

## AVANCES EN LA RECONSTRUCCIÓN PLURISECULAR DEL CLIMA EN EL NORESTE DE ESPAÑA: NUEVAS BASES DE DATOS Y RESULTADOS

José María CUADRAT<sup>1,2\*</sup>, Ernesto TEJEDOR<sup>1,2\*</sup>, Miguel Ángel SAZ<sup>1,2</sup>,  
Roberto SERRANO-NOTIVOLI<sup>1,2,3</sup>, Martín DE LUIS<sup>1,2</sup>, Mariano BARRIENDOS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Pedro  
Cerbuna 12, 50009.*

<sup>2</sup>*Instituto Universitario de Ciencias Ambientales.*  
[jmquadrat@unizar.es](mailto:jmquadrat@unizar.es), [etejedor@unizar.es](mailto:etejedor@unizar.es)

### RESUMEN

En el marco de los proyectos CGL2011-28255 y CGL2015-69985 se ha generado una base de datos multiproxy e instrumental con el objetivo de analizar la evolución, tendencia, variabilidad y los fenómenos extremos de las temperaturas y la precipitación en el Noreste de España a lo largo de los últimos 400 años. En esta comunicación presentamos la base de datos creada, así como los primeros resultados referentes al estudio de la variabilidad de las sequías. La información multiproxy está formada por documentos históricos procedentes de 16 archivos de las Comunidades de Aragón, la Rioja y Cataluña, y por series dendrocronológicas de 23 áreas localizadas en los Pirineos, el Sistema Ibérico y el valle del Ebro. Los datos han sido calibrados con toda la red de estaciones meteorológicas de temperatura y precipitación del Noreste de España. Con ellos se ha realizado la reconstrucción de los periodos de sequía desde el siglo XVII que permiten contextualizar el clima actual en un ámbito temporal más amplio, y ayudan a validar los escenarios climáticos futuros.

**Palabras clave:** Sequías, Proxy-data, Paleoclimatología, Noreste de España

### ABSTRACT

In the framework of the projects CGL2011-28255 and CGL2015-69985 a multiproxy and instrumental database has been generated with the aim of analyzing the evolution, trends, variability and extreme events of temperature and precipitation in the northeast of Spain over the last 400 years. In this paper, we present a novel database that integrates multiproxy and instrumental data as well as the first results concerning the evolution of drought variability. Multiproxy data is composed of 16 historical documents located in Aragon, La Rioja and Catalonia and by 23 dendrochronological series located in the Pyrenees, the Iberian Range and the Ebro Valley. Multiproxy data is calibrated with all the network of stations of temperature and precipitation in the northeast of Spain. The database has led to develop a reconstruction of drought periods since the XVII century which serve not only to contextualize the current climate in a temporal scale, but also to validate future climate change scenarios

**Key words:** Droughts, Proxy-data, Paleoclimatology, Northeastern of Spain

## 1. INTRODUCCIÓN

El IPCC-AR5 (IPCC, 2013) subraya el más que probable incremento de la temperatura media global y aumento de la variabilidad y eventos extremos de la precipitación en el siglo XXI, ya detectado desde el tercio final del siglo XX, destacando la cuenca del Mediterráneo y la Península Ibérica como áreas particularmente sensibles a estos cambios.

Aunque se han realizado buen número de investigaciones encaminadas a conocer la evolución de las temperaturas y precipitaciones en la Península Ibérica durante el periodo instrumental (Kenaway *et al.*, 2012; Pena-Angulo *et al.*, 2015; González-Hidalgo *et al.*, 2015, entre otros), el trabajo está muy condicionado por la escasa longitud de los registros meteorológicos, lo cual limita la posibilidad de estudiar el comportamiento del clima en momentos anteriores a la masiva intervención antrópica sobre el sistema climático terrestre, por lo que no podemos conocer de forma detallada y continua cuál fue la evolución de los elementos climáticos en condiciones atmosféricas que podríamos considerar como naturales, es decir, libres de forzamientos radiativos de origen antropogénico, y por tanto la posible excepcionalidad del periodo climático actual.

