1800	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1801	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1802	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1803	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1804	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1805	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1806	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1807	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1808	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1809	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1810	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1811	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1812	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1813	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1814	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1815	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1816	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1817	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1818	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1819	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1820	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1821	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1822	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1823	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3
1824	-0.8	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.8	-1.0	-		

[illegible]

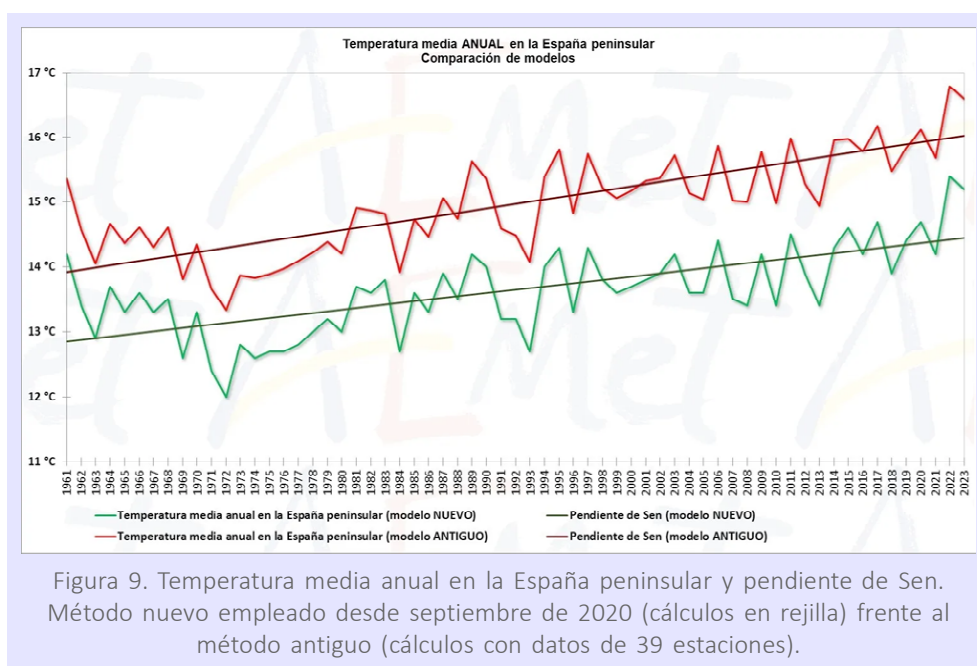
Como el método de cálculo y el periodo normal empleado para elaborar estas tablas son los nuevos, la temperatura media, la anomalía y el carácter de la primavera de 2016 ya no coinciden con las del resumen climático de 2016 que está en la página web de AEMET, elaborados con el método anterior, mientras que, lógicamente, los datos de la primavera de 2024 ahora sí coinciden con los reflejados en el documento alojado en la web de AEMET, ya que este boletín ha sido elaborado con los nuevos criterios. Así, con el modelo nuevo y

los valores normales del nuevo periodo, la temperatura media de la primavera de 2016 sería de 11,4 °C (frente a 13,1 calculado con el modelo anterior) y la de 2024 la que figura en el resumen climático alojado en la página de AEMET, 13,1 °C (frente a 14,7 calculado con el modelo anterior). El carácter de la primavera de 2016, al actualizar al nuevo periodo de referencia, pasaría a ser muy frío (frente al carácter frío calculado con los anteriores valores normales), mientras que el carácter de la de 2024 sería cálido (frente al carácter muy cálido calculado con los anteriores valores normales). Por último, la anomalía de temperatura de la primavera de 2016 con el modelo y valores normales actuales sería de -1,0 °C (frente a -0,5 anterior) y la de 2024 sería de +0,7 °C (frente a +1,1 anterior).

#### 4. Tendencias de temperatura en España desde 1961

En este punto vamos a poner en paralelo las series de la temperatura media anual en la España peninsular calculada con el método antiguo de las 39 estaciones y con el método nuevo de las rejillas, así como las tendencias. Para la estimación de la tendencia en la serie de datos se ha empleado el estimador de Sen (Sen, 1968); y para el análisis de significación, el test de Mann-Kendall (Kendall & Gibbons, 1990). En ambas series se ha encontrado una tendencia estadísticamente significativa, con un 95 % de nivel de confianza, de que la temperatura media anual ha ascendido entre 1961 y 2023 en España, puesto que en ambos casos el p-valor computado ( $<0,0001$ ) es menor que el nivel de significación  $\alpha=0,05$ .

Como hemos venido afirmando, el método antiguo podía estar expandiendo fenómenos locales, como islas de calor urbano, a un área no urbana, y así se deduce del análisis visual y de las pendientes calculadas para realizar el gráfico de la figura 9, en el que se aprecia que la pendiente de la línea de tendencia del método antiguo es mayor que la del método nuevo, que filtra esos efectos locales.



Consecuentemente, el calentamiento de los últimos 63 años es significativamente más intenso con el método antiguo que con el nuevo (+0,52 °C en 63 años en el método antiguo respecto al nuevo y 0,08 °C/década más). Además, la temperatura media anual, en promedio, es 1,3 °C más baja con el método nuevo que con el antiguo.

	Temperatura media 1961-2023	Año más cálido 1961-2023	Año más frío 1961-2023	Ascenso calculado 1961-2023	Tendencia por década °C/década
Modelo nuevo	+13.63 °C	15.4 °C (2023)	12.0 °C (1972)	+1.62 °C	+0.26
Modelo antiguo	+14.97 °C	16.8 °C (2023)	13.3 °C (1972)	+2.14 °C	+0.34
Diferencia (antiguo - nuevo)	+1.33 °C	+1.4 °C	+1.3 °C	+0.52 °C	+0.08

Figura 10. Estadística básica de la temperatura media en la España peninsular.

Estas tendencias de la temperatura media en las últimas décadas calculadas con las nuevas técnicas geoestadísticas y con los datos de las redes de observación de la Agencia Estatal de Meteorología son coherentes con los reanálisis realizados por organismos como Copernicus, la NASA, la NOAA o el Met Office.

Finalmente, una utilidad más que ofrecen las nuevas técnicas de cálculo es que los estadísticos extraídos de las rejillas calculadas con técnicas geoestadísticas son muy robustos y, dado que los cambios de temperatura en las estaciones de latitudes medias y altas separadas por menos de 1000 km están altamente correlacionados[7], una rejilla de 1920, por ejemplo, elaborada con unas pocas decenas de estaciones (en ese año había datos de 129 observatorios) es suficiente para hacer una estimación del valor medio de un territorio más o menos amplio como es la Península. Con este número tan bajo de estaciones no se podría realizar una cartografía que reflejase singularidades locales de la misma manera que una rejilla de 2024 con más de 1500 estaciones, pero sí obtener estadísticos como el valor medio de temperatura de la Península.

ANDRÉS CHAZARRA[8], BELINDA LORENZO y ROSER BOTEY, del Área de Climatología y Aplicaciones Operativas de la Agencia Estatal de Meteorología, extendieron los cálculos de temperatura media en España hasta el año 1916 y en las XXXVI Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española, ANDRÉS CHAZARRA[9], BELINDA LORENZO y JOSÉ ÁNGEL NÚÑEZ, presentaron los resultados preliminares de la extensión de los cálculos hasta 1869, año en el que había 21 observatorios.

Los resultados de estas reconstrucciones han sido muy satisfactorios y coherentes con los de otras reconstrucciones de organismos internacionales.

## Referencias

- [1] LA GACETA DE LA IBEROSFERA, 22 de junio de 2024. [La AEMET manipula la percepción de la temperatura en primavera](#) (gaceta.es).
- [2] EL DEBATE, 24 de junio de 2024. [La Aemet dice que la primavera fue «cálida» aunque tuvo los mismos grados que en 2016, cuando dijo que era «fría»](#) (eldebate.com).
- [3] SANSOM, J. y TAIT, A., 2004. Estimation of long-term climate information at locations with short-term data records. *Journal of Applied Meteorology*, 43(6), 915-923. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2004\)043<0915:EOLCIA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2004)043<0915:EOLCIA>2.0.CO;2)
- [4] RUSKIN, J., 1839. On the Old Road: Volume II.

- [5] AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA DE ESPAÑA e INSTITUTO DE METEOROLOGÍA DE PORTUGAL, 2011. Atlas climático ibérico: temperatura del aire y precipitación (1971-2000). <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/372>
- [6] STAHL, K., MOORE, R. D., FLOYER, J. A., ASPLIN, M. G. y MCKENDRY, I. G., 2006. Comparison of approaches for spatial interpolation of daily air temperature in a large region with complex topography and highly variable station density. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139, 224-236.
- [7] HANSEN, J. y LEBEDEFF, S., 1987. Global trends of measured surface air temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 92(D11), 13345-13372. <https://doi.org/10.1029/JD092ID11P13345>
- [8] CHAZARRA-BERNABÉ, A., LORENZO MARIÑO, B. y BOTEY, M. R., 2021. Development of high resolution gridded datasets of monthly temperature since 1916 for Spain. <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/15308>
- [9] CHAZARRA-BERNABÉ, A., LORENZO MARIÑO, B. y NÚÑEZ MORA, J. Á., 2024. Reconstrucción de la serie histórica de temperatura media mensual en España desde 1869 a partir de datos en rejilla. <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/16825>



## 2021-2023: ANÁLISIS DE LA SEQUÍA EN CATALUÑA

Beatriz Téllez Jurado, Oriol Ripoll Sancho  
y Ramón Pascual Berghaenel  
Delegación territorial de AEMET en Cataluña

(publicado en el blog de AEMET  
el 10 de agosto de 2024)



Embalse de Sau al 13 % de su capacidad.

Sant Romà de Sau (Barcelona).

Autor: [Amadalvarez](#), [CC BY-SA 4.0](#),  
vía Wikimedia Commons.

Desde el otoño de 2020 y especialmente en los tres años siguientes, Cataluña ha sufrido una importante sequía. En términos de escasez de precipitaciones, es una de las más intensas de las últimas décadas y coincide con un periodo de temperaturas altas, lo que incrementa la escasez de recursos hídricos por el aumento de la evaporación. En este artículo se analizan las características pluviométricas de los últimos tres años en Cataluña, la evolución del índice SPI (que se utiliza para cuantificar la sequía meteorológica) y los patrones atmosféricos (conocidos como situaciones sinópticas) que han predominado durante este periodo seco.

### Características pluviométricas del periodo

Entre el 19 y el 23 de enero de 2020 el temporal de levante asociado a la borrasca de gran impacto Gloria, nombrada por AEMET el día 17 de ese mes, y a un potentísimo anticiclón británico, aportó unas cantidades de precipitación muy elevadas a buena parte del territorio catalán, además de generar vientos fuertes y un extraordinario temporal marítimo. Los daños materiales fueron muy cuantiosos (se estimaron en unos 45 millones de euros) y hubo que lamentar 4 víctimas mortales confirmadas, pero, por otro lado, las abundantes y generalizadas lluvias tuvieron un impacto positivo indiscutible, especialmente si se tiene en cuenta la carestía hídrica de los siguientes tres años (VVAA, 2020; PASCUAL y otros, 2020). De hecho, enero de 2020, con una media para Cataluña de 160 mm, fue el tercero más lluvioso de los últimos 104 años.



