

Creación de una base de datos de la temperatura media estacional para el análisis de su tendencia y variabilidad espacial

Generation of a Mean Temperature Database to Study the Trend and Spatial Variability

Dhais Peña-Angulo¹, José Carlos González-Hidalgo²

¹ <https://orcid.org/0000-0001-6249-442X>. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, dhaispa@unizar.es

² <https://orcid.org/0000-0002-8518-9177>. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, jcgh@unizar.es

Fecha de recepción: 11/05/2019 Fecha de aceptación del artículo: 27/06/2019



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5170

Como citar: Peña-Angulo, D., & González-Hidalgo, J. C. (2019). Creación de una base de datos de la temperatura media estacional para el análisis de su tendencia y variabilidad espacial. *Avances: Investigación En Ingeniería*, 16(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5170>

Resumen

El estudio de las variaciones del clima es una línea de investigación actual y de escala mundial. Conocer cuáles son las causas que afectan la variabilidad climática requiere bases de datos prolongadas en el tiempo y, además, de alta resolución espacial que permitan conocer las diferencias espaciales. En este artículo se describe la creación de una base de datos de temperatura promedio estacional en la España peninsular, para el periodo 1951-2010, con el objetivo de estudiar su tendencia y variabilidad espacial. En esta investigación se realizó un control de calidad, una reconstrucción e interpolación espacial, para, posteriormente, obtener la tendencia con el estadístico de Mann-Kendall. El análisis muestra que en verano tiene lugar el máximo incremento de las temperaturas medias. Desde un punto de vista espacial, el mayor incremento de las temperaturas tiene lugar en la costa este de la España peninsular que colinda con el mar Mediterráneo.

Palabras claves: variabilidad climática, tendencia, temperaturas, base de datos, España

Abstract

The study of climate variations is a line of current and world-wide research. Knowing which are the causes that affect climate variability requires long-term databases, as well as high spatial resolution, which also allows us to know spatial differences. This research describes the generation of a database of the mean seasonal temperature in mainland Spain to study the trend and spatial variability of them. In this study, quality control, reconstruction and spatial interpolation are carried out, and subsequently the trend is obtained with the Mann Kendall statistic test. The analysis shows that in summer the maximum increase in mean temperatures takes place. From a spatial point of view, the greatest increase in temperatures takes place on the east coast of mainland Spain that borders the Mediterranean Sea.

Keywords: climatic variability, trend, temperatures, databases, Spain

1. Introducción

El clima es un elemento del sistema terrestre que condiciona en gran medida tanto los paisajes naturales y antrópicos como los sistemas de producción agrícolas y ganaderos. Por ello, el estudio de sus principales características, su comportamiento espacio-temporal, los factores que lo condicionan, así como tratar de estimar su comportamiento futuro son tareas de investigación muy relevantes, cuyos resultados, además, se convierten en una herramienta clave para una correcta gestión y ordenación del territorio.

Consecuencia del aumento observado en las temperaturas, el clima es objeto de numerosas investigaciones y se ha convertido en un objeto prioritario de los gobiernos a la hora de tomar decisiones. El último informe del Panel Intergubernamental del Cambio del Clima [1] señaló como inequívoco el aumento de las temperaturas desde la década de los cincuenta del siglo pasado, a la vez que otros autores han sugerido diversas consecuencias en los eventos extremos [2], [3], los ecosistemas naturales [4], [5], así como en ámbitos sociales y económicos [6], [7].

Numerosos factores afectan la evolución en el tiempo de los elementos del clima, desde los patrones de la circulación atmosférica u oceánica para compensar los desequilibrios espaciales de energía hasta las emisiones de gases de efecto invernadero tanto de origen natural como antrópico. Tales cambios en el tiempo se conocen como tendencia, y su estudio requiere disponer de series de datos prolongados en el tiempo. Por otra parte, los elementos del clima varían en el espacio en función de los factores geográficos que lo condicionan (latitud, elevación, orientación, pendiente, distancia a la costa, etc.), lo que da lugar a áreas con una alta variabilidad espacial y zonas más homogéneas. En principio, cuanto mayor sea la resolución espacial de trabajo, mejor conoceremos la variabilidad espacial y su eventual relación con otros factores.