La paleoclimatología es la ciencia encargada de este tipo de estudios. Las variaciones climáticas dejan huellas evidentes en multitud de procesos, bióticos y abióticos, quedando registrada en ellos una señal climática a través de la que es posible conocer, datar y cuantificar esas oscilaciones. Las fuentes a partir de las que podemos extraer estos datos son abundantes, si bien la información resultante es de muy variada calidad y resolución.

Más allá de la obvia finalidad de conocer el clima de épocas anteriores a la etapa industrial y de contextualizar la situación climática actual, los estudios paleoclimáticos nos proporcionan información sobre multitud de procesos sin los que sería difícil entender algunos de los paisajes actuales. Además, el preciso conocimiento de los climas pasados es una herramienta esencial para validar los modelos matemáticos y prever la posible evolución del clima en distintos escenarios futuros.

Una de las técnicas que mejores resultados ofrece para examinar los cambios ambientales del pasado es la dendroclimatología, que trata de reconstruir el clima a partir del crecimiento anual que en general experimentan las especies leñosas en latitudes templadas. Esta ciencia nos proporciona estimaciones de carácter cuantitativo de la temperatura y precipitación de las últimas centurias, con la única limitación que impone la longevidad de los árboles utilizados. Se puede conseguir así información climática secular de resolución temporal anual e incluso trimestral. El desarrollo metodológico puede consultarse en Cook (1990) o Fritts (1991).

También la documentación histórica nos ofrece información de primera mano sobre acontecimientos climáticos del pasado. En el caso de España, donde un periodo seco en momentos clave para el desarrollo de las cosechas podía generar notables crisis de subsistencia, la celebración de rogativas *ad petendam pluviam* o *pro-serenitate*, con una compleja estructura interna y abundante documentación conservada, constituyen un proxy data excepcional para analizar eventos climáticos de alta frecuencia entre los siglos XV al XIX.

En este estudio se presenta la base de datos generada durante el proyecto de investigación CGL2011-28255 y los primeros resultados del nuevo proyecto CGL2015-69985. Mediante el estudio combinado de fuentes documentales, proxies naturales y datos instrumentales el objetivo es analizar cuál ha sido la evolución, tendencia, variabilidad y fenómenos extremos de las temperaturas y precipitación con resolución anual en el Noreste de España a lo largo de los últimos 400 años, y a la vez identificar las posibles diferencias espaciales existentes en este amplio y variado territorio.

Los resultados de la investigación tienen dos claras finalidades: una climática, de aportación al mosaico de trabajos regionales existentes a nivel europeo sobre el clima del pasado, y otra metodológica, de aproximación al estudio integrado de datos instrumentales, documentos históricos y series dendrocronológicas.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO, DATOS Y MÉTODOS

### a) Información documental

El Nordeste de España tiene un clima mediterráneo, donde la sequía es un fenómeno natural y recurrente. Tanto los datos recientes como las viejas crónicas confirman siempre precipitaciones irregulares, pero sobre todo, prueban la existencia de sequías, de períodos sin lluvia que han dejado malos recuerdos por las consecuencias catastróficas que han tenido, especialmente en el campo.