En conjunto, el año 2020 fue muy húmedo pero a partir del final del verano de ese mismo año las lluvias comenzaron a escasear. Se entró luego en un trienio de manifiesta indigencia pluviométrica que se prolongó durante el invierno de 2024. Las precipitaciones acumuladas de los años 2021 (531 mm) y 2022 (500 mm) fueron disminuyendo progresivamente hasta culminar en 2023 en que no se alcanzaron los 450 mm.

Una visión más amplia de la dimensión del déficit hídrico de estos años se obtiene si se compara con el resto de la serie de precipitaciones anuales promediadas para Cataluña (figura 1). En esta serie, que se inicia en 1920, 2023 fue el año más seco, estableciendo un nuevo hito en las precipitaciones mínimas anuales promediadas para Cataluña con un valor de 430 mm. Las precipitaciones del año anterior también lo situaron entre los más secos.

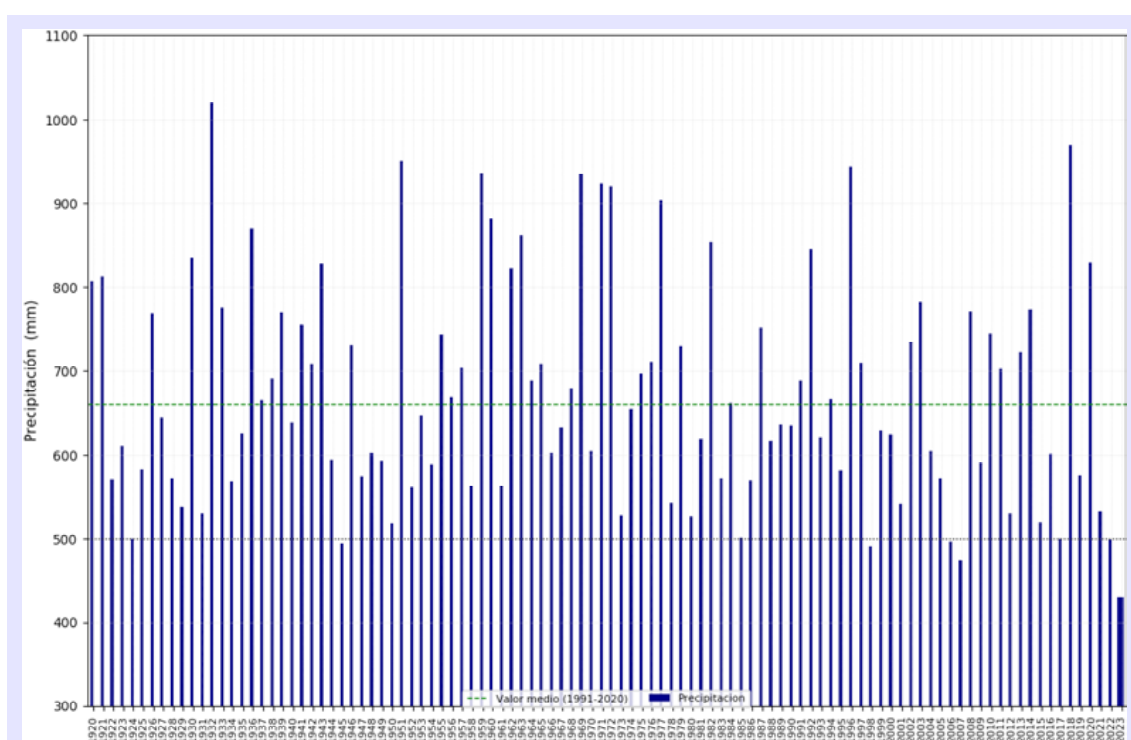


Figura 1. Serie de precipitaciones medias anuales en Cataluña (1920-2023).

En la figura 1 se observa que tan solo en dos ocasiones (2006-2007 y 2022-2023) las precipitaciones no superaron los 500 mm durante dos años consecutivos. Cabe destacar que estos dos episodios han ocurrido en los 20 últimos años.

Sin embargo, no solo fueron las precipitaciones tan escasas del bienio 2022-2023 las que encendieron las alarmas, sino que también lo hizo la persistencia de las temperaturas altas. Un bienio en los que las temperaturas medias anuales superaron ampliamente los valores máximos anteriores. Una evolución inaudita de la temperatura en la que se dieron episodios cálidos muy persistentes, salpicados de picos muy intensos, que agudizaron los efectos del déficit hídrico.

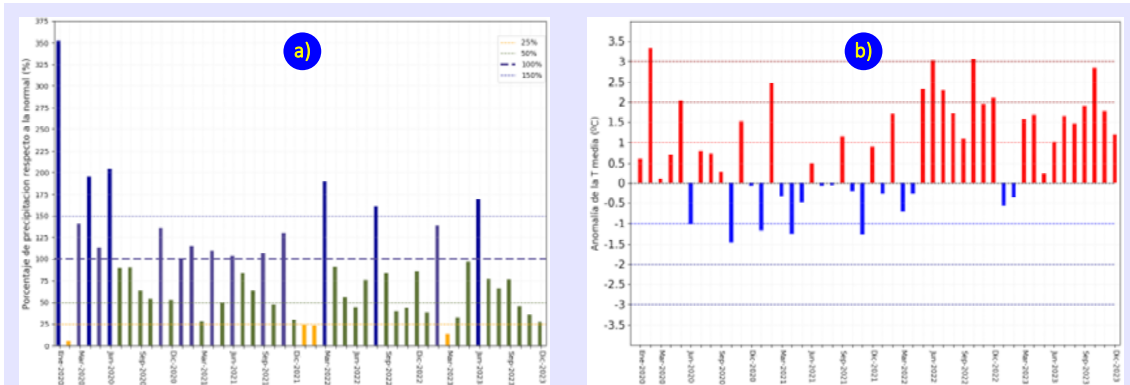


Figura 2. a) Porcentajes de las precipitaciones mensuales respecto a los valores normales. b) Anomalías de las temperaturas medias mensuales con respecto a los valores normales. Periodo de referencia (1991-2020).

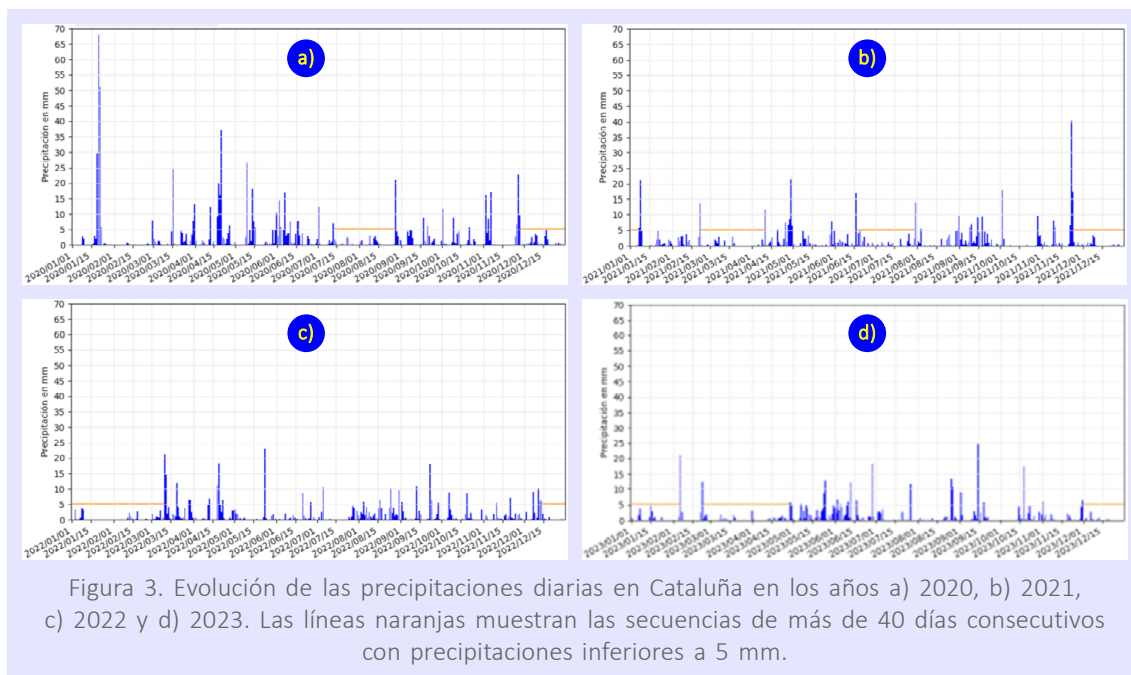
En el estudio de la precipitación a escala mensual de los años 2020-2023 resalta, sin lugar a duda, enero de 2020 que, debido al temporal Gloria, multiplicó 3,5 veces el valor de referencia (figura 2a). Pasado el primer semestre se puede situar el inicio de la sequía. De los 48 meses de estudio, dos terceras partes fueron deficitarios (porcentajes inferiores al 100 %) concentrándose en largas secuencias en los dos últimos años. El déficit hídrico se agudizó progresivamente y fue aumentando el número de meses en los que las precipitaciones fueron inferiores a la mitad de los valores esperados. Concretamente seis meses de 2023 no alcanzaron este valor.

También en estos dos últimos años las secuencias cálidas se hicieron más persistentes e, incluso, en varios meses las anomalías de las temperaturas medias superaron el umbral de los 2 °C (figura 2b).

Los trimestres de septiembre a noviembre fueron los que más acusaron el déficit hídrico. Los otoños de 2022 y 2023 fueron muy secos (y también extremadamente cálidos). En ambos, las precipitaciones trimestrales se redujeron a la mitad de los valores esperados. Los efectos de la carestía hídrica del otoño fueron más acusados por las temperaturas altas de los meses del estío. Dos veranos marcados por los episodios cálidos persistentes e intensos que derivaron finalmente en dos de los veranos más cálidos que se han dado en Cataluña al menos en los últimos 84 años.

Las provincias costeras fueron las más afectadas por el reiterado déficit hídrico otoñal dado que esta estación es la que más aporta al cómputo total del año. Este déficit fue especialmente acusado en la provincia de Barcelona ya que los escasos temporales de levante que se dieron en los dos últimos años dejaron muy pocas precipitaciones.

Por otra parte, a escala diaria se observaron largas secuencias de días en los que las precipitaciones no fueron significativas o, en caso contrario, fueron muy locales (figura 3). Estas secuencias largas (superiores a 40 días) han sido más reiterativas en las estaciones del invierno y de la primavera. Excepto en el invierno de 2019-2020, rachas secas de longitud superior a 40 días se han dado en todos los inviernos, incluido el de 2023-2024. Destacaron especialmente las del invierno de 2021-2022 (106 días) y de la primavera de 2022 (63 días).



En el invierno de 2021-2022 un total de 106 días consecutivos no se superaron los 5 mm (entre el 25 de noviembre de 2021 y el 10 de marzo de 2022). Inmersa en esta secuencia se dio un largo episodio seco entre el 11 de enero y el 12 de febrero con precipitaciones que no alcanzaron los 2 mm. Fue un invierno marcado por un bloqueo anticiclónico que derivó en el tercer invierno más seco desde 1920 además de uno de los más cálidos desde 1940. Las comarcas pirenaicas más occidentales fueron las que menos acusaron el déficit hídrico.

