

¿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 (período 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».

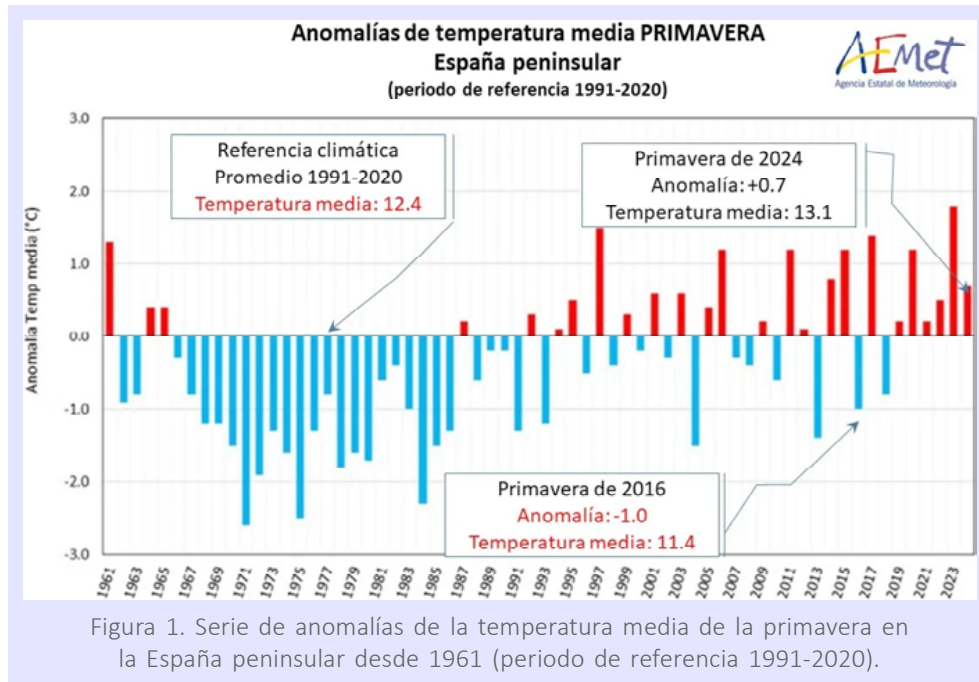
En este artículo vamos a tratar de explicar de forma sencilla las dudas que algunos usuarios y desde algún medio nos han ido trasladando sobre las supuestas discrepancias de datos, desarrollando en qué han consistido los cambios de metodología, su justificación y la comparación de los datos entre enero 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°C (1°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°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	13.6	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.

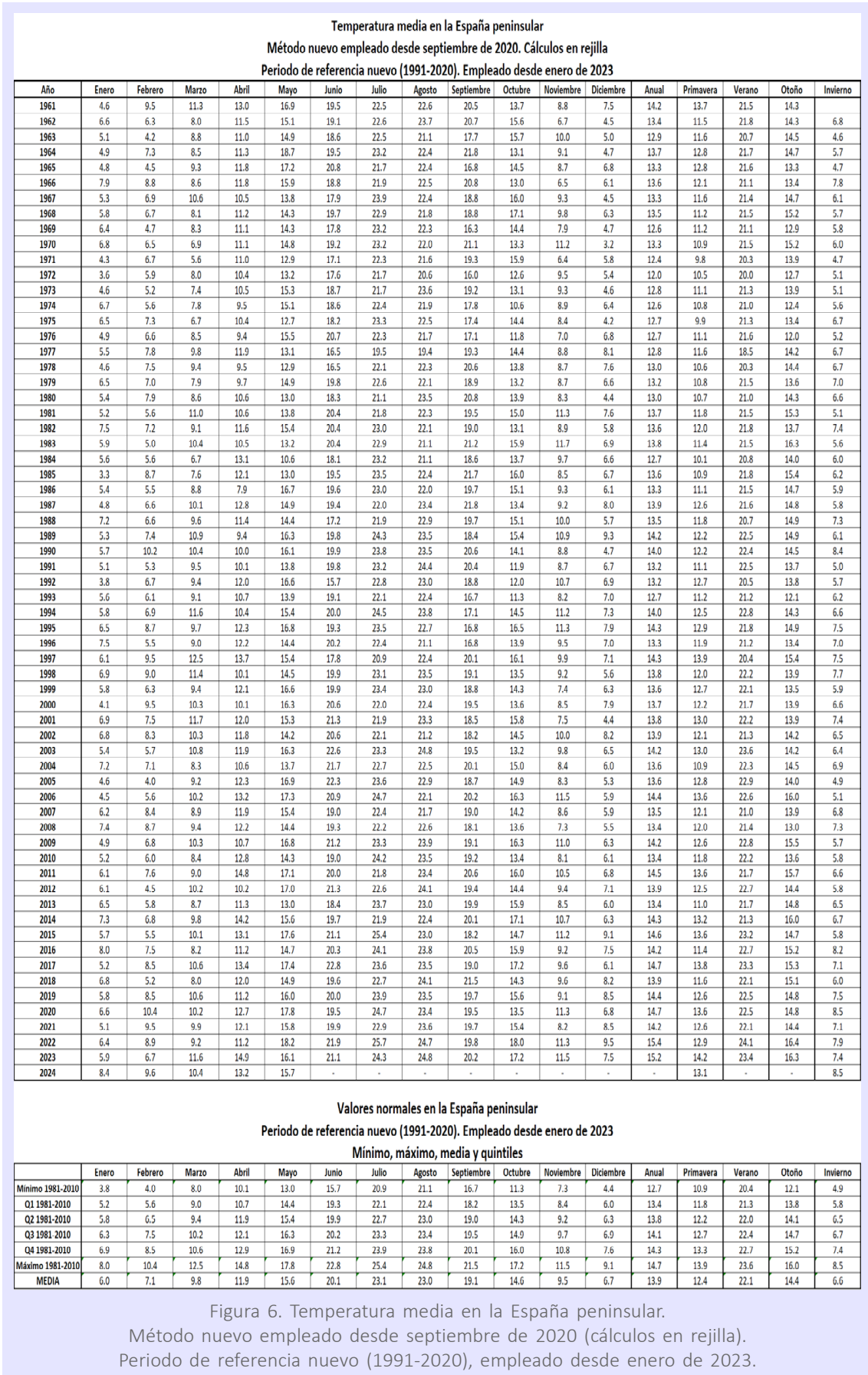
Por tanto, el método antiguo se cambió por otro más robusto y realista, usado internacionalmente en las últimas décadas, con el que aplican técnicas geoestadísticas en las que no solo se tiene en cuenta la temperatura registrada, sino que también se hacen ajustes con variables tales como la altitud, 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.



¿Cómo se calcula la temperatura media en España?

[illegible]

Figura 7. Anomalía de la temperatura 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.

[illegible]

Figura 8. Carácter de la temperatura 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.

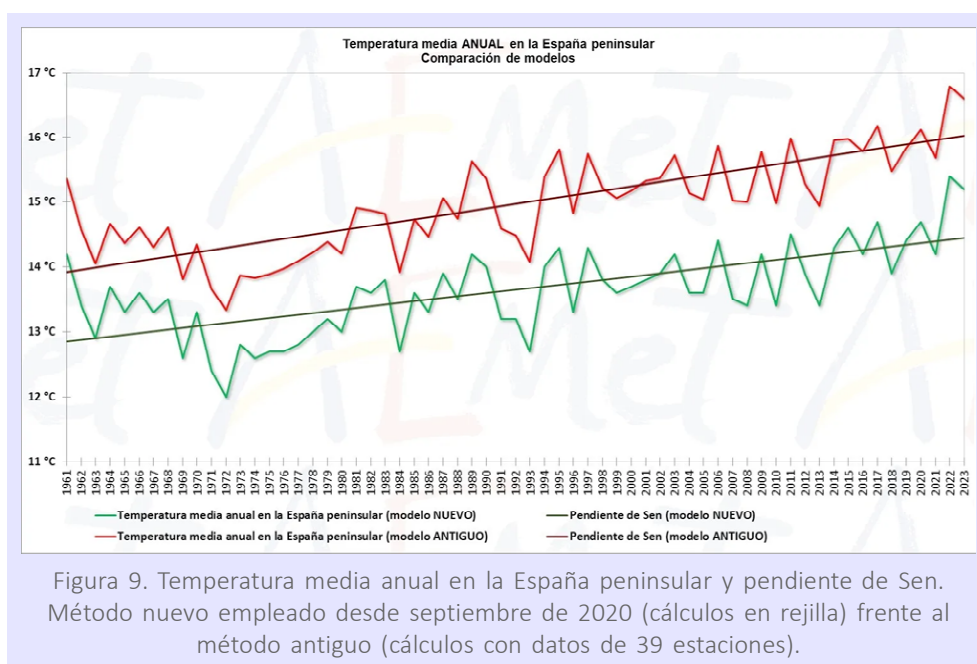
Como el método de cálculo y el periodo normal empleado para elaborar estas tablas son los nuevos, la temperatura media, la anomalía y el carácter de la primavera de 2016 ya no coinciden con las del resumen climático de 2016 que está en la página web de AEMET, elaborados con el método anterior, mientras 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>