Durante las décadas más recientes, ha habido muchos esfuerzos para obtener bases de datos de los elementos del clima, especialmente de temperaturas, prolongadas en el tiempo [8]-[10]; pero, en general, todas ellas tienen una baja resolución espacial. Este hecho supone que se pueda estimar la tendencia de sus series promedio, aun cuando es escaso el conocimiento de la variabilidad espacial. A la inversa, en numerosos casos se han creado bases de datos con alta resolución espacial —normalmente en ámbitos regionales o nacionales—, mas el periodo temporal es corto, por lo que los estudios de tendencias no permiten conocer el momento más reciente en un contexto multidecadal o secular. Por ello, los trabajos más recientes se han esforzado por lograr ambas cualidades en las bases de datos, alta resolución espacial y temporal. En general, se han utilizado diferentes técnicas con este propósito, entre ellas la reconstrucción temporal de los observatorios meteorológicos, que rellena los datos faltantes, y, posteriormente, interpola todo el conjunto de datos.

En el presente artículo se explica este proceso aplicado a los fondos documentales del servicio de meteorología de España, con el objetivo de obtener una base de datos de las temperaturas medias estacionales. Las fases de la elaboración de dicha base de datos son: control de calidad, reconstrucción temporal e interpolación espacial. Para terminar, en el apartado final se analizan las tendencias de dicha variable y se estudia su variabilidad espacial.

2. Métodos

2.1. Área de estudio

El área de estudio, la España peninsular, se sitúa en la zona templada del hemisferio norte, entre dos masas de agua claramente contrastadas: el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. Además, se localiza entre dos masas continentales: Europa y África, con un fuerte contraste que condiciona las masas de aire que llegan a la península desde ambos territorios.

España es un territorio con un relieve complejo (figura 1), en el que destaca la elevada altitud media (660 m), y altamente accidentado producto de las orogenias ocurridas. En su conjunto, su núcleo central se organiza a partir de dos cuencas interiores (submeseta norte y sur) separadas por el Sistema Central, rodeadas por sistemas montañosos que, en forma de arco, las rodean desde el norte hasta el sur en una sucesión de alineaciones montañosas (cordillera cantábrica, sistema ibérico y Sierra Morena), excepto por el oeste. Dos unidades exteriores, depresiones periféricas del Guadalquivir y el Ebro, se adosan por el noreste y sur al núcleo central a su vez enmarcadas por otras cadenas montañosas: Sistema Bético, los Pirineos y Costero Catalana, respectivamente [11].

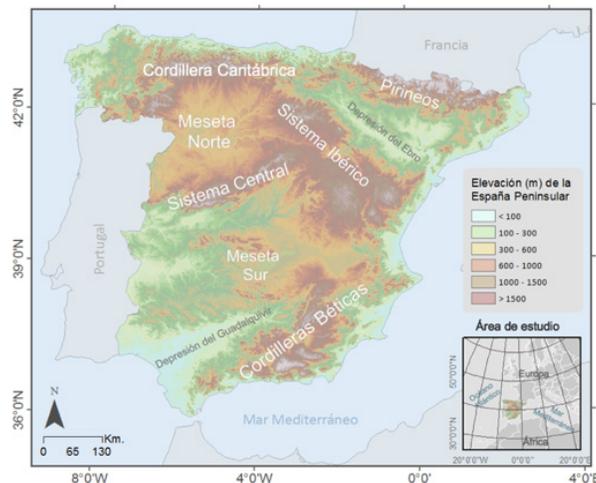


Figura 1. Localización, elevación y principales unidades geomorfológicas del área de estudio.
Fuente: elaboración propia a partir de los datos de elevación del GTOPO30, USGS 1996.

Por su localización, la España peninsular recibe la influencia de la circulación general del oeste y las dinámicas subtropicales y mediterránea, si bien las áreas de influencia de cada una, así como las direcciones de sus efectos en el espacio varían. Además, el clima de España está condicionado por las corrientes de aire que proceden del océano Atlántico y el mar Mediterráneo. Por todo ello, la España peninsular es una de las áreas del planeta con mayor variabilidad de situaciones atmosféricas [12].