Otra secuencia de estas características se dio en el invierno de 2022-2023, con 54 días consecutivos (15 de diciembre de 2022 hasta el 6 de febrero de 2023), y pocos días después otra de 63 días que afectó a gran parte de la primavera (desde el 24 de febrero de 2023 hasta el 28 de abril de 2023). De hecho, la primavera de 2023, además de ser extremadamente cálida, fue una de las diez primaveras más secas de los últimos 100 años. El déficit hídrico fue especialmente acusado en el interior de Lleida siendo vitales para esta zona las lluvias primaverales.

Las gráficas diarias también muestran la escasez de días con precipitaciones muy copiosas típicas de las zonas mediterráneas que hubieran podido paliar en parte los episodios de escasez y por ende la acusante sequía. Mientras que en 2020 se superaron los 10 mm en 20 días (con el temporal Gloria se superaron dos días consecutivos los 50 mm), en los tres años siguientes estos días pluviosos se redujeron a la mitad (9, 11 y 10 respectivamente).

### Sequía meteorológica

La sequía es un fenómeno complejo ya que en su aparición, desarrollo y finalización intervienen factores de distinta índole, tanto naturales como antrópicos; la determinación precisa de los momentos de aparición y desaparición a menudo no es posible y, además, existen diferentes tipos de sequía según el aspecto analizado: meteorológica,

hidrológica, agrícola, socioeconómica, ... Ordinariamente se ha considerado que toda sequía empieza por un déficit pluviométrico significativo pero, de hecho, un exceso del consumo puede llevar a condiciones de sequía hidrológica o agrícola, si no va acompañado de precipitaciones más abundantes de lo normal. En todo caso, aquí vamos a analizar brevemente la sequía meteorológica que se ha detectado de forma objetiva en Cataluña a lo largo de los años analizados teniendo en cuenta solamente las precipitaciones registradas, o más propiamente dicho, las no registradas.

La caracterización objetiva de las sequías meteorológicas se acostumbra a hacer mediante una serie de índices siendo probablemente uno de los más usados el *Standardized Precipitation Index* (SPI). Reproducimos aquí directamente una parte de lo publicado en la página web interna de la Sección de Hidrología de AEMET en referencia a este índice por su carácter tan didáctico:

*La comprensión acerca de cómo el déficit de la precipitación afecta de diferente manera a las reservas de aguas subterráneas y de los embalses, a la humedad del suelo, la capa nival y a los caudales de los ríos condujeron a McKee, Doesken y Kleist a desarrollar el índice de precipitación estandarizado (SPI) en 1993. El SPI fue diseñado para cuantificar el déficit de precipitación para múltiples escalas temporales. Estas escalas temporales reflejan el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos. Las condiciones de humedad en el suelo responden a anomalías de la precipitación a escalas relativamente cortas. Las reservas de agua subterránea y de los embalses y los caudales de los ríos reflejan anomalías a largo plazo de la precipitación. Por estas razones, McKee y otros (1993) calcularon inicialmente el SPI para escalas temporales de 3, 6, 12, 24 y 48 meses.*

*El cálculo del SPI para un lugar determinado parte de la serie larga de precipitación correspondiente al periodo deseado. Este registro histórico de datos es ajustado a una distribución de probabilidad, la cual es luego transformada a una distribución normal tal que el valor medio del SPI para ese lugar y periodo elegido es cero (Edwards y McKee, 1997). Valores positivos del SPI indican una precipitación superior a la media, y valores negativos indican una precipitación inferior a la media. Puesto que el SPI está normalizado, tanto los periodos húmedos como los secos se pueden representar de la misma manera, y puede hacerse un seguimiento de cualquier periodo usando el SPI.*

*McKee y otros (1993) usaron un sistema de clasificación con el SPI, como el mostrado en el listado inferior, para definir el carácter, en cuanto a la precipitación, de un periodo temporal cualquiera.*

#### VALORES DEL SPI

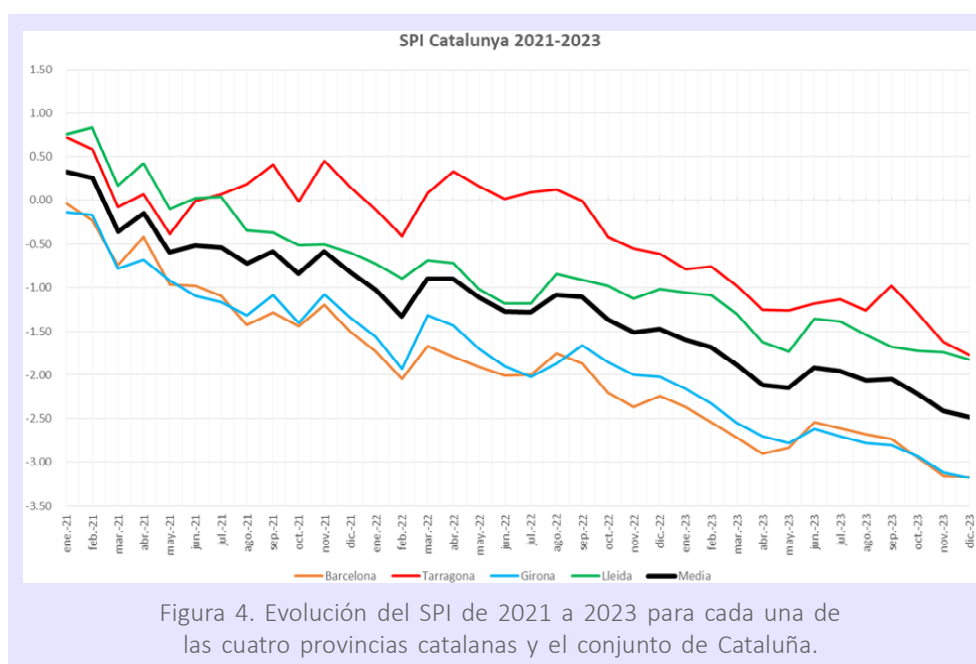
2,0 o más	Extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	Muy húmedo
1,0 a 1,49	Moderadamente húmedo
-,99 a ,99	Aproximadamente normal
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco
-1,5 a -1,99	Muy seco
-2,0 o menos	Extremadamente seco

McKee y otros (1993) también establecieron el criterio para definir un episodio de sequía (para cualquier escala temporal). Un periodo seco o sequía se produce siempre que el SPI es continuamente negativo y alcanza un valor de  $-1,0$  o menos. La sequía finaliza cuando el SPI pasa a ser positivo. Cada episodio de sequía, por tanto, tiene una duración, definida entre su comienzo y su final, y una intensidad para cada mes en que se mantiene. La suma de los valores del SPI de todos los meses incluidos en el episodio seco se denomina «magnitud» de la sequía.

Mediante la tabla anterior se puede analizar el SPI, de un lugar determinado, calculando el porcentaje del número de veces en que el SPI se encuentra en cada categoría, y puesto que el índice está estandarizado esos porcentajes son los esperados de una distribución normal. Operativamente el SPI se puede utilizar para hacer el seguimiento de las condiciones meteorológicas actuales, mediante mapas mensuales, y determinar la rareza de un episodio de sequía que se esté produciendo.

En la figura 4 se puede ver cómo evolucionó a la baja el valor del SPI para el conjunto de Cataluña y para cada una de sus cuatro provincias a lo largo de los años 2021 a 2023. Este índice ha sido calculado por el Área de Climatología y Aplicaciones Operativas de AEMET. En términos absolutos las provincias de Barcelona y Girona son las que muestran los menores valores a lo largo de todo el periodo, incrementándose las diferencias entre estas dos provincias y las de Tarragona y Lleida a partir de aproximadamente mayo de 2021. Tarragona aguantó con valores positivos mayoritariamente hasta septiembre de 2022 mientras que Lleida ya había entrado en valores negativos en julio de 2021. Las dos provincias del nordeste de Cataluña tuvieron valores por debajo de 0 durante todo el tiempo.

Cabe resaltar que las cuencas internas de Cataluña, aquellas cuyos ríos —de mayor o menor recorrido— van directamente a desembocar en el mar Mediterráneo, y no al río Ebro, pertenecen fundamentalmente a las provincias de Barcelona y Girona y en menor



medida a Tarragona. Por lo tanto, fueron estas las que estuvieron especialmente afectadas por esta sequía de larga duración. A pesar de la recuperación pluviométrica a lo largo de los meses transcurridos de 2024, el extremo nordeste de la España peninsular siguió siendo el ámbito geográfico que acusó la sequía más intensa en los últimos tres años y la reserva hídrica de las cuencas internas era, aún a principios de junio de 2024, de las más bajas del Estado español, con poco menos de un 33 % de agua almacenada en sus embalses.

Sequía y situaciones sinópticas

La sequía meteorológica es el resultado de una concatenación de rachas secas y periodos de escasa pluviometría con algunos episodios lluviosos, no muy significativos, intercalados. Se ha analizado en este apartado si los diferentes tipos de situaciones sinópticas que han estado presentes a escala diaria a lo largo de los años 2021 a 2023 pueden explicar la escasez general de los totales de precipitación mensuales y anuales. Otra cuestión, no abordada aquí, es por qué se han dado esas situaciones sinópticas y no otras: relación con la circulación general atmosférica, patrones de teleconexión, etc.

Este análisis se ha basado en la asignación diaria al tipo de situación sinóptica elaborada por el Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción (ATAP), de AEMET. A su vez para esa asignación se ha trabajado con la clasificación sinóptica clásica publicada por primera vez por Inocencio Font Tullot en 1983 y recuperada y actualizada por Carlos Santos y otros en 2019. La asignación de la situación sinóptica de un determinado día a un tipo de una clasificación facilita la comprensión rápida del tipo de tiempo que se puede esperar, complementaria al uso operativo de las salidas de los modelos numéricos de predicción. El área citada de AEMET está inmersa en un proyecto para que, mediante técnicas de IA, esa asignación se haga de forma automática. Naturalmente, es necesario un proceso de aprendizaje para la técnica consistente en la clasificación manual, subjetiva pero experta, de series de días pasados.

La clasificación de Font consta de los 23 tipos listados en la tabla 1.

TIPO	NOMBRE	TIPO	NOMBRE
Tipo 1	IZ Altas presiones en el Alántico subtropical	Tipo 12	ID Depresión atlántico-ibérica
Tipo 2	IZ Anticiclón subtropical atlántico	Tipo 13	ID Depresión del golfo de Cádiz
Tipo 3	IZ Anticiclón atlántico-mediterráneo	Tipo 14	ID Depresión balear
Tipo 4	IZi Anticiclón peninsular	Tipo 15	IDi Anticiclón ruso
Tipo 5	IZe Anticiclón de las Azores y depresión térmica peninsular	Tipo 16	IDi Anticiclón británico-escandinavo
Tipo 6	IMi Depresión del golfo de Vizcaya	Tipo 17	IDi Anticiclón atlántico-europeo
Tipo 7	IM Depresión británica	Tipo 18	ID Vaguada ibero-africana
Tipo 8	IMe Anticiclón atlántico y depresión térmica peninsular	Tipo 19	IIIi Depresión fría peninsular en invierno
Tipo 9	IMe Altas presiones sobre el Atlántico y Europa	Tipo 20	Ile Depresión fría peninsular en verano
Tipo 10	IM Depresión del golfo de Génova	Tipo 21	II Pantano barométrico
Tipo 11	IMi Anticiclón centroeuropeo	Tipo 22	IIIi Intensa circulación zonal a bajas latitudes
		Tipo 23	IIIi Circulación ondulada a bajas latitudes

Tabla 1. Clasificación de tipos sinópticos Font.