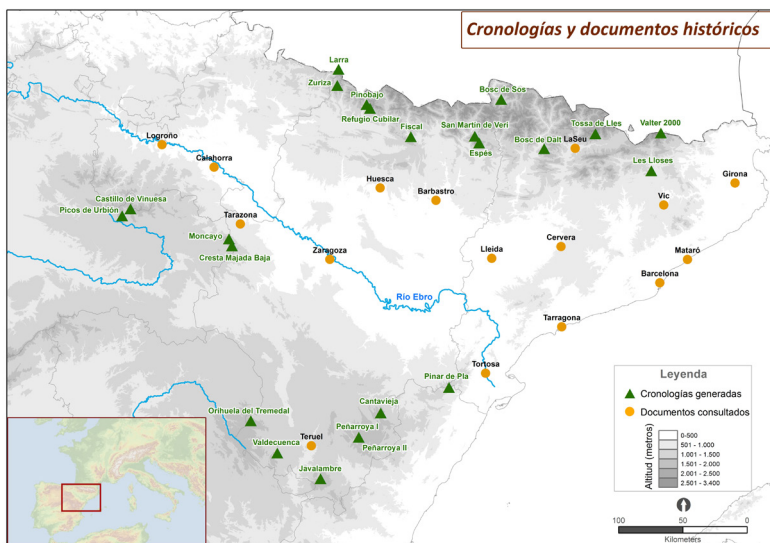


Fig. 1. Área de estudio y fuentes consultadas

Estas características aparecen reflejadas con frecuencia en documentos históricos, donde son continuas las referencias a extremos térmicos, persistencia de nevadas, daños por granizo, inundaciones o, en particular, el recurso a rogativas *ad petendam pluviam* en demanda de una mejora de las condiciones atmosféricas. En España, ade-

más, la riqueza documental que se encuentra en los archivos civiles y eclesiásticos es extraordinaria. En muchos de ellos existen abundantes anotaciones de fenómenos hidrometeorológicos con excelente grado de detalle y en ocasiones sin lagunas de información a lo largo del tiempo, lo cual permite su utilización como indicador climático.

Un problema intrínseco de las referencias contenidas en los documentos históricos es la dificultad de pasar una información cualitativa, e incluso con una cierta carga de subjetividad, a otra cuantitativa. Como en todo proceso de depuración de contenidos, se produce una pérdida de matices, quedando un dato climático simplificado (Barriandos, 1994). Sin embargo, constituye una información fundamental para estudiar la evolución del clima del periodo preinstrumental.

Para incorporar la información a la base de datos se ha seguido la metodología utilizada en el proyecto Millenium ('European climate of the last millenium', 2006-2009'), en el que se establecen 3 niveles de rogativas en función de la severidad del evento. Los documentos consultados o en los que se ha colaborado en el proceso de estandarización se muestran en la Fig.1 y en la Tabla.1. En total, 16 archivos consultados de Aragón, la Rioja y Cataluña que constituyen una de las mayores bases de datos documentales sobre rogativas de la Península Ibérica. La extensión de los mismos varía entre los 120 años de datos utilizables en Lleida y los 356 años de datos de Zaragoza. Mediante los 3 niveles de rogativas se ha generado un índice de sequía, común al Nordeste peninsular, y se ha realizado un primer análisis de los periodos secos, su variabilidad y recurrencia de eventos extremos.

## **b) Información dendrocronológica**

No es habitual encontrar árboles muy antiguos en la Península Ibérica y tampoco en el entorno del Valle del Ebro, debido a la dilatada e intensa ocupación humana del territorio, el impacto de la ganadería extensiva o la incidencia de los incendios forestales; sin embargo, todavía podemos encontrar bosques con ejemplares arbóreos lo suficientemente antiguos como para poder analizar su crecimiento radial desde el siglo XV.

Los anillos de los árboles son capaces de sintetizar en su anchura, densidad, composición isotópica o características anatómicas, la influencia de los factores ambientales sobre su desarrollo, por lo que una adecuada decodificación e interpretación de ese registro nos puede proporcionar información de carácter cuantitativo de la temperatura y precipitación de las últimas centurias, con la única limitación que impone la longevidad de los árboles utilizados.

La base de datos dendrocronológica generada se muestra en la Fig. 1 y la Tabla 2, correspondiente a 23 áreas localizadas en los Pirineos, el Sistema Ibérico y el valle del Ebro, que suman un total de 794 series de crecimiento anual de los árboles y 105.434 anillos analizados.

## **c) Datos instrumentales**

La información se completa con una amplia base de datos instrumentales de la red de observatorios meteorológicos de AEMET, que comprende 85 series de precipitación y 65 de temperatura, a escala mensual, de longitud secular en algunos casos (la ciudad de Barcelona inicia sus observaciones en 1780, Zaragoza en 1798, Huesca

en 1861, Daroca en 1909, etc). Los datos se han sometido a un riguroso control de calidad y homogeneización siguiendo el método HOMER (método implementado en la acción COST ESO601 HOMER). El proceso supone la eliminación de valores atípicos, la detección por pares y la selección de punto de ruptura de las series, y consiste básicamente en una sucesión de ciclos: un ciclo de detección, seguido de un ciclo de corrección o de ajuste, y por último un nuevo ciclo de detección y corrección, para llegar a las series climáticas finales, que son fundamentales para realizar los procesos de calibración con las series de crecimientos de los árboles, y para un análisis fiable de la evolución del clima y de su variabilidad.