2.2. Fuente de datos

La Agencia Estatal de Meteorología del Gobierno de España (AEMet) facilitó 4710 registros diarios de temperatura máxima y mínima del periodo 1850-2015, a los cuales se les aplicó control de calidad, reconstrucción temporal y espacial y selección de las estaciones y periodo (1951-2010) con mayor disponibilidad de datos (figura 2).

Las series originales de temperaturas presentan datos anómalos, registros inhomogéneos y discontinuos, y se organizan de manera irregular en el espacio. Los datos anómalos y las series inhomogéneas son errores en la información que se diferencian en la longitud del sesgo. En el primer caso, se trata de un valor puntual, y el segundo, de un continuo de datos; pero ambos tienen en común que se trata de datos cuyo comportamiento no se debe a la variabilidad natural de la variable de estudio, sino a causas ajenas.

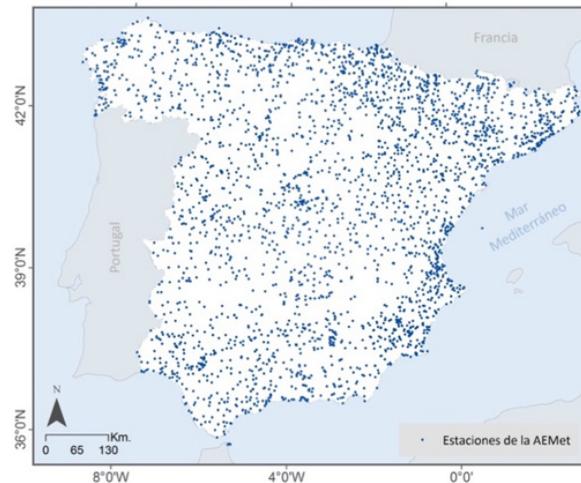


Figura 2. Estaciones de temperatura media mensual en la España peninsular.
Fuente: elaboración propia a partir de AEMet.

Entre las posibles fuentes de error que pueden presentar los datos originales (datos anómalos y series inhomogéneas) se encuentran los cambios de localización de la estación meteorológica, cambios en los usos del suelo, cambio del instrumento de medida, errores humanos debido a la digitalización, etc. En este contexto, los registros de cualquier variable natural, en este caso de las temperaturas, deben pasar un control de calidad para detectar los valores que no corresponden con el comportamiento natural de la variable de análisis: en este trabajo, los datos de temperatura media estacional, a partir de los registros diarios de temperaturas máximas y mínimas.

2.3. Análisis de los datos

En la investigación, las temperaturas máximas y mínimas mensuales se sometieron a un control de calidad y reconstrucción temporal-espacial para posteriormente obtener los valores promedios estacionales. La metodología llevada a cabo para crear la base de datos de la temperatura promedio estacional es la misma que se aplicó en la base de datos MOTEDAS, para obtener los valores mensuales de temperatura máxima y mínima [13]. En el presente trabajo, a diferencia del estudio de González-Hidalgo y otros autores [13], se evaluó la tendencia y variabilidad espacial de las temperaturas medias a escala estacional.

El control de calidad tuvo tres fases: 1) detección de incoherencia espacial, 2) detección de datos anómalos y 3) corrección de series inhomogéneas. El primer control (la detección de la incoherencia espacial) consiste en encontrar las estaciones que presentan localizaciones inexactas y corregirlas mediante información auxiliar. La detección de observatorios con elevación y coordenadas erróneas se realizó mediante tres técnicas: 1) el contraste con el Modelo Digital de Elevación [13] de 30 m de resolución para comprobar la altitud; 2) la estimación de la

temperatura a partir del modelo lineal de regresión con la elevación, con una diferencia mayor de 3 °C con la temperatura observada, y 3) la estimación de la temperatura a partir del método de interpolación regresión de Kriging, con una diferencia mayor de 3 °C con la temperatura observada. Una vez detectadas las estaciones erradas, se buscó la localización correcta a partir de la información ofrecida por la AEMet y con la ayuda de Google Earth (figura 3).

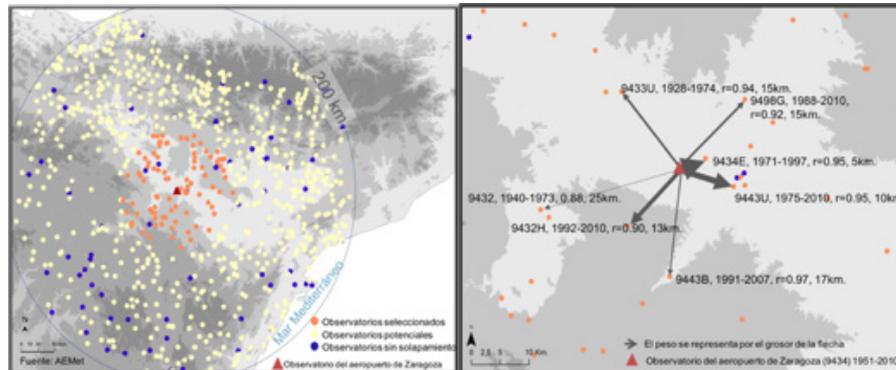


Figura 3. Ejemplo de creación de la serie de referencia en la serie candidata de la ciudad de Zaragoza, en España.
Fuente: elaboración propia

En el proceso de detección de datos anómalos y la detección de series inhomogéneas fue necesario emplear una serie de referencia. Esta serie se construyó a partir de la interpolación de estaciones vecinas (figura 3). Las estaciones seleccionadas para construir cada serie de referencia cumplen una serie de requisitos: 1) las estaciones deben estar localizadas en un radio inferior a 200 km; 2) las series deben compartir un periodo de 7 años en común con la estación candidata para la que se obtiene la serie de referencia, denominado solapamiento; 3) las series deben tener una correlación anual superior a 0,7 y ser positivas en todos los meses. Una vez elegidas las estaciones que forman parte de la serie de referencia, se ponderaron en función de la distancia.

El segundo control, la detección y eliminación de datos anómalos, tiene dos fases: la primera consiste en encontrar y eliminar las incoherencias internas de la serie (por ejemplo, temperaturas superiores a 50 °C o inferiores a -50 °C, una amplitud superior a 40 °C, valores repetidos, etc.; mientras que la segunda fase consistió en detectar y suprimir los valores que se diferencian de la serie de referencia en 4 desviaciones estándar.

El último control, la detección y corrección de series inhomogéneas [14], se realiza a partir de pruebas de homogeneidad: SNHT [14], [15], el test bivariado [15], el test de Pettit [3] y la T de Student. Las dos primeras pruebas utilizan la serie de referencia para comparar con la serie candidata de estudio; mientras que las dos últimas pruebas utilizan solo la información de la propia serie para determinar el año en el que la serie muestra un periodo erróneo.

El registro de los datos no está exento de errores, por lo que si se prescinde del control de calidad, existe una alta probabilidad de obtener resultados inexactos. El control de calidad depende de cada variable de estudio, y actualmente es un proceso en construcción, ya que la detección y corrección de los valores erróneos se realizan mediante una prueba estadística que no está carente de sesgos. Por ello, la utilización de diferentes técnicas de detección de datos anómalos y series inhomogéneas garantiza una mayor fiabilidad.

Una vez que las series de temperaturas mensuales, máximas y mínimas, pasaron el control de calidad, se reconstruyeron los valores faltantes, para lo que se utilizó la serie de referencia

previamente descrita. Los registros se rellenaron desde la serie de referencia creada con estaciones en un radio inferior a 25 km. A partir de la serie de referencia extrapolada, que consiste en un proceso iterativo de relleno y cálculo de la serie de referencia, se reconstruyeron series prolongadas en el tiempo. Posteriormente, se eligieron solo las estaciones que tienen un elevado porcentaje de datos originales (1358 observatorios), ya que el objetivo de esta técnica es trabajar con series completas, pero que conservan la variabilidad natural de la variable de estudio.

A continuación, interpolaron las estaciones seleccionadas mediante un método de interpolación local desarrollado por [17]. Esta técnica de extrapolación de la información en el espacio utiliza una función matemática para obtener un promedio de temperatura en función de la ponderación de las estaciones vecinas elegidas (figura 4). Los observatorios vecinos seleccionados en cada paso para la interpolación deben estar en un radio de 20 km [17]; mientras que el peso que tiene cada serie se selecciona en función de la distancia al punto de estimación y el reparto isotrópico de las estaciones en el espacio. La malla resultante de las temperaturas máximas y mínimas mensuales tiene una resolución de 10 × 10 km. Así se obtuvieron el promedio mensual y estacional de cada celda de la malla.

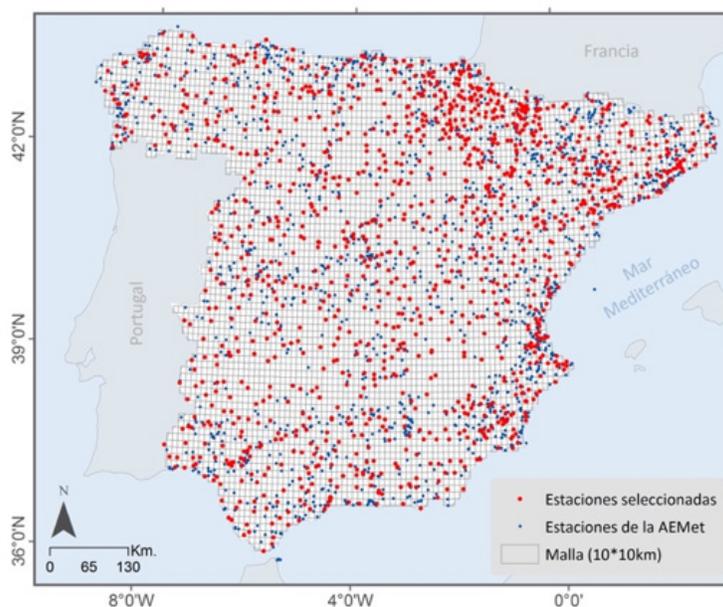


Figura 4. Estaciones de la AEMet, estaciones seleccionadas a partir del porcentaje de datos originales y malla 10 × 10 km. Fuente: elaboración propia a partir de AEMet.

Finalmente, se estimó la variación temporal y espacial de las temperaturas estacionales en el periodo de estudio (1951-2010), analizando las tendencias mediante el estadístico de Mann-Kendall, que determina el signo y su significación. En el test de Mann-Kendall [18], la hipótesis nula asume que no existe tendencia y que las observaciones se producen de manera aleatoria en el tiempo; mientras que la hipótesis alternativa se asocia con un incremento o disminución monótona de la tendencia [7]. En el caso de la temperatura, la tendencia positiva indica aumento de la temperatura, y la tendencia negativa, una disminución en los valores térmicos. Este análisis se presenta como una cartografía de la tendencia en el periodo completo, al igual que en diagramas triangulares, en los cuales se muestra la tendencia en ventanas temporales de entre 20 y 60 años, considerando todos los posibles casos.

3. Resultados y discusión

Los principales resultados de este trabajo son: una base de datos con información continua en el tiempo y el espacio de la temperatura promedio estacional en formato malla de 10 km² de resolución (periodo 1951-2010) y el estudio de su tendencia aplicando el método de distribución espacial de los valores z del test de Mann-Kendall [18].

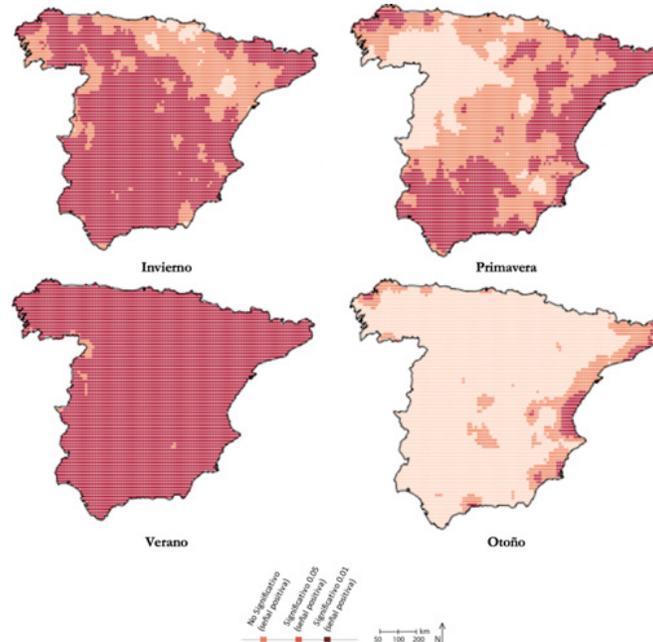


Figura 5. Significación de la tendencia (valor z del test de Mann-Kendall) de la temperatura media estacional en la España peninsular. Fuente: elaboración propia.

La figura 5 muestra la distribución espacial de la tendencia de la temperatura media estacional. En general, se observa un incremento de las temperaturas medias en todas las estaciones del año para el periodo de estudio. En verano tiene lugar una tendencia significativa ($z = 0,05$) en todo el territorio; le sigue el invierno, con un mayor porcentaje de territorio; luego, la primavera, con una reducción del área, y, por último, el otoño, cuando solo es significativo en la costa mediterránea. Estos resultados son coherentes con otras investigaciones realizadas en España [13], [19], [20].

La disposición de las cadenas montañosas y la posición de la península entre dos masas de agua contrastadas han sido factores que se encuentran citados en la bibliografía precedente como causante de la asimetría este-oeste, observada en diferentes elementos del clima, como la precipitación, y que en el presente estudio parece influir en las tendencias. Particularmente, es notable la tendencia significativa en sectores localizados en la costa mediterránea, que no traspasa la línea de cumbre de los sistemas costero-catalanes, sistema ibérico y cordillera bética en el sur.

La figura 6 muestra el signo y la significación de las tendencias de las ventanas móviles (periodos) entre 20 y 60 años de la temperatura media estacional. La ventana móvil permite no solo ver la tendencia para el conjunto del periodo de estudio, sino de cualquier periodo entre 20 y 60 años, según los años considerados.

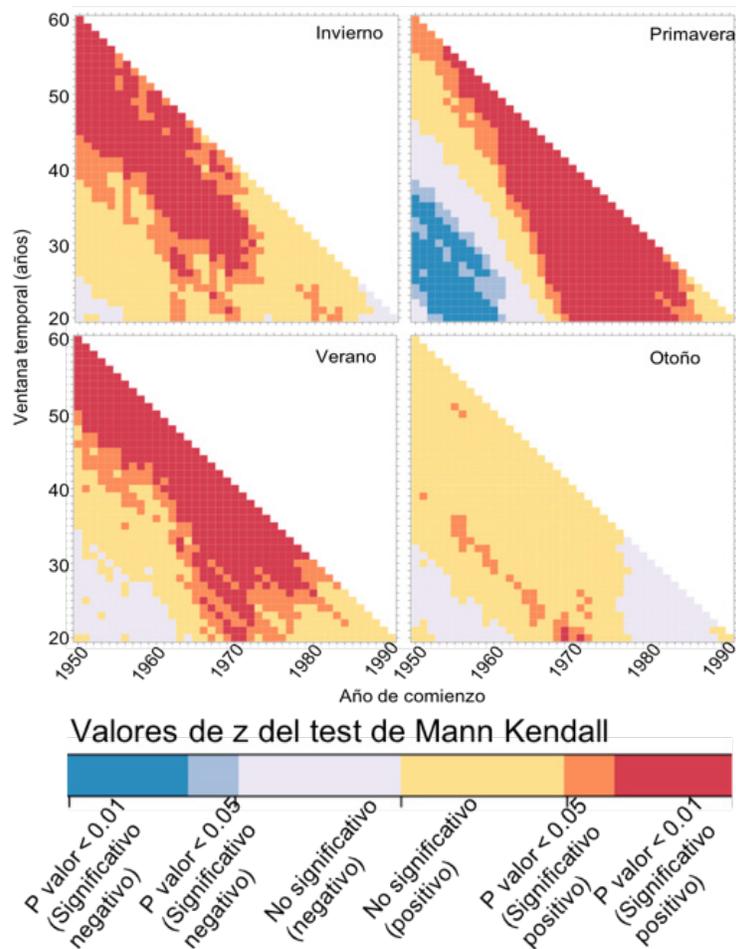


Figura 6. Significación de la tendencia (valor z del test de Mann-Kendall) de las ventanas móviles (periodos) entre 20 y 60 años de la temperatura media estacional en la España peninsular. Fuente: elaboración propia.

En general, las temperaturas medias han tenido un fuerte incremento a partir de los años setenta, como algunos autores señalan [21]-[23], y la primavera es la estación del año que ha mantenido un crecimiento significativo más prolongado; sin embargo, desde mediados de los años ochenta su tendencia ha dejado de ser significativa. En verano ha tenido lugar un fuerte y significativo incremento de la temperatura media, a partir de la década de los setenta y hasta la de los ochenta. Por su parte, el invierno tuvo una tendencia positiva y significativa a partir de 1960-1970 hasta 1975; pero hace décadas que su tendencia ha dejado de ser significativa. Por último, el otoño es la estación con un incremento significativo mínimo, y las temperaturas promedio se han mantenido más estables.

4. Conclusiones

Las bases de datos de amplia cobertura espacial y temporal permiten analizar con detalle el comportamiento de los elementos del clima, así como detectar sus patrones espaciales, su variabilidad y homogeneidad. En definitiva, son el paso inicial para relacionar la variable de estudio con los demás elementos de los paisajes, por lo que permiten delimitar con exactitud fenómenos en el espacio y se convierten en una herramienta de gestión y planificación del territorio de primer nivel.

El estudio de las tendencias de las temperaturas promedio estacionales en la España peninsular muestra un incremento en la mayor parte del territorio y en casi todas las estaciones en el periodo analizado. Esta tendencia no está exenta de un comportamiento heterogéneo en el tiempo y el espacio. Conocer las causas de estas diferencias espacio-temporales permitiría obtener información de los factores y la magnitud de los fenómenos que modifican las temperaturas. El mayor aumento de las temperaturas tiene lugar en verano, y al oeste del territorio de estudio, en los meses de febrero y marzo, y al este en abril y octubre (datos no mostrados). Por otro lado, en el tiempo es posible establecer dos periodos diferenciados en las tendencias: una disminución desde 1950 hasta los años setenta, y a partir de aquí un incremento hasta 2010, si bien desde mediados de los años ochenta la tendencia deja de ser significativa.

En el cálculo de la tendencia de las temperaturas es importante el periodo de análisis de estudio, así como la unidad temporal y térmica de trabajo, por lo que en un futuro es interesante trabajar con un periodo más amplio, y con datos diarios de las temperaturas máximas y mínimas. También, se considera de interés realizar un estudio en el que se analice la relación entre las temperaturas y los patrones de teleconexión que más afectan al área trabajo (oscilación del Atlántico norte, Atlántico este, escandinavo, oscilación del Mediterráneo occidental, etc.). A partir de aquí se abre una línea de investigación que pasa por explicar la variabilidad espacio-temporal de las temperaturas estacionales en la España peninsular.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a la financiación del Gobierno de España-FSE, Proyecto CGL2011-27574-C02-01, y del Gobierno Regional de Aragón DGA-FSE, Grupo de Investigación Consolidado Clima, Agua, Cambio Global y Sistemas Naturales (BOA 69, 11-06-2007).

Referencias

- [1] T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley, Eds. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [2] J. Hansen, R. Ruedy, M. Sato y K. Lo K. "Global surface temperature change". *Rev. Geophys.*, n.º 48, 2013. <https://doi.org/10.1029/2010RG000345>
- [3] A. N. Pettit. A non-parametric approach to the change-point problem. *J. R. Stat. Soc., Series C (Applied Statistics)*, vol. 28, n.º 2, pp. 126-135, 1979 [en línea]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2346729>
- [4] M. L. Pinsky, A. M. Eikeset, D. J. McCauley, J. L. Payne y J.L. M. Sunday. "Greater vulnerability to warming of marine versus terrestrial ectotherms". *Nature*, vol. 569, pp. 108-111, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1132-4>.
- [5] G. Shaver, J. Canadell, F. S. Chapin et al. "Global warming and terrestrial ecosystems: A conceptual framework for analysis. Ecosystem responses to global warming will be complex and varied. Ecosystem warming experiments hold great potential for providing insights on ways terrestrial ecosystems will respond to upcoming decades of climate change. Documentation of initial conditions provides the context for understanding and predicting ecosystem responses". *BioScience*, vol. 50, n.º 10, pp. 871-882, 2000. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0871:GWATEA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0871:GWATEA]2.0.CO;2)
- [6] T. Lizumi, J. Furuya, Z. Shen, W. Kim et al. "Responses of crop yield growth to global temperature and socioeconomic changes". *Sci. Rep.*, vol. 7, 2017. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08214-4>
- [7] A. M. Ramos, R. M. Trigo, F. E. Santo. "Evolution of extreme temperatures over Portugal: Recent changes and future scenarios". *Clim. Res.*, n.º 48, pp. 177-192, 2011. <https://doi.org/10.3354/cr00934>.

- [8] P. D. Jones y T. M. I. Wigley. "Estimation of global temperature trends: what's important and what isn't". *Clim. Change*, n.º 100, pp. 59-69, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9836-3>.
- [9] P. D. Jones, D. Lister, T. J. Osborn, C. Harpham, M. Salmon y C. P. Morice. "Hemispheric and large-scale land-surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2010". *J. Geophys. Res.-Atmos.*, n.º 117, 2012. <https://doi.org/10.1029/2011JD017139>
- [10] J. H. Lawrimore, M. J. Menne, B. E. Gleason, C. N. Williams, D. B. Wuertz, R. S. Vose y J. Rennie. "An overview of the Global Historical Climatology Network monthly mean temperature data set, version 3". *J. Geophys. Res.-Atmos.*, n.º 116, 2011. <https://doi.org/10.1029/2011jd016187>
- [11] A. Gil Olcina y J. Olcina Cantos. "Circulación atmosférica general y diversidad climática". En *Geografía de España*. Barcelona: Ariel, 2001, pp. 87-128.
- [12] J. Martín Vide y J. Olcina Cantos. *Climas y tiempos de España*. Madrid: Alianza, 2001.
- [13] J. C. González-Hidalgo, D. Peña-Angulo, M. Brunetti y N. Cortesi. "MOTEDAS: A new monthly temperature database for mainland Spain and the trend in temperature (1951-2010)". *Int. J. Climatol.*, n.º 35, pp. 4444-4463, 2015.
- [14] E. Aguilar, I. Auer, M. Brunet, T. Peterson y J. Wieringa. *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*. Ginebra: World Meteorological Organization, 2003.
- [15] A. Alexandersson. "A homogeneity test applied to precipitation data". *J. Climatol.*, n.º 6, pp. 661-675, 1986. <https://doi.org/10.1002/joc.3370060607>
- [16] T. A. Buishand. "Some methods for testing the homogeneity of rainfall records". *J. Hydrol.*, n.º 58, pp. 11-27. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90066-X](https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90066-X)
- [17] M. Brunetti, M. Maugeri, F. Monti, T. Nanni. "Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenized instrumental time series". *Int. J. Climatol.*, n.º 26, pp. 345-381, 2006. <https://doi.org/10.1002/joc.1251>
- [18] H. B. Mann. "Non parametric test against trend". *Econometrica*, n.º 13, pp. 245-259, 1945.
- [19] S. del Río, L. Herreo, C. Pinto-Gomes y A. Penas. "Spatial analyses of mean temperature trends in Spain over the period 1961-2006". *Glob. Planet. Change*, n.º 78, pp. 65-75, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.05.012>
- [20] J. A. Guijarro. "Tendencias de la temperatura". En *Fenómenos meteorológicos adversos en España*, C. García-Lega y F. Valero, Eds. Madrid: WCRP, AMV Ediciones, 2013, pp. 313-323.
- [21] S. del Río, A. Cano-Ortiz, L. Herrero y A. Penas. "Recent trends in mean maximum and minimum air temperature over Spain (1961-2006)". *Theor. Appl. Climatol.*, n.º 109, pp. 605-626, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0593-2>
- [22] J. C. González-Hidalgo, D. Peña-Angulo, M. Brunetti y C. Cortesi. "Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland (1951-2010): From warming to hiatus". *Int. J. Climatol.*, n.º 36, pp. 2405-2416, 2015.
- [23] A. M. Klein-Tank, J. B. Winjaard, G. P. Können, G. Demaree et al. "Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment". *Int. J. Climatol.*, n.º 22, pp. 1441-1453, 2002. <https://doi.org/10.1002/joc.773>