Una descripción completa de las características de cada uno de estos tipos se puede encontrar en [Santos y otros \(2019\)](#). La distribución de todos los días del periodo 2021-2023 se presenta en la tabla 2 junto con la precipitación media para cada día en el conjunto de Cataluña. En ella se puede ver como durante este trienio las cuatro situaciones sinópticas más frecuentes, con bastante diferencia en número de apariciones respecto a las 19 restantes, han sido la 1, altas presiones en el atlántico subtropical; la 9, altas presiones sobre el Atlántico y Europa; la 5, anticiclón de las Azores y depresión térmica peninsular; y la 12, depresión atlántico-ibérica. De las cuatro, tres son de carácter anticiclónico.

Aunque no se puede establecer una relación biunívoca simple entre tipo de situación y precipitación media es significativo que las tres situaciones anticiclónicas se encuentren entre el grupo del 50 % de tipos que han aportado menos pluviometría. Por otro lado, el tipo 12, como su nombre sugiere, ha tenido una aportación pluviométrica notable, la cuarta más elevada de la serie. En contraste con lo expuesto en este párrafo, a lo largo del año 2020, muy húmedo en Cataluña, el tipo Font más frecuente fue el 12, depresión atlántico-ibérica, con más del doble de fechas en el que estuvo presente que el tipo más frecuente siguiente, el 7, depresión británica. Por lo tanto, en una primera aproximación, los tipos sinópticos y sus caracteres pluviométricos explican el trienio seco tan acusado en Cataluña.

Tipo Font	Precipitación media (mm)	Número de días
1	<b>0,74</b>	<b>102</b>
2	2,00	26
3	0,18	26
4	0,17	47
5	<b>1,45</b>	<b>99</b>
6	1,60	30
7	1,22	42
8	3,04	59
9	<b>0,21</b>	<b>100</b>
10	0,91	21
11	0,30	40
12	<b>2,31</b>	<b>98</b>
13	3,13	19
14	1,84	22
15	0,19	7
16	0,26	61
17	1,40	51
18	0,03	14
19	16,44	4
20	2,17	9
21	1,72	25
22	2,16	41
23	2,32	66

Tabla 2. Frecuencia de aparición diaria de los tipos Font en el trienio 2021-2023 y precipitación media asociada en Cataluña.

## Conclusiones

---

Desde septiembre de 2020 y especialmente a lo largo de los años 2021, 2022 y 2023 Cataluña, y de forma destacada, el nordeste de esta región ha sufrido una de las sequías más intensas de las últimas décadas. Las situaciones sinópticas de carácter anticiclónico han sido frecuentes y ello ha comportado un déficit pluviométrico acusado. Además, a lo largo de estos años las temperaturas han sido especialmente elevadas, incrementándose, en consecuencia, las tasas de evaporación y evapotranspiración. Sin embargo, también hay que señalar que, en la región afectada, que incluye el área metropolitana de Barcelona y otras zonas también densamente pobladas y antropizadas, el consumo de agua dulce es muy elevado, hecho que naturalmente también influye en el nivel de agua embalsada. La sequía obligó a la Generalitat de Cataluña a decretar una situación de emergencia que conllevó tomar medidas complejas y en algunos casos controvertidas (regulación de uso y restricciones). Las lluvias de la segunda parte de la primavera de 2024 han mejorado la situación de los embalses y el estado hídrico de la vegetación pero casi nadie duda ya de que la sequía es un riesgo climático presente y probablemente creciente en un contexto de cambio climático antropogénico.

## Agradecimientos

---

A Juan Andrés García Valero, jefe del ATAP (Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción), por proporcionar la serie de situaciones Font en el periodo analizado y a Ramiro Romero Fresneda, jefe del Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas, por proporcionar las series de SPI. Sin su contribución y la de sus equipos hubiera sido imposible realizar este breve artículo.

## Referencias bibliográficas

---

PASCUAL, R., CUEVAS, G., ROA, A., REY, J. y ROULET, B., 2020. Storm Gloria 2020. *Newsletter euroforecaster.org*, 25.

SANTOS, C., SUBÍAS, A. y ROA, A., 2019. Recuperación de la clasificación sinóptica de Font: reconstrucción con el reanálisis ERA40. Nota técnica 27 de AEMET.

<https://doi.org/10.31978/639-19-013-7>

VV.AA., 2020. El temporal Glòria vist per la Geografia. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 89, 258 pp. Societat Catalana de Geografia. Institut d'Estudis Catalans (en catalán).

## DEL MITO DE LA GOTA FRÍA A LA PSICOSIS DE LA DANA

Vicente Aupí



(publicado en el blog de AEMET  
el 7 de diciembre de 2024)

Periodista, escritor y divulgador científico, observador-colaborador de AEMET en la estación oficial de Torremocha del Jiloca (Teruel)

*El 29 de octubre se produjo en varias zonas de España un excepcional temporal de lluvias torrenciales y persistentes que derivó en un episodio histórico de inundaciones. Las consecuencias, con más de 200 personas fallecidas y pérdidas económicas incalculables, son de dominio público, pero en estas últimas semanas asistimos, sorprendentemente, a una confusión generalizada sobre los factores que intervinieron en la excepcionalidad del temporal y constituye una verdadera paradoja que, de forma masiva, incluso en ámbitos especializados del mundo de la meteorología, se hable continuamente de «la dana del 29 de octubre» para referirse a este episodio. Es incorrecto. La dana, como en otras situaciones atmosféricas famosas que produjeron lluvias intensas (en algunos casos con inundaciones, en otros no), solo es un ingrediente, y no el más importante, de un escenario conjunto en el que intervienen factores meteorológicos, geográficos, territoriales y urbanísticos, entre otros.*

### Lo correcto es hablar de temporal de lluvias intensas o de inundaciones

Para referirnos a lo acontecido el 29 de octubre de 2024 en muchas poblaciones de la Comunidad Valenciana, Castilla-La Mancha, Andalucía, Murcia y otras zonas de España lo correcto es hablar de temporal (de lluvias intensas) o de inundaciones. También, por supuesto, de riada, de la misma forma que ocurrió en 1957 en Valencia. «La riada de 1957» es una denominación correcta, que sintetiza bien lo sucedido en la capital del Turia tras el desbordamiento del río del mismo nombre los días 13 y 14 de octubre de 1957. Aunque ya se conocía entre los meteorólogos, el concepto gota fría no era popular todavía, y eso evitó que se usara. A pesar de que uno de los factores meteorológicos de aquel temporal del 13-14 de octubre de 1957 fue una gota fría, hubiera sido peregrino que después alguien se hubiera referido a aquel hito de la historia de Valencia como «la gota fría de 1957». De la misma forma, es absurdo que actualmente, y de manera indiscriminada, no en las conversaciones de calle, sino en círculos especializados y científicos se hable, tanto en redes sociales como en publicaciones, de «la dana del 29 de octubre» para referirse de forma genérica a lo sucedido.

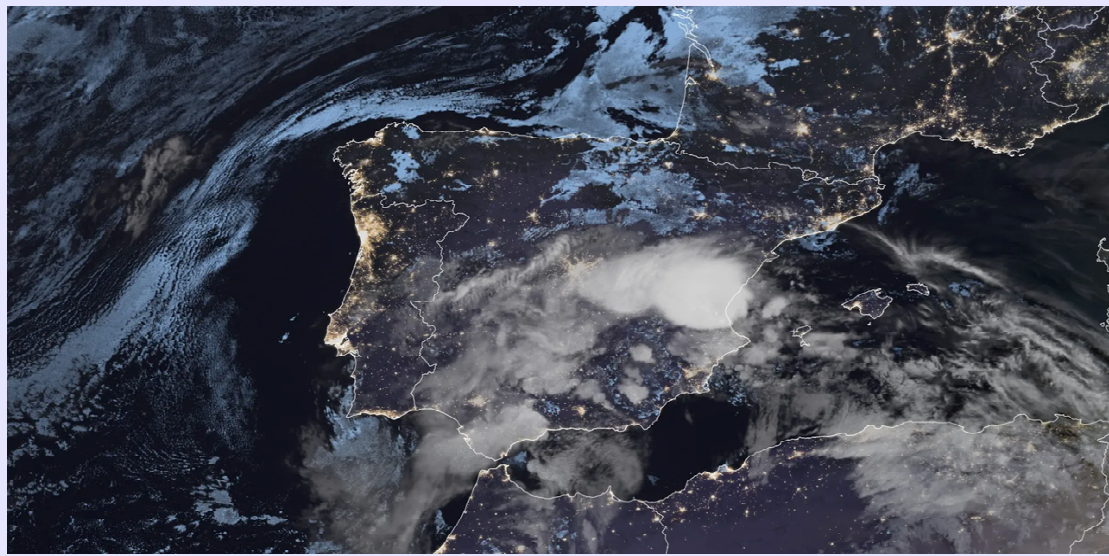


Figura 1. Imagen de satélite del 29 de octubre de 2029 en la que se aprecia junto al Mediterráneo la extraordinaria capa de nubes que descargó cantidades de lluvia que llegaron a los 772 litros por metro cuadrado en Turís (Valencia). Foto: Eumetsat

Tras las trágicas inundaciones del 19 y el 20 de octubre de 1982 en las provincias de Valencia, Alicante y Murcia se popularizó la gota fría. El impacto social fue demoledor tras la rotura de la presa de Tous y la gigantesca avenida del río Júcar, ocurridas tras caer aguas arriba cantidades de lluvia cercanas a los 1000 litros por metro cuadrado en menos de 24 horas. Una vez que se supo que en aquel temporal de lluvias excepcionalmente torrenciales intervino un factor denominado gota fría, el imaginario popular lo hizo suyo y en los años posteriores se asoció erróneamente el concepto como algo equivalente a inundaciones. Eso ocurrió hasta la saciedad en los años 80 y 90, hasta el punto de que, con la mejor de las intenciones, un grupo de meteorólogos propuso un nuevo término para intentar acabar con aquel mito de la gota fría que continuamente daba pie a creencias erróneas. Así nació la «dana», acrónimo de depresión aislada en niveles altos. Uno de los objetivos era erradicar la asociación del término gota fría con inundaciones y difundir uno nuevo para evitar su mal uso, es decir, que la gente y los medios de información dejaran de utilizar el concepto como un sinónimo de catástrofe.

### Del mito a la psicosis

La intención era loable, aunque los hechos acaban de demostrar que el cambio de nombre no ha servido de mucho. Tras lo del 29 de octubre hemos pasado del mito de la gota fría a la psicosis de la dana y, visto lo sucedido en los 80 y 90, es probable que nos esperen varios años en los que inevitablemente se asocie la palabra dana a inundaciones, cuando es un error manifiesto. Por esa razón, en los ámbitos meteorológico, científico, periodístico e institucional debería hacerse una reflexión acerca del uso del término y abordar la necesaria divulgación para que la sociedad entienda que esa asociación es errónea y puede alimentar una psicosis injustificada.