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud	Comienzo	Final	Extensión	Lagunas
Zaragoza	41.64	-0.89	220	1589	1945	356	NO
Teruel	40.34	-1.1	915	1609	1925	316	NO
Barbastro	42.03	0.12	328	1646	1925	279	SI
Calahorra	42.3	-1.96	350	1624	1900	276	SI
Logroño	42.46	-2.45	400	1627	1857	230	SI
Tarazona	41.9	-1.72	487	1629	1899	270	SI
Huesca	42.13	-0.4	457	1557	1860	303	SI
Girona	42.04	2.93	76	1650	1899	249	NO
Barcelona	41.38	2.17	9	1650	1899	249	NO
Mataró	41.53	2.44	29	1730	1876	146	NO
Tarragona	41.11	1.24	31	1650	1874	224	NO
Tortosa	40.81	0.52	14	1650	1899	249	NO
LaSeu	42.35	1.45	695	1650	1850	200	SI
Vic	41.92	2.25	487	1650	1890	240	NO
Cervera	41.67	1.27	548	1650	1850	200	NO
Lleida	41.61	0.62	178	1650	1770	120	SI

Tabla 1. Documentos históricos consultados

Localización	Latitud	Longitud	Altitud	Especie	Comienzo	Final	Extensión	nÁrb	nMuestras	nRW
Les Lloses	42.16	2.15	800	PISY	1975	2013	38	10	20	684
Cresta Majada- Moncayo	41.75	-1.80	1900	PIUN	1969	2010	41	10	20	692
San Juste	42.48	-0.10	800	PISY	1958	2012	54	5	10	484
Collado Castilla- Moncayo	41.80	-1.83	1765	PIUN	1935	2011	76	10	20	1311
San Martín de Veri	42.47	0.51	1300	PISY	1898	2012	114	10	20	1854
Bosc de Sos	42.72	0.77	1600	PISY	1861	2013	152	17	34	3490
Valdecuena	40.29	-1.41	1600	PISY	1853	2012	159	18	36	2548
Pinar de Pla	40.72	0.18	1200	PISY	1837	2012	175	16	34	2983
Penyarroya I-Valdelinares	40.39	-0.67	2000	PISY	1830	2011	181	20	38	4797

<i>Orihuela del Tremedal</i>	40.52	-1.65	1750	PISY	1828	2011	183	20	41	5255
<i>Benatanduz</i>	40.56	-0.46	1700	PISY	1821	2012	191	13	25	3255
<i>Estación Valter 2000</i>	42.42	2.26	2100	PIUN	1787	2013	226	21	41	4663
<i>Larra-Belagua</i>	42.97	-0.76	1900	PIUN	1778	2012	234	29	56	5697
<i>Bosc de Dalt</i>	42.36	1.16	1500	PISY	1746	2013	267	17	34	5237
<i>Tossa de Lles</i>	42.44	1.65	2100	PIUN	1745	2013	268	20	43	6503
<i>Picos de Urbión</i>	41.96	-2.83	1700	PISY	1733	2012	279	30	60	11328
<i>Laspaules-Espés</i>	42.42	0.55	1900	PIUN	1728	2012	284	21	40	3075
<i>Zuriza-Ansó</i>	42.85	-0.78	1400	PISY	1700	2012	312	21	42	9162
<i>Estación Javalambre</i>	40.11	-1.02	1800	PISY	1696	2012	316	19	38	6221
<i>Pinobajo-Collarada</i>	42.72	-0.51	2000	PIUN	1645	2012	367	20	41	7788
<i>Refugio Cubilar-Collarada</i>	42.69	-0.47	1600	PISY	1610	2012	402	12	26	3420
<i>Penyarroya II-Valdelinares</i>	40.39	-0.67	2000	PIUN	1607	2011	404	20	39	5751
<i>Castillo de Vinuesa</i>	42.01	-2.75	1900	PIUN	1593	2012	419	18	36	9236
							<b>Total</b>	<b>397</b>	<b>794</b>	<b>105434</b>

Tabla 2. Localización de las áreas muestreadas

### 3. PRIMEROS RESULTADOS

#### 3.1. Índice de sequía del Noreste de España mediante fuentes documentales

Un primer análisis del índice de sequía generado a partir de fuentes documentales muestra la coherencia de estas fuentes en todo el Noreste de España. En la Fig. 2 se puede apreciar el alto grado de correlación ( $r=0.54$ ) entre el índice de sequía generado en Cataluña y el generado en Aragón y La Rioja.

Del análisis temporal de este índice se comprueba que hay un escaso número de registros durante la primera mitad del siglo XVII, y que aumentan considerablemente en el siglo XVIII, sobre todo en su último cuarto, en particular las rogativas de nivel 1 y 3. En el siglo XVII es especialmente seco el periodo 1676-1685. En el siglo XVIII la existencia de momentos secos es muy evidente. Entre 1745-1756 se registran valores del índice de sequía elevados en un importante número de años; pero entre 1773 y 1798 es cuando se asiste a la mayor concentración de años secos de carácter extremo. A inicios del siglo XIX se produce un brusco descenso del número de ceremonias de rogativas que podría estar relacionado con las guerras napoleónicas y ciertos cambios políticos, introduciendo las mismas una inhomogeneidad en los registros. Hacia 1817 y 1832 hay un nuevo repunte del índice, que da paso a un acusado descenso en la frecuencia e intensidad a partir de la segunda mitad del siglo XIX.

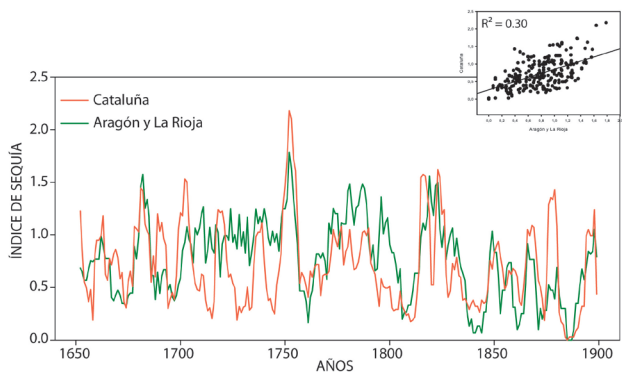


Fig. 2. Índice de sequía generado a partir de fuentes documentales de Aragón-La Rioja y Cataluña

### 3.2. Reconstrucción del índice de sequía SPI en el Sistema Ibérico oriental desde 1694

Utilizando la dendrocronología como herramienta para conocer el clima del pasado, se ha logrado reconstruir el Índice Estandarizado de Sequía (publicado en Tejedor *et al.*, 2015). Para ello se ha utilizado una red dendrocronológica compuesta por 336 muestras de 169 árboles de 5 especies diferentes de *Pinus sp.* La nueva cronología muestra una elevada y temporalmente estable correlación con el índice

SPI de julio a 12 meses calculado a partir de una serie regional construida con observatorios del entorno. En la Fig. 3. se muestra la serie reconstruida de SPI desde 1694 hasta 2012. En la misma, podemos observar varios periodos secos y otros tantos periodos húmedos. Se identificaron 7 periodos secos en orden de severidad

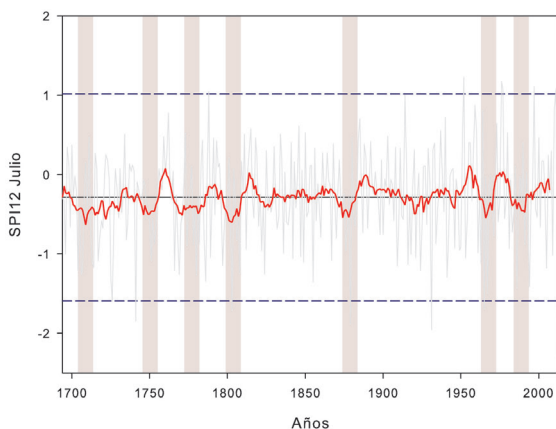
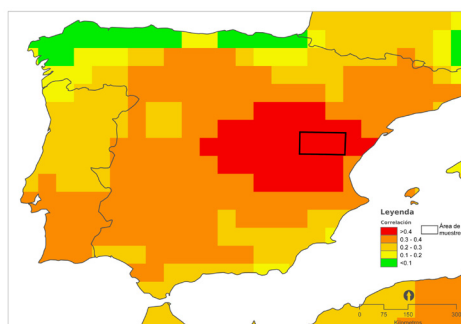


Fig. 3. Reconstrucción del índice estandarizado de sequía de Julio con 12 meses de acumulación. En rojo, la media móvil de 11 años, y en sombreado destacan los periodos especialmente secos.

(1798-1809, 1961-1962, 1744-1755, 1871-1882, 1981-1992, 1701-1712 y 1771-1782). Asimismo, se identificaron 5 periodos especialmente húmedos (1949-1960, 1756-1766, 1971-1982, 1883-1884 y 1810-1821). La señal de la reconstrucción es especialmente estable en el conjunto del Sistema Ibérico y el Sistema Central (Fig. 4), así como para zonas del interior de la Península Ibérica situadas por encima de los 1.000 msnm. Sin embargo, la relación con otras áreas de la Península Ibérica como la cornisa cantábrica es escasa, revelando las condiciones diferentes de temperatura y precipitación de estas áreas.



*Fig. 4. Correlación espacial entre la reconstrucción y el índice estandarizado de sequía en el resto de la Península Ibérica.*

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La sequía es un fenómeno frecuente en la cuenca mediterránea con consecuencias negativas para la sociedad, las actividades económicas y los sistemas naturales. Sin embargo, su estudio temporal está muy limitado por la brevedad de las series meteorológicas instrumentales, lo que obliga al uso de datos afines, o proxy-data, que permiten reconstruir de forma aproximada los valores de lluvia, temperatura, presión, etc., y analizar el clima en un marco plurisecular.

Con esta finalidad se ha desarrollado esta amplia base de datos climática del conjunto del Valle del Ebro y de Cataluña, que incluye las series de temperatura y precipitación más largas de la red meteorológica, la información de los archivos administrativos civiles y eclesiásticos con documentación continua y homogénea sobre eventos climáticos, y las reconstrucciones dendroclimáticas obtenidas de las especies arbóreas de mayor longevidad del Nordeste de España.

Los primeros resultados se han centrado en la investigación de las sequías, y permiten concluir que la aparición de estos episodios secos no es regular, que presentan gran variabilidad y las tendencias son muy poco definidas. Coinciden los resultados obtenidos con lo indicado por diferentes autores en el ámbito mediterráneo y europeo con información instrumental y proxy.

Respecto a la distribución espacial, sobrepasa en muchas ocasiones el ámbito de la cuenca del Ebro y alcanza amplias zonas de la Península Ibérica, pero en particular la región catalana, con la que existen momentos de clara coincidencia en la frecuencia

y duración. Uno de ellos corresponde con la denominada “Pulsación Maldá”, desde mediados del XVIII hasta principios del XIX, que se caracterizó en Cataluña por una fuerte irregularidad climática, el aumento de la variabilidad interanual y el incremento simultáneo de la frecuencia de rogativas *ad petendam pluviam*, hidrometeoros catastróficos e inundaciones. Las mismas condiciones extremas y de parecida intensidad se dieron en Aragón y La Rioja, donde hubo una rápida sucesión de fenómenos contrastados: sequedad prolongada entre 1773 y 1798; lluvias torrenciales, con inundaciones extraordinarias del río Ebro en 1787 y 1788, que dieron lugar a frecuentes rogativas *pro serenitatem*; y un nuevo repunte los años 1817 y 1832, que pueden calificarse de excepcionales.

Las características propias del régimen pluviométrico del clima mediterráneