

# Observaciones climáticas atmosféricas y reconstrucciones instrumentales sobre la península ibérica I. Obtención de series climáticas de alta calidad

DOI: <https://doi.org/10.31978/639-18-002-5.03>

José Antonio Guijarro<sup>1</sup>, César Azorín Molina<sup>3</sup>, José Carlos González-Hidalgo<sup>4</sup>,  
Arturo Sánchez-Lorenzo<sup>5</sup>, Sixto Herrera<sup>2</sup>, José Antonio López<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Grupo de Meteorología, Dpto. de Matemática Aplicada y Ciencias Computacionales,  
Universidad de Cantabria, España

<sup>3</sup> Dpto. de Ciencias de la Tierra, Universidad de Gotemburgo, Suecia

<sup>4</sup> Dpto. de Geografía, Universidad de Zaragoza, España

<sup>5</sup> Instituto Pirenaico de Ecología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España

## Introducción

Las series observacionales son la base para los estudios de variabilidad climática, puesto que son la materia prima usada para analizar climas locales, generar productos en rejilla para evaluar climas regionales o globales y sus cambios, y calibrar modelos climáticos globales. Se han realizado grandes esfuerzos en las últimas décadas para aumentar el número y la calidad de las medidas climatológicas, pero las tecnologías y las prácticas de observación han sufrido cambios relevantes desde el comienzo de la era instrumental (mediados del siglo XIX) que, junto con cambios de emplazamiento y en el entorno de los observatorios, han alterado las propiedades de los registros observacionales. Por lo tanto es necesario aplicar metodologías estadísticas a las series en bruto para homogeneizarlas, es decir, para identificar y eliminar de la señal climática real los mencionados sesgos artificiales. En las últimas décadas ha habido varias iniciativas internacionales destinadas a mejorar los métodos de homogeneización, desarrollar nuevas técnicas o adaptar las existentes a nuevas variables. Por ejemplo, en los años 2007-2011 la acción COST ES0601 «Advances in homogenisation methods of climate series: an integrated approach (HOME)» reunió a los principales grupos de investigación europeos para lograr un método para homogeneizar bases de datos climáticos y medioambientales (Venema *et al.*, 2012). Desde entonces estas técnicas han mejorado lo suficiente como para eliminar con elevada fiabilidad los sesgos más significativos en las series mensuales.

Sin embargo, las series diarias tienen mucha más variabilidad que sus agregados mensuales, lo que limita el poder de detección de inhomogeneidades. Por lo tanto, se requieren métodos estadísticos más refinados, incluido el uso de medidas paralelas para proporcionar correcciones basadas en estudios metrológicos (proyecto MeteoMet: Merlone *et al.*, 2015) o en modelos que simulen la física de los fenómenos que producen los sesgos (Auchmann y Brönnimann, 2012).

## Obtención de series climáticas de alta calidad

Para estudiar la variabilidad climática, los climatólogos precisan largas series de observación, libres de errores e inhomogeneidades. Por tanto, es necesario trabajar para obtener series temporales más largas, especialmente a través de la digitalización de cuadernos meteorológicos (rescate de datos) y controlando cuidadosamente su calidad y homogeneidad.

### Rescate de datos

El rescate de datos implica una gran cantidad de trabajo: descubrir documentos antiguos (cuadernos de observación, registros analógicos en papel y resúmenes climáticos), escanearlos o fotografiarlos, inventariarlos y digitalizarlos. Sin embargo, la escasez de personal de muchos Servicios Meteorológicos Nacionales no permite que estas tareas avancen a la velocidad deseada. De entre las actividades de rescate de datos llevadas a cabo en universidades e instituciones gubernamentales vale la pena mencionar los esfuerzos en la recuperación de antiguos datos instrumentales realizados en el marco del proyecto Salvà-Sinobas (Domínguez-Castro *et al.*, 2014), que está digitalizando más de 100 000 observaciones meteorológicas realizadas entre 1780 y 1850, un periodo en el que previamente solo había dos series disponibles. Este conjunto de datos contiene medidas de la temperatura del aire, dirección del viento y estado del tiempo de 16 lugares de España continental e islas Baleares, la mayoría de ellos con una resolución diaria. También García *et al.* (2014) reconstruyeron series de radiación solar global del Observatorio Atmosférico de Izaña (Tenerife, islas Canarias) del periodo 1933-2013.