Los temporales de lluvias intensas que se producen en las comunidades del Mediterráneo y otras zonas de España los causan varios factores. A veces, también hay una gota fría o dana, es decir, un embolsamiento de aire frío en las capas altas de la atmósfera. Poniendo como ejemplo la Comunidad Valenciana, los elementos fundamentales son otros: el primero un temporal de vientos de levante con un importante recorrido marítimo. El segundo, que en otoño la temperatura del agua del mar es alta. Y el tercero, que tierra adentro, en las comarcas valencianas del interior, hay cadenas montañosas que fuerzan al aire a ascender cuando sopla ese viento de levante cargado de humedad. Ese ascenso y la gigantesca condensación de vapor de agua que se produce en esas condiciones son la clave del problema, ya que suele derivar en precipitaciones muy intensas, que son la base de los temporales de lluvias torrenciales.

Si además hay una dana o gota fría en las proximidades, dependiendo de su posición, puede aumentar la intensidad de las precipitaciones. Pero una dana, por sí misma, no es la clave del asunto y los otros factores son mucho más importantes. Cuando la superficie del Mediterráneo está tan cálida, como al final del verano y en otoño, una borrasca en capas bajas que empuje esos vientos con recorrido marítimo hacia la fachada mediterránea no necesita que haya una dana en las alturas para producir lluvias intensas. Incluso un potente anticiclón al norte o noreste de la Península, con su centro de altas presiones en alguna zona del continente europeo, puede ser problemático al empujar aire con gran recorrido marítimo hasta las comunidades del Mediterráneo español.

En resumen: una gota fría o dana no es suficiente para causar lluvias torrenciales y hay otros factores involucrados, hasta el punto de que las inundaciones pueden ocurrir sin que estén presentes. Creer que una gota fría o dana significa necesariamente inundaciones es un error que ya se cometió en el pasado y sería absurdo que vuelva a ocurrir. Y constituye un contrasentido que el término se utilice de forma indiscriminada por parte de meteorólogos, científicos, comunicadores y autoridades políticas, como si se tratara del agente fundamental que causó las inundaciones.

## FENOLOGÍA Y CONOCIMIENTOS TRADICIONALES. CÓMO CONVERTIR LAS PRÁCTICAS ANCESTRALES EN ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



(publicado en el blog de AEMET  
el 23 de diciembre de 2024)

José Luis Camacho Ruiz<sup>1</sup>, Jorge Alvar-Beltrán<sup>2</sup>, Montserrat Busto<sup>3</sup>,  
Juan Antonio de Cara<sup>1</sup>, Teresa Gallego<sup>1</sup>, Lourdes Martínez<sup>1</sup>  
y Ramiro Romero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

<sup>2</sup> UN Food and Agriculture Organization

<sup>3</sup> Servei Meteorològic de Catalunya

«Quien no sabe lo que busca no ve lo que encuentra»,  
Claude Bernard (París, médico y biólogo teórico).

*Históricamente, la estacionalidad del clima y, en consecuencia, las condiciones ambientales han afectado a la actividad humana y dado forma a las culturas más antiguas. El conocimiento que de aquí se deriva sigue vivo pero se transforma en conocimiento científico a través de la fenología. Veamos cómo esta contribuye a convertir las prácticas ancestrales en adaptación al cambio climático.*

### El conocimiento tradicional relacionado con las variaciones del tiempo y el clima

Se define el conocimiento tradicional, local o indígena, como el conocimiento, saber hacer, habilidades y prácticas dentro de una comunidad local que se mantienen y se diseminan por los miembros de una misma comunidad, y, a menudo, forman parte de su identidad espiritual. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura) y la OMM (Organización Meteorológica Mundial) «las comunidades locales e indígenas son guardianas de una riqueza de conocimiento sobre la gestión de ecosistemas, así como de la biodiversidad y de la transmisión de la cultura; son pioneras en la acción climática mediante la utilización del conocimiento tradicional basado en las prácticas que se transmiten de generación en generación a lo largo del tiempo». Las Naciones Unidas tienen muy en cuenta este hecho cuando diseñan proyectos de colaboración en agricultura, desarrollo rural y adaptación al cambio climático en los países en desarrollo. Además,



las acciones de adaptación deben integrar, cuando sea apropiado, el conocimiento de los pueblos indígenas en la formulación de políticas y acciones socioeconómicas y ambientales relevantes.

Históricamente, la estacionalidad del clima y, en consecuencia, las condiciones ambientales han afectado a la actividad humana y dado forma a las culturas más antiguas. Al calendario natural (climático-fenológico) se le han asociado usos y costumbres, tradiciones, mitos y fiestas; por ejemplo, en el calendario tradicional chino o en los de origen celta (de los que hasta hace algunas décadas quedaban costumbres en Bretaña, Irlanda, pueblos del norte de Iberia, etc.). En el calendario celta, cada uno de los meses estaba representado por un árbol (sauce, fresno, majuelo, roble, acebo, avellano, etc.). Las fiestas más importantes que indicaban el comienzo de los trimestres, que posteriormente fueron cristianizadas, eran: el 1 de noviembre (Samhain, fiesta de Todos los Santos precedida del Sidh o la noche de Halloween), el 1 de febrero (Imbolg, fiesta de Santa Brígida o Tailtiu madre de Lug), el 1 de mayo (Beltaine precedida de la noche de Walpurgis -Santa Walpurga; Día del Padre o San José y fiesta de los Trabajadores) y el 1 de agosto (Lugnasad, fiesta de las Bodas de Lug, de donde vienen los nombres de Lugo, Lucerna, etc. y día de la Pachamama o Madre Tierra); por otra parte, en cada especie de árbol o arbusto se reconocía su propio calendario.



Figura 1. El Calendario Celta de Biescas (Pirineo de Huesca) se encuentra junto al dolmen y cerca de la ermita de Santa Elena a la entrada del valle y Selva de L'Asieso al sur de la sierra de Tendeñera.

El medio ambiente, el paisaje y el paisanaje son modulados por el clima tal y como reflejan los estudios geográficos, ecológicos, antropológicos y etnográficos. La cultura de los pueblos del norte de la península ibérica y, en general, de Europa es algo misteriosa o tenebrosa y está asociada al bosque y las lluvias. De ahí, los personajes mitológicos de Galicia al País Vasco (el buscosu, el nuberu, el basajaun, el cuélebre, las xanas, etc.) o, por el contrario, la cultura mediterránea que es luminosa y alegre (como sus dioses/diosas: Astarte, Eros-Cupido, Baco, etc.).

En las culturas hay muchas alusiones (en celebraciones, canciones populares, etc.) relacionadas con la fenología: la floración (cerezo, almendro, melocotonero, etc.), la recolecta o siega (trigo, vid, olivo, etc.) la llegada de las golondrinas, la cigüeña, los gansos y grullas, etc.

¿Sigue vivo el conocimiento tradicional? Pues sí. El refranero, recopilado sistemáticamente en muchas publicaciones, mantiene vivo ese conocimiento ancestral y accesible mediante

un buscador de internet cualquiera. Un ejemplo de búsqueda de «refranes meteorológicos abril»:

- En **abril**, la helada sigue a la granizada.
- El invierno no es pasado hasta que **abril** no haya acabado.
- **Abril** abriloso y sus aguas sacan de la cueva al oso.
- En **abril** los espárragos para mí, en mayo para mi caballo.
- **Abril**, abrilero, cada día dos aguaceros.
- **Abril** frío, tortas de trigo.
- En **abril** aguas mil.

Para ser estrictos, hay que decir que cada refrán es específico para la región en la que está originado, que depende del clima y que, por lo tanto, no se aplica de la misma manera a Cantabria, Andalucía o las mesetas por poner un ejemplo, pero es una buena muestra de la existencia de este conocimiento tradicional local que es necesario preservar. En un trabajo realizado en AEMET sobre el [calendario de la naturaleza en Tudela de Duero \(Valladolid\)](#) se ha encontrado un «inviernillo» con significación estadística en torno al día 25 de marzo (días 21-27) y coincidiendo con las fechas de comienzo de la floración del cerezo y el peral, así como de la foliación del almendro. Ello queda recogido en el refranero castellano con los siguientes dichos: «*a marzo alabo si no mueve el rabo*»; «*cuando marzo mueve el rabo, no queda oveja con pelleja, ni pastor deszamarrado*»; «*por la Encarnación los últimos fríos son, si el año no sale respondón*».

La toponimia es un importante patrimonio cultural que en muchas ocasiones alude a formas del relieve, paisaje vegetal, fenómenos hidrológicos, usos agrarios y, a veces, al clima. Algunos términos aluden a lugares con sentido hidrológico así, por ejemplo: avenida (avinguda, rambla, etorbidea), torrent (torrente, torrentera), prat (a veces con sentido de aguazal con vegetación palustre), bárcena (paúl, paules, paular; llano inundable), celada (celadilla), lavajal (labajal, zona de charcas), hontanar (fontanar, terreno bajo en el que surgen fuentes), salinera (estancamiento de aguas), toboso (terreno impermeable que tiende a encharcarse), tabla (remanso de un río o laguna).

Términos relativos a la nieve o el hielo son: nevero y helero (vero, cemba). En cuanto a términos en relación directa con el clima se pueden destacar los relativos al frío (frías, fredes); al viento (venteadero, arrebatacapas); al topoclima solano (solán, solei) o umbrío (abisedo).

A veces estudiando la toponimia considerando las raíces originarias árabes, íberas, celtas, etc. se encuentran significados muy interesantes, así por ejemplo el río Júcar (Xúquer,

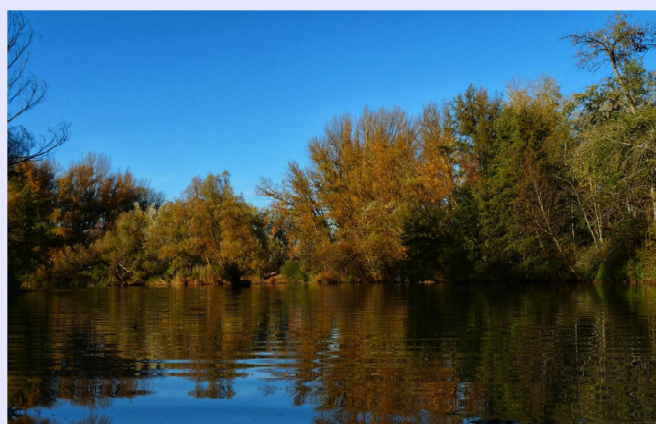


Figura 2. Zona de observación «Ribera-entorno urbano» de la estación fenológica de Tudela de Duero.

Sucro y Xurq, según la teoría de origen árabe posiblemente significa devastador en alusión a sus riadas). Es muy curiosa e interesante la denominación de la sierra del Rayo junto al pueblo de Mosqueruela (en el Maestrazgo turolense) en una de las comarcas más tormentosas de la Península.

Un reto que se planteaba a nuestros antepasados era el de conocer el carácter de la estación agrícola desde la siembra hasta la recolección y «predecir» si iba a ser favorable o no. Esta necesidad creó el desarrollo de prácticas adivinatorias que nada tienen que ver con la observación y predicción fiable del tiempo y clima, como por ejemplo las «cabañuelas» o el «calendari de la ceba» (calendario de la cebolla).

En el primer caso, la práctica de observar en un lugar determinado los fenómenos que ocurren a lo largo de 12 días (sean en enero, agosto o diciembre, ya que varía según las zonas), y emitir un pronóstico para cada uno de los 12 meses del año, es muy interesante desde el punto de vista cultural y debe ser estudiada y registrada; sin embargo, programar acciones que requieran invertir trabajo o dinero en base a estos vaticinios, no es aconsejable en absoluto. Los pronósticos basados en cabañuelas son difusos y a menudo se ajustan en función de la información generada por los portales oficiales.

El «calendari de la ceba» es una tradición propia de ámbitos rurales catalanes que se usa para predecir el carácter lluvioso seco de cada uno de los meses del año siguiente. Consiste en cortar una cebolla grande, separar 12 capas, depositar una pizca de sal en su interior y dejarlas al exterior —bajo cubierto— la noche del día 31 de diciembre. El grado de humedad de la sal —o incluso del agua acumulada— el 1 de enero por la mañana, permite inferir cómo será el mes. Sabiendo que no es un método científico, se realiza cada año para mantener la tradición e ir constatando cómo difiere con la realidad.

Desde sus inicios, la agricultura y la ganadería (en menor medida la selvicultura y la caza) han requerido de la observación y estudio medioambiental, ecológico y climático. La fenología, al ser una manifestación del estado de la naturaleza, se convirtió en un conocimiento imprescindible para optimizar la explotación de la naturaleza y la gestión del medio rural. Este hecho se ha reflejado en gran medida en el **refranero**, donde se recoge el conocimiento en periodo de brotaciones, floraciones y foliaciones en frutales agrícolas y otros árboles, arbustos y matas silvestres en primavera, así como la aparición de insectos y salida del letargo de reptiles, anfibios y algunos mamíferos. En otoño, la maduración de los frutos, el cambio de color y la caída de las hojas de los árboles caducifolios, han sido los indicadores tradicionales de la llegada del acortamiento de los días acompañado de bajada de temperaturas e incluso de la llegada de lluvias frontales. Las aves migratorias con sus llegadas y partidas, tanto estivales como invernantes, siempre han llamado mucho la atención, especialmente las populares golondrinas, aviones, vencejos, abejarucos, autillos y codornices en primavera, así como grullas y anátidas en otoño. El refranero está lleno de ejemplos alusivos a estas especies y a las condiciones meteorológicas y climáticas asociadas a su llegada y partida.

A los campesinos no les gusta la incertidumbre, prefieren las regularidades predecibles. Por ello en el mundo rural y en la actividad agraria es importante observar cada año si los eventos fenológicos suceden en sus momentos adecuados, los normales, es decir, que el **calendario de la naturaleza** se manifiesta mostrando la correlación adecuada con los elementos del clima. En la actualidad, la gran aportación de materia y energía externa a los



Figura 3. Insectos observados en AEMET: *Pieris brassicae* (izquierda) y *Apis mellifera* (derecha). Láminas elaboradas por Blanca Corral Miguel.

campos, el desarrollo de la mejora genética y las nuevas tecnologías (inteligencia artificial, digitalización, drones, etc.), permiten cada vez una mayor independencia de la actividad agraria respecto al clima y el curso meteorológico anual pero aún, en gran medida, las características de la temperie son el factor fundamental de cultivos y, en menor medida, del ganado.

### La ciencia de la 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 el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar. Se trata de una disciplina fenomenológica, es decir, fundamentalmente descriptiva y de observación, que requiere método y precisión en el trabajo de campo. Utiliza conocimientos de fisiología, ecología, climatología y meteorología; y tiene aplicaciones sobre todo en agricultura, pero también en ganadería, silvicultura, conservación de la naturaleza y gestión de los recursos naturales en general.

Las observaciones fenológicas se utilizan para la investigación agrícola o ecológica, la toma de decisiones relacionadas con las labores agrícolas, para los estudios del clima regional, y últimamente se está resaltando su importancia como indicadores de cambio climático. En la observación fenológica con fines climatológicos se deben utilizar especies silvestres en un ambiente natural que además reúnan las siguientes características: facilidad de identificación, relativa abundancia, amplia distribución y que sean suficientemente conocidas en cuanto a sus requerimientos ambientales. En cualquier caso, hay que analizar los datos fenológicos con precaución, ya que el clima no es el único factor que incide en el desarrollo o comportamiento de las especies; también se puede destacar el papel de las características fisicoquímicas del suelo y su estado de humedad, la topografía de la zona, las relaciones entre distintas especies y la diversidad genética.

En los climas templados de las latitudes medias, muchas especies vegetales necesitan frío durante el periodo de reposo invernal y un ambiente cálido durante el periodo de crecimiento y desarrollo. Las necesidades de calor se analizan mediante la integral térmica (área comprendida entre la curva de temperaturas y las líneas rectas de los umbrales de temperatura máxima y mínima entre las que la especie crece y se desarrolla). Esta integral





Figura 4. Distintos aspectos del peral (*Pyrus communis*) según el paso de las estaciones.

térmica se evalúa mediante las unidades de grados-día (acumulación de grados por encima de un umbral como medida indirecta de la energía efectiva ambientalmente en términos fisiológicos). En el periodo de reposo, o mejor dicho de muy bajo metabolismo basal, se debe de acumular frío para provocar el estrés necesario para que sucedan adecuadamente las fases fenológicas primaverales; esta se mide mediante las horas-frío que son la suma de horas en las que la temperatura ha permanecido bajo un umbral. Este número de horas es una medida indirecta de una integración térmica de bajas temperaturas para la especie. Las necesidades de grados-día y de horas-frío son características de cada especie vegetal y existen diversos métodos o fórmulas para evaluarlas.

### Las redes de observación fenológica

Ya en el siglo XVIII Carl von Linné (1707-1778), puede ser considerado como «el padre de la fenología». Los pioneros de la sistematización de la fenología como ciencia durante el siglo XIX fueron los belgas Adolphe Quetelet y Charles F. A. Morren, el austríaco Karl von Fritsch y los alemanes Hoffmann e Ihne. En España, las primeras observaciones fenológicas se iniciaron en 1893 por D. Hermenegildo Gorría Gollán, director de la Granja Experimental de la Diputación de Barcelona vinculada a la Escuela de Agricultura.

Con la llegada de las nuevas tecnologías y el desarrollo de las ciudades ligado al abandono del mundo rural, el interés por registrar los datos fenológicos fue en declive. Sin embargo, la necesidad de potenciar el mundo rural, la producción sostenible de alimentos y la preservación de los ecosistemas, asociado al cambio climático, puso de relieve la necesidad

de volver a impulsar este tipo de observaciones. En el cuarto informe del IPCC se informó del aumento de temperatura y de su efecto sobre sistemas naturales y cultivos, y se propuso la fenología como una variable esencial de la biodiversidad global, necesaria para estudiar, informar y gestionar los cambios en la biodiversidad y en la ecología de las especies en respuesta al cambio climático. Más tarde, en 2018, la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Campesinos y Otras Personas que Trabajan en Zonas Rurales también reconoce las contribuciones pasadas, presentes y futuras de los campesinos y otras personas que trabajan en zonas rurales en el desarrollo, conservación y mejora de la biodiversidad, que constituye la base de la producción alimentaria y agrícola en todo el mundo.

En este contexto surgen diferentes programas y redes de seguimiento fenológico en países y continentes de todo el mundo como Nature's Calendar (Reino Unido), PlantWatch (Canadá), SeasonWatch (India), USA National Phenology Network (Estados Unidos), The African phenology network, etc. A nivel europeo son muchos los institutos y centros de meteorología los que cuentan con programas de observación fenológica, países como España, Suiza, Alemania, Austria, Rumania, Macedonia, etc.

En el año 2004 se realizó un esfuerzo internacional para conseguir homogeneizar la forma de registrar y de organizar los datos fenológicos en una base de datos común en toda Europa: fue la llamada «Acción COST 725». El objetivo final era disponer de datos fenológicos homogéneos a nivel europeo para poder detectar los cambios fenológicos asociados al cambio climático. Después de poner en común cómo cada país realizaba y organizaba sus datos, se acordó realizar todas las observaciones siguiendo el código del BBCH, que permite asociar códigos individuales con estadios fenológicos, y se estructuró la base de datos fenológica paneuropea (Proyecto PEP725) donde actualmente cada país envía sus datos registrados anualmente. Siguiendo el ejemplo de Europa, en el año 2009 la OMM en un intento de mejorar la vigilancia del clima, elaboró unas directrices recogidas en el documento «Guidelines for Plant Phenological Observations» dirigida a los Servicios Nacionales de Hidrología y Meteorología.

Existen programas de seguimiento fenológico, como por ejemplo el programa de «Aves y clima», muy popular, de la Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife). La SEO/BirdLife inició sus estudios de fenología de aves en 1977 a través de la Comisión de Fenología, pero la observación regular mediante una red y con datos mostrados en su web comenzó en el año 2008 con el programa Aves y Clima; el Institut Català d'Ornitologia (ICO) desde 1975 desarrolla y coordina proyectos de seguimiento de aves basados en la participación de un gran número de voluntarios y el Catalan Butterfly Monitoring Scheme (CBMS) realiza un seguimiento organizado de ropalóceros iniciado el año 1994 para conocer con precisión los cambios en la abundancia de mariposas. A nivel institucional entre las redes fenológicas más importantes se encuentran la red histórica de AEMET y la Red Fenológica de Cataluña (Fenocat).

La base fenológica de AEMET actualmente cuenta con ciento seis estaciones, aunque solo alrededor de cincuenta están registrando observaciones en los últimos años. La base tiene aproximadamente ciento veinte especies, entre insectos, aves y plantas agrícolas y silvestres, de las cuales treinta de ellas son especies llamadas «diana» ya que reúnen una serie de características que las convierten potencialmente en especies bioindicadoras desde el punto de vista climático, es decir, son fáciles de identificar (tanto la especie como el



evento), relativamente abundantes y con amplia distribución geográfica, de ciclo fenológico anual y con importante significación ecológica. Los estadios que se observan y se cifran de las plantas agrícolas en AEMET están basados en las descripciones del código BBCH, siguiendo las directrices de la OMM, y los de las plantas silvestres están adaptados a dicho código. Los datos observados en las distintas estaciones son enviados por los colaboradores a través de una aplicación a la base fenológica del Banco Nacional de Datos Climatológicos.



Figura 5. Cuaderno de campo utilizado para la observación fenológica en AEMET.

El ámbito mediterráneo está clasificado como un «punto caliente», donde los efectos del cambio climático serán más notables a nivel mundial. Debido al alarmante descenso de datos fenológicos en Cataluña y a la necesidad de disponer de estos registros para cuantificar la respuesta de los ecosistemas al cambio climático, en el año 2013 la Red Fenológica de Cataluña (Fenocat) volvió a ver la luz. De hecho, la Red Fenológica de Cataluña ya había sido creada en el año 1932 durante la primera etapa del Servei Meteorològic de Catalunya (1921-1939), dando pie a la publicación «Primeros resultados de conjunto de las observaciones fenológicas en Cataluña» (EDUARD FONTSERÉ y MARIA CAMPMANY, 1936).

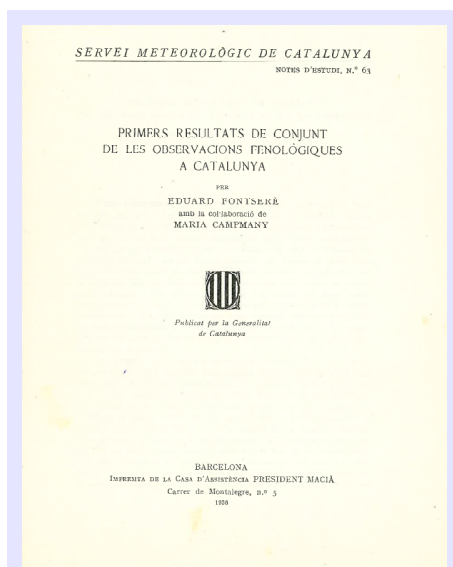


Figura 6. Publicación de los primeros resultados de la Red Fenológica de Cataluña en 1936.  
(<https://bit.ly/48JqX2O>)

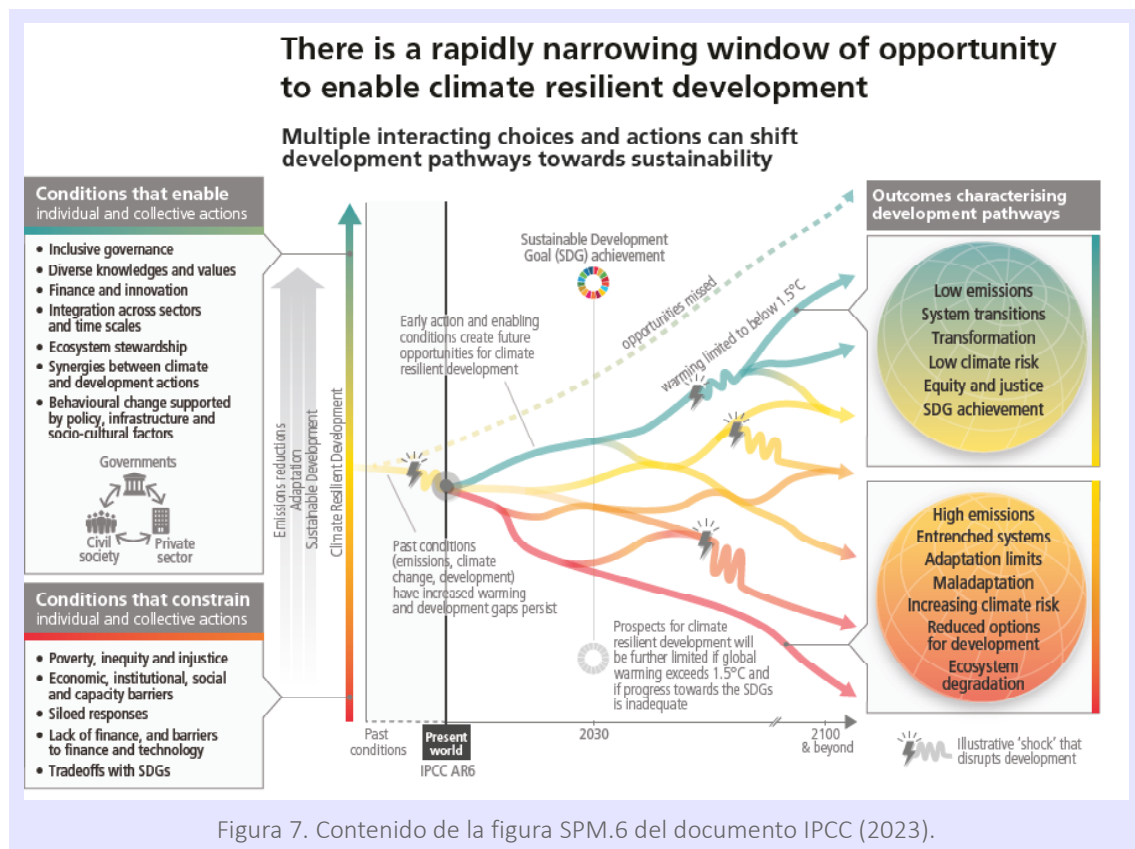
En esta nueva etapa se ha adoptado la codificación de la escala internacional BBCH para las observaciones y el sistema continuo de monitorización, en el que la persona que realiza la tarea de observación anota «sí» si detecta que ocurre una fenofase o «no» si no existe la ocurrencia a lo largo de todo el año. Este sistema permite registrar tanto la fecha inicial de cada fenofase como la duración, así como segundas ocurrencias en el mismo año. Un subconjunto de los datos se envía al Proyecto PEP725 para ponerlos al servicio de cualquier científico o persona interesada. La red Fenocat cuenta con unos ochenta observadores, que escogen la especie a observar y las principales fenofases entre una lista de especies diana formada por 25 vegetales, 14 aves y 6 mariposas. Los datos se introducen directamente

en la base de datos a través de una aplicación web. En el apartado de fenología [Boletín Anual de Indicadores Climáticos 2023](#) del Servei Meteorològic de Catalunya, se da cuenta de los principales resultados obtenidos en las tendencias fenológicas hasta el año 2023 (pág. 114).

Actualmente existen numerosos programas de seguimiento fenológico, tanto a nivel nacional como internacional, es por ello que la Comisión de Fenología de la Sociedad Internacional de Biometeorología (ISB-PC) y la antigua Comisión de Meteorología Agrícola de la OMM (WMO-CaGM), reemplazada recientemente por el Comité Permanente de Servicios para la Agricultura (SC-AGR), en los últimos años ha sugerido la necesidad de crear una Alianza Mundial de Redes de Observación Fenológica (Global Alliance of Phenological Observation Networks, GAPON).

### Adaptación al cambio climático y utilización de las observaciones fenológicas

El sexto informe del IPCC en su resumen habla de la necesidad crítica de acelerar acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático y plantearlas mediante esquemas colaborativos entre los diferentes actores, incluyendo aquellos de la sociedad civil y las comunidades indígenas. Además, el informe reconoce la falta de coherencia en la integración de los conocimientos indígenas y locales en el cuerpo de investigación y en el desarrollo de servicios de asesoramiento en la agricultura. En el caso de España, estaríamos hablando de tener en cuenta a las asociaciones de agricultores, ganaderos y pescadores, así como a los representantes locales de zonas con alto valor ecológico.



La figura 7 intenta mostrar la necesidad de grupos participativos de autoridades, empresas privadas, sector financiero, sociedad civil y ONG y actores locales que puedan aportar el conocimiento del funcionamiento de las comunidades a ese nivel en actividades económicas, prácticas tradicionales y conocimiento del medio ambiente. La coordenada vertical no indica valores de calentamiento sino nuestra capacidad de sobrevivir como sociedad a dicho calentamiento en buenas condiciones, es decir, el nivel de resiliencia ante el cambio de clima siempre que este se mantenga a niveles próximos a 1,5 grados. A este nivel, el desarrollo de estos esquemas de cooperación asegura claramente el éxito, siempre que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU se cumplan en 2030. El incumplimiento de dichos objetivos o un calentamiento más intenso dificultarían el proceso de aumento de resiliencia incluso en condiciones óptimas de colaboración entre actores. Cuanto más se posponga el recorte de emisiones, más difícil será la adaptación.

Otra de las conclusiones del sexto informe del IPCC es la necesidad de utilizar el conocimiento detallado local, regional y nacional para elaborar e implementar las políticas adecuadas de acción climática. Requiere también una coordinación eficiente entre todos los niveles. En particular, anima a alcanzar consensos entre intereses de los diferentes niveles desde local a nacional y escuchar a los actores de la sociedad civil. Este diálogo debe llevar a una cooperación en la que la información fluya desde la base de la sociedad para elaborar políticas de acción climática que serán aceptadas como propias por todos los actores.

Las directrices de la OMM sobre las observaciones fenológicas de plantas proponen que para la correcta observación fenológica es necesario anotar una fecha de ocurrencia del evento, así anotaciones tipo «primeros de abril» no serían útiles para realizar estudios posteriores. De acuerdo con estas directrices, la selección de plantas depende del propósito de la red y de la zona de vegetación, pero se recomienda encarecidamente incluir las fáciles de identificar/reconocer y que presenten una amplia distribución en la región. Por otro lado, se debe prestar atención a la hora de asegurarse que la ubicación de la planta que se va a observar sea representativa del área de observación. El observador debe realizar las observaciones en la misma planta durante tantos años como sea posible. Para obtener datos comparables homogéneos es necesario definir exactamente las fases que se deben observar, y se recomienda el uso del denominado código BBCH. Al igual que con los datos climáticos, la documentación de datos en fenología es de suma importancia, por

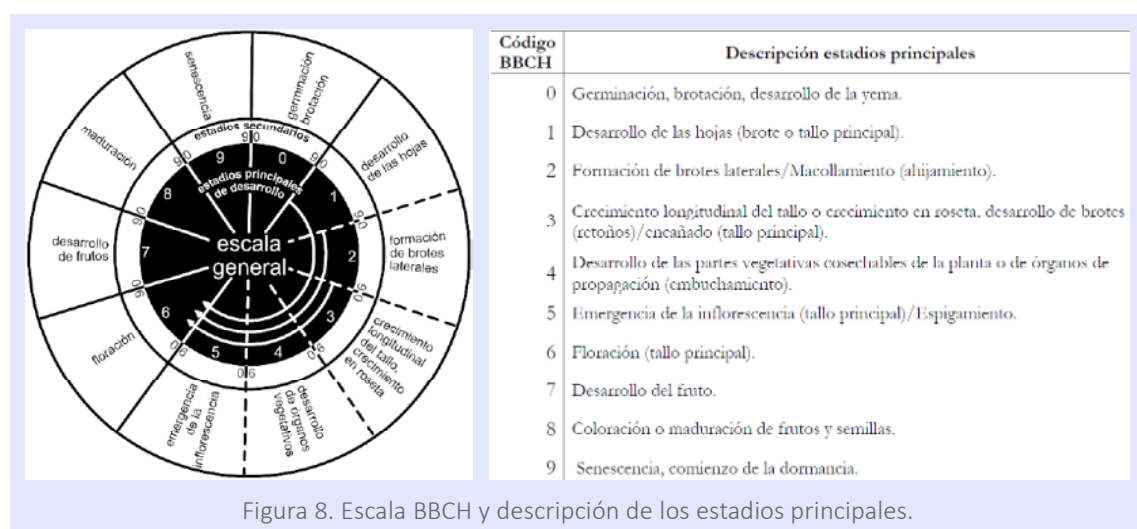


Figura 8. Escala BBCH y descripción de los estadios principales.

ello también indica que los metadatos deben reflejar cómo, dónde, cuándo y quién recopiló la información. Las observaciones son fundamentales para toda investigación y análisis científico empírico, pero antes de poder evaluarlas, deben recopilarse, digitalizarse, controlar su calidad, archivar y hacerlas accesibles para la comunidad de investigación.

Escuchar la voz del mundo rural e integrar sus conocimientos en la acción climática es una práctica que puede dar muchos beneficios; por ello, la aportación en observaciones fenológicas o meteorológicas de actores seleccionados en las zonas agrícolas, ganaderas o en zonas de valor ecológico puede ser la base para un conocimiento mejorado de su entorno y para definir mejores planes de acción climática.

Una herramienta fundamental para conocer en un momento determinado cuál es el estado de los cultivos es el llamado «[calendario de cultivos](#)». Esta herramienta desarrollada por la FAO es un instrumento de planificación y ayuda en el desarrollo de actividades agrícolas dando una idea general de los periodos de siembra y de recolección para los cultivos relevantes en cada zona agroecológica de cada país. Sin embargo, esta información es válida solo para planificación dado que la fecha de siembra de un cultivo puede variar entre los agricultores dentro de una región y también entre un año y otro, dependiendo de condiciones climáticas particulares e incluso por razones culturales. La información se presenta como la fecha de siembra más temprana y la más tardía. En los casos en que la siembra es posible durante todo el año se menciona el periodo preferido para la misma.

La mejora de este sistema pasa por la consulta a las comunidades sobre las prácticas ancestrales y sobre las condiciones particulares de la fauna y flora en cada zona en respuesta a la variabilidad del clima. Para ello hay que integrar al “ciudadano rural” en el proceso de elaborar información válida para la toma de decisiones y las observaciones fenológicas sistemáticas ofrecen la llave para abrir ese proceso.

En España, nuestras comunidades «indígenas» son los agricultores de secano de Castilla, los agricultores de productos hortícolas de Almería y Murcia, los payeses de Lleida, los pastores de Cantabria o del Pirineo, entre otros, y necesitan ser consultados, y su conocimiento ser integrado en el proceso de observación de los cambios en su entorno.

El objetivo debería ser conseguir una red de observación fenológica con la que llegar a tener series largas de datos de calidad de algunas especies diana indicadoras, fáciles de reconocer, de amplia distribución, que se observen en muchos países de Europa, de fenología marcada y bien correlacionada con parámetros climáticos.

Es cierto que la fenología puede tener una función de divulgación científica sobre clima y cambio climático y sobre todo ser parte de la filosofía social de la Educación Ambiental. Se puede aprovechar el valor cultural de la fenología como parte del conocimiento tradicional adaptado al medio y el terruño (o tierra o terreta, que la fenomenología de la naturaleza es muy localista) o su reconocida importancia como fuente de datos indicadores de cambio climático.

En muchos foros, congresos, artículos y webs de distintos organismos se da mucha importancia a la fenología para estudios del clima, pero antes de aplicar formalmente la tecnología digital en las redes de observación fenológica y la inteligencia artificial al análisis y descripción de los datos, hay que conseguir entre los distintos organismos una red de observación internacional unificada en métodos, protocolos y mecanismos de explotación.

En este sentido, el avance más evidente en Europa ha sido el establecimiento general de la codificación BBCH para definir fenofases y la creación de la Base de datos Paneuropea (PEP 725). Un gran paso desde los tiempos de Quetelet. Sin embargo, la transición entre la cultura fenológica tradicional y la fenología del siglo XXI depende de la consideración y puesta en valor de esta ciencia por parte de los servicios meteorológicos oficiales dotando a las redes de observación del personal y de los medios necesarios para gestionarlas, realizar el control de calidad de los datos y su posterior explotación. Mientras no sea así, la fenología solo será objeto de ideas, de literatura y una colección de datos no siempre de calidad contrastada. En cualquier caso, siempre será para quien la estudia una fuente de conocimiento empírico del ecoclima y una actividad lúdica en plena naturaleza.

En un mundo cada vez más tecnificado, digital e inteligente, la fenología es el eslabón que engarza el conocimiento tradicional con la modernidad y el futuro. Es imprescindible potenciar esta ciencia aparentemente simple, que no necesita más instrumental que el ojo humano y la capacidad de detenerse un instante y observar con plena atención. La fenología ofrecerá las pistas necesarias para cuantificar e interpretar los diferentes cambios en los ecosistemas y los desacoplamientos entre especies, además de mantenernos enraizados en nuestra cultura y nuestro paisaje.

---

## Bibliografía y enlaces de interés

---

BUTLLETÍ ANUAL D'INDICADORS CLIMÀTICS 2023 (BAIC 2023). Pág. 114.

<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/butlletins-i-episodis-meteorologics/butlleti-anual-dindicadors-climatics/>

CARA, J. A. y otros, 2023. NT39: Caracterización fenológica de la estación de Tudela de Duero (Valladolid). AEMET.

[https://www.aemet.es/es/conocermas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/detalles/NT\\_39\\_AEMET](https://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/NT_39_AEMET)

FONTSERÈ, E. y CAMPMANY, M., 1936: Primers resultats de conjunt de les observacions fenològiques a Catalunya. Notes d'estudi núm 63. Servei Meteorològic de Catalunya. Barcelona.

[https://static-m.meteo.cat/wordpressweb/wp-content/uploads/2019/09/27062115/NDE-63\\_Primers\\_resultats\\_observacions\\_fenologiques.pdf](https://static-m.meteo.cat/wordpressweb/wp-content/uploads/2019/09/27062115/NDE-63_Primers_resultats_observacions_fenologiques.pdf)

IPCC, 2023: Summary for Policymakers. En: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf)

KOCH, E., BRUNS, E., CHMIELEWSKI, F.-M., DEFILA, C., LIPA, W. y MENZEL, A. 2007. Guidelines for Plant Phenological Observations. WMO. Technical Commission for Climatology, Open Program Area Group on Monitoring and Analysis of Climate Variability and Change (OPAG2).

[https://www.researchgate.net/profile/Elisabeth-Koch-4/publication/266211199\\_Guidelines\\_for\\_Plant\\_Phenological\\_Observations/links/54b3db8e0cf26833efcfd739/Guidelines-for-Plant-Phenological-Observations.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elisabeth-Koch-4/publication/266211199_Guidelines_for_Plant_Phenological_Observations/links/54b3db8e0cf26833efcfd739/Guidelines-for-Plant-Phenological-Observations.pdf)

KOCH, E., DONNELLY, A., LIPA, W., MENZEL, A. y NEKOVÁF J. (eds), 2009. Final Scientific Report COST 725. Establishing a European data platform for climatological applications. European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research.

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b5a8ec72-ec19-4c31-9107-bec76fa49a22/language-en>

LINNÉ, K. von, 1751. *Philosophia Botanica*. Ed. 1, Stockholm & Amsterdam.

MARTÍNEZ-NUÑEZ, L., DE CARA, J., CANO, J., GALLEGO, T., ROMERO, R. y BOTEY, R., 2018. Selección de especies de interés fenológico en la península ibérica e islas Baleares. Agencia Estatal de Meteorología y Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.

[https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/Observacion\\_fenologica/Observacion\\_fenologica.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Observacion_fenologica/Observacion_fenologica.pdf)

MEIER, U. (ed.), 2001. Monográfico BBCH. Estados de las plantas mono y dicotiledóneas. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para la Agricultura y Silvicultura. Berlin.

[https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar\\_derivate\\_00010425/BBCH-Skala\\_spanisch.pdf](https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00010425/BBCH-Skala_spanisch.pdf)

PAN EUROPEAN PHENOLOGY PROJECT PEP 725, 2016. <http://www.pep725.eu>



## ÍNDICE ALFABÉTICO DE AUTORES

*(con indicación del año y del número de página en que  
el artículo de cada autor aparece en la Selección del blog)*

ALVAR-BELTRÁN, JORGE: 2024 (69).  
ARTECHE GARCÍA, JOSÉ LUIS: 2018 (5).  
AUPÍ ROYO, VICENTE: 2021 (10), 2023 (55), 2024 (66).  
BAÑÓN PEREGRÍN, LUIS MARÍA: 2020 (5).  
BERMEJO TRIMIÑO, NICOLÁS: 2018 (32, 64).  
BUSTO, MONTSERRAT: 2024 (69).  
CAMACHO RUIZ, JOSÉ LUIS: 2024 (69).  
CAMPO HERNÁNDEZ, RUBÉN DEL: 2019 (47), 2022 (30), 2024 (37).  
CANO BARBACIL, CARLOS: 2017 (17), 2024 (5, 28).  
CANO ESPADAS, DARÍO: 2019 (84).  
CANO SÁNCHEZ, JAVIER: 2017 (17), 2018 (25), 2024 (5, 28).  
CARA GARCÍA, JUAN ANTONIO DE: 2024 (69).  
CORRAL BUELA, SERGI: 2023 (62).  
DÍAZ JIMÉNEZ, JULIO: 2021 (19).  
FERNÁNDEZ BARRERA, ENRIQUE: 2022 (46), 2023 (5).  
FUENTES LÓPEZ, BENITO JOSÉ: 2016 (30), 2017 (5), 2022 (36), 2023 (23), 2024 (30).  
GALLEGO ABAROA, TERESA: 2024 (69).  
GARCÍA DE PEDRAZA, LORENZO: 2018 (14).  
GARCÍA VEGA, JOAQUÍN: 2018 (14).  
GONZÁLEZ HERRERO, SERGI: 2016 (23), 2017 (29).  
GRUPO ANTÁRTICO DE AEMET: 2020 (9).  
GUTIÉRREZ RUBIO, DELIA: 2016 (50), 2018 (59), 2019 (5, 47), 2020 (61), 2021 (5, 41, 57), 2022 (5, 10).  
HIERRO CARNICERO, JOSÉ: 2020 (68).  
LARA JAÉN, MANUEL: 2021 (26).  
LINARES GIL, CRISTINA: 2021 (19).  
LLORENTE MARTÍNEZ, FERNANDO: 2023 (12).  
LOMAS GONZÁLEZ, ALEJANDRO: 2022 (25).  
LÓPEZ DÍAZ, JOSÉ ANTONIO: 2022 (25).  
LÓPEZ-REY, DAVID: 2019 (84).  
MARTÍN GIMÉNEZ, MARGARITA: 2016 (42).  
MARTÍN LEÓN, FRANCISCO: 2018 (50).  
MARTÍN VIDE, JAVIER: 2020 (52).  
MARTÍNEZ NÚÑEZ, LOURDES: 2024 (69).  
MÉNDEZ FRADES, ALEJANDRO: 2023 (30).  
MIRANDA SUÁREZ, MARÍA EDILIA: 2024 (15).  
MORA GARCÍA, MANUEL: 2016 (12), 2019 (11), 2020 (20), 2023 (34).  
NÚÑEZ MORA, JOSÉ ÁNGEL: 2016 (5), 2019 (61, 69), 2020 (45, 55), 2021 (46), 2022 (30), 2023 (49), 2024 (37, 43).

ORIA IRIARTE, PEIO: 2018 (80), 2020 (35), 2021 (31), 2022 (18).  
ORY AJAMIL, FERNANDO DE: 2016 (59).  
PASCUAL BERGHAENEL, RAMÓN: 2020 (13, 68), 2023 (62), 2024 (57).  
PASTOR SAAVEDRA, ASUNCIÓN: 2019 (47).  
PINAR SOLÉ, ANDRÉS: 2017 (32, 39).  
QUINTERO PLAZA, DAVID: 2024 (20).  
RIPOLL SANCHO, ORIOL: 2024 (57).  
ROMERO FRESNEDA, RAMIRO: 2024 (69).  
SECCIÓN CLIMATOLOGÍA (DT GALICIA): 2017 (12).  
SORIANO ROMERO, JUAN DE DIOS: 2016 (50).  
TÉLLEZ JURADO, BEATRIZ: 2024 (57).  
TORRIJO MURCIANO, RICARDO: 2019 (84), 2022 (25).

---