Otros proyectos actualmente en curso están recuperando y digitalizando valores mensuales de precipitación y valores medios de temperaturas extremas anteriores a 1950, como los que completan las series de Mahón (Carreras, 2009), Barcelona (Prohom *et al.*, 2016) y Oviedo (Mora y González, 2017).

### Control de calidad y homogeneización

El control de calidad de las observaciones es una tarea con múltiples fases, ya que debe realizarse desde el momento en que se registran por primera vez hasta su almacenamiento final en la base de datos operativa. Además, los climatólogos normalmente aplican controles de calidad adicionales antes de analizar las series, comprobando su consistencia espacial e interna. Estos procedimientos se encuentran frecuentemente implementados en el mismo software usado para detectar y corregir inhomogeneidades.

Como tras la exitosa Acción COSTES0601, varios paquetes de homogeneización mejoraron su rendimiento y van apareciendo otros nuevos, se hacía necesario llevar a cabo nuevas comparaciones de su funcionamiento. Uno de estos esfuerzos ha sido financiado por el Ministerio español de Economía y Competitividad a través del proyecto MULTITEST, para mejorar las pruebas comparativas realizadas previamente por Guijarro (2011). Sus resultados están disponibles en <http://www.climatol.eu/MULTITEST/index.html>.

Por otra parte, algunos proyectos internacionales están tratando de aprovechar las actuales metodologías de homogeneización para construir un conjunto de datos global de temperatura del aire con una calidad y densidad de estaciones sin precedentes, especialmente el de la *International Surface Temperature Initiative* (<http://www.surface temperatures.org/>).

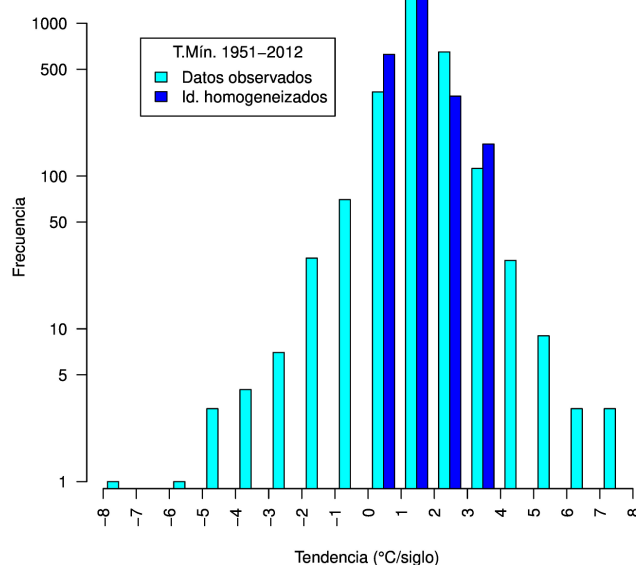
Una de las principales preocupaciones sobre la homogeneidad de las series está relacionada con los cambios de estaciones manuales a automáticas. Como estos son difíciles de detectar con métodos de homogeneización relativa cuando todos o la mayoría de los instrumentos en una red son reemplazados en un corto periodo de tiempo, el *Parallel Observations Science Team* (POST) está compilando una base de datos con medidas paralelas, para evaluar el impacto de este conjunto de cambios instrumentales ([http://www.surface temperatures.org/databank/parallel\\_measurements](http://www.surface temperatures.org/databank/parallel_measurements)).

Entre los primeros esfuerzos para construir un conjunto de series largas homogéneas y con calidad controlada se encuentra la compilación de SDATS (Brunet *et al.*, 2006), que contiene 22 series españolas diarias de temperatura del aire (media, máxima y mínima) desde 1850 hasta 2005. Este conjunto de datos ha sido recientemente revaluado y actualizado hasta 2014. Además de para preparar conjuntos de datos en formato reticulado (véase Herrera *et al.* en este volumen), se han realizado tareas de control de calidad y homogeneización como paso previo en varios estudios de variabilidad climática:

- Vicente-Serrano *et al.* (2010) construyeron una base de datos de precipitaciones diarias para el noreste de España usando datos de 3106 estaciones a lo largo de 1901-2002. Las lagunas de datos se rellenaron utilizando valores de las estaciones más próximas, y la homogeneidad de las series se comprobó usando el Standard Normal Homogeneity Test (SNHT, Alexandersson, 1986) con la ayuda del paquete AnClim (Štěpánek, 2008a).
- En la misma zona, El Kenawy *et al.* (2011 y 2013) recopilaban datos diarios de temperaturas extremas del

aire de 1583 estaciones que abarcan partes del periodo 1900-2006. Después de completar los datos ausentes por regresión lineal, la homogeneidad de la serie se evaluó aplicando SNHT, regresión en dos fases y las pruebas de Vincent.

- González-Hidalgo *et al.* (2011 y 2015) construyeron bases de datos mensuales de precipitación (MOPREDAS, 1951-2010) y temperatura máxima y mínima (MOTEDAS, 1949-2005) utilizando todas las series disponibles (6821 y 1358 respectivamente) con un mínimo de 10 años de observaciones en la España peninsular. Su homogeneización se realizó por medio de los programas AnClim y ProclimDB (Štěpánek, 2008a, b).
- Luna *et al.* (2012) construyeron un conjunto de datos integrado por 66 series largas de precipitación mensual de la Península y Baleares, homogeneizadas con el paquete Climatol (Guijarro, 2013a) usando todas las series españolas de precipitación como referencia.
- Martín *et al.* (2012) estudiaron 36 estaciones seleccionadas de Tenerife (islas Canarias), utilizando AnClim para homogeneizarlas, mientras que Máyer *et al.* (2017) seleccionaron 23 series canarias de precipitación para estudiar las tendencias del índice de concentración.



**Figura 1.** Tendencias de las temperaturas mínimas del aire en España antes y después de la homogeneización de las series. Las inhomogeneidades de los datos brutos de observación dan como resultado una dispersión anormalmente alta de las tendencias calculadas.

- Guijarro (2013b) homogeneizó las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales de 2856 series españolas (incluyendo los archipiélagos balear y canario) con un mínimo de 10 años de observación mediante el paquete Climatol. Un ejemplo ilustrativo de los beneficios de los procedimientos de homogeneización aplicados antes de realizar cualquier prueba de variabilidad puede verse en la Figura 1.
- Cuadrat *et al.* (2013) homogeneizaron 49 series largas de temperaturas extremas diarias usando SNHT mediante el software ProclimDB para estudiar el evolución de las olas de calor y frío en España.

- Sánchez-Lorenzo *et al.* (2013) desarrollaron un nuevo conjunto de datos de radiación solar superficial en España basada en las series más largas, con registros desde la década de 1980. Se seleccionaron trece series mensuales, y su homogeneidad se evaluó por medio del SNHT. Un enfoque similar se aplicó al estudio de cambios en la nubosidad desde mediados del siglo XIX considerando 39 series largas españolas (Sánchez-Lorenzo *et al.*, 2012).
- Sánchez-Lorenzo *et al.* (2014) construyeron un conjunto de datos de evaporación en España basado en series largas de medidas de evaporímetro Piché y de tanque. Los datos de Piché fueron recolectados de 58 estaciones, comenzando en la década de 1960, mientras que los datos de tanque evaporimétrico de 21 observatorios comenzaban en 1984. Este conjunto de datos fue homogeneizado mediante el software HOMER.
- Azorín-Molina *et al.* (2014) compilaron series mensuales de velocidad del viento registradas en 67 estaciones en España y Portugal durante 1961-2011, y aplicaron el SNHT usando el paquete AnClim y series simuladas con el modelo MM5 como referencia.
- Azorín-Molina *et al.* (2016) evaluaron la variabilidad de las rachas máximas diarias de 80 series de España y Portugal de 1961-2014, usando también las salidas de MM5 como referencia para homogeneizarlas, esta vez aplicando el paquete Climatol (Guijarro, 2013a).
- Una reciente tesis de doctorado (Serrano, 2017) compila una nueva reconstrucción de las precipitaciones diarias españolas para el periodo 1951-2015.

Actualmente se están llevando a cabo investigaciones dentro del proyecto MeteoMet, y la red española IMPACTRON está trabajando para mejorar la comprensión del impacto en las series de temperatura del aire de las transiciones: 1) de observación manual a automática; 2) cambios de ubicación de ciudades a aeropuertos; y 3) cambios en los tipos de refugio termométrico.

## Conclusión

Los estudios climatológicos desarrollados en España a lo largo de los últimos años han mejorado los trabajos anteriores de producción de conjuntos de datos homogéneos y con calidad controlada, y han abordado otras variables climáticas. Estos estudios deberán extenderse a más variables y actualizarse regularmente para incluir los nuevos datos que se van generando. Al mismo tiempo, los próximos esfuerzos deberán enfocarse a la homogeneización de series diarias, que permitirá una evaluación más precisa de la variabilidad climática pasada y presente, al tiempo que será de gran utilidad para proporcionar mejores proyecciones del clima futuro mediante técnicas de reducción de escala de las salidas de los Modelos Climáticos Regionales.

## Referencias

Alexandersson, H., 1986: A homogeneity test applied to precipitation data. *Jour. of Climatol.*, 6, 661-675.

Auchmann, R. and Brönnimann, S., 2012: A physics-based correction model for homogenizing sub-daily temperature series, *J. Geophys. Res.*, 117, D17119, doi:10.1029/2012JD018067.

Azorín-Molina, C. *et al.*, 2014: Homogenization and Assessment of Observed Near-Surface Wind Speed Trends over Spain and Portugal, 1961-2011. *J. of Climate*, 27, 3692-3712.

Azorín-Molina, C. *et al.*, 2016: Trends of daily peak wind gusts in Spain and Portugal, 1961-2014. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, doi:10.1002/2015JD024485, 20 pp.

Brunet, M. *et al.*, 2006: The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850-2003). *Int. J. Climatol.*, 26, 1777-1802.

Carreras, P., 2009: Sèrie de pluja de Maó del 1864 al 1932 gràcies a Joaquim Carreras i Maurici Hernández. *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, segona època, 2, 70-78.

Cuadrat, J. M. *et al.*, 2013: Heat and cold waves in Spain. In: *Adverse weather in Spain* (García-Legaz, C. and Valero, F., Eds.), AMV Ediciones, Madrid, ISBN 978-84-96709-43-0, pp. 307-322.

Domínguez-Castro, F. *et al.*, 2014: Early Spanish meteorological records (1780-1850). *Int. J. Climatol.*, 34, 593-603.

El Kenawy, A. *et al.*, 2011: Recent trends in daily temperature extremes over northeastern Spain (1960-2006). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 2583-2603.

El Kenawy, A. *et al.*, 2013: An assessment of the role of homogenization protocol in the performance of daily temperature series and trends: application to northeastern Spain. *Int. J. Climatol.*, 33, 87-108.

García, R. D. *et al.*, 2014: Reconstruction of global solar radiation time series from 1933 to 2013 at the Izaña Atmospheric Observatory, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 3139-3150, doi:10.5194/amt-7-3139-2014.

Gilabert, A. *et al.*, 2015: Exploratory statistical analysis of combined metrological and homogenisation procedures to ensure enhanced temperature series traceability to international standards. *Int. J. Climatol.* (en imprenta).

González-Hidalgo, J. C. *et al.*, 2011: A new tool for monthly precipitation analysis in Spain: MOPREDAS database (monthly precipitation trends December 1945-November 2005). *Int. J. Climatol.*, 31, 715-731.

González-Hidalgo, J. C. *et al.*, 2015: MOTEDAS: a new monthly temperature database for mainland Spain and the trend in temperature (1951-2010). *Int. J. Climatol.*, 35, 4444-4463, doi: 10.1002/joc.4298.

Guijarro, J. A., 2011: Influence of network density on homogenization performance. Seventh Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases jointly organized with the Meeting of COST ES0601 (HOME) Action MC Meeting, Budapest, 24-27/October, WMO WCDMP-No. 78, pp. 11-18.

Guijarro, J. A., 2013a: User's Guide to Climatol, 40 pp. <http://www.climatol.eu/climatol-guide.pdf>

- Guijarro, J. A., 2013b: Temperature trends. En: Adverse weather in Spain (García-Legaz, C. and Valero, F., Eds.), AMV Ediciones, Madrid, ISBN 978-84-96709-43-0, pp. 297-306.
- Luna, M. L. *et al.*, 2012: A monthly precipitation database for Spain (1851-2008): reconstruction, homogeneity and trends. *Adv. Sci. Res.*, 8, 1-4.
- Máyer, P. *et al.*, 2017: Precipitation trends and a daily precipitation concentration index for the mid-eastern Atlantic (Canary Islands, Spain). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, doi:10.18172/cig.3095.
- Martín, J. L. *et al.*, 2012: Assessment of global warming on the island of Tenerife, Canary Islands (Spain). Trends in minimum, maximum and mean temperatures since 1944. *Climatic Change*, 114, 343-355.
- Merlone, A. *et al.*, 2015: The MeteoMet project - metrology for meteorology: challenges and results, *Meteorol. Appl.* 22, 820-829, doi:10.1002/met.1528.
- Mora, M. A. and González, V. M., 2017: La serie histórica de la Universidad de Oviedo - Proyecto REDASHO. *Calendario meteorológico 2017*, MAPAMA-AEMET, pp. 309-317.
- Peña-Angulo, D. *et al.*, 2016: A new climatology of maximum and minimum temperature (1951-2010) in the Spanish mainland: a comparison between three different interpolation methods. *Int. Jour. of Geographical Information Sci.*, 30, 2109-2132. DOI 10.1080/13658816.2016.1155712.
- Sánchez-Lorenzo, A. *et al.*, 2012: Increasing cloud cover in the 20th century: review and new findings in Spain. *Clim. Past*, 8, 1199-1212, doi:10.5194/cp-8-1199-2012.
- Sánchez-Lorenzo, A. *et al.*, 2013: Global and diffuse solar radiation in Spain: Building a homogeneous dataset and assessing their trends. *Global and Planetary Change*, 100, 343-352.
- Sánchez-Lorenzo, A. *et al.*, 2014: Evaporation trends in Spain: a comparison of Class A pan and Piché atmometer measurements. *Clim. Res.*, 61, 269-280.
- Serrano-Notivoli, R., 2017: Reconstrucción climática instrumental de la precipitación diaria en España. Ensayo metodológico y aplicaciones. Tesis doctoral, Univ. de Zaragoza.
- Štěpánek, P., 2008a: AnClim – software for time series analysis (for Windows 95/NT). Department of Geography, Faculty of Natural Sciences, MU, Brno, Czech Republic.
- Štěpánek, P., 2008b: ProClimDB – software for processing climatological datasets. CHMI, Regional Office: Brno, Czech Republic.
- Venema, V. *et al.*, 2012: Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. *Clim. Past*, 8, 89-115.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., López-Moreno J., García-Vera, M. A., Štěpánek, P., 2010: A complete daily precipitation database for northeast Spain: reconstruction, quality control, and homogeneity. *Int. J. Climatol.*, 30, 1146-1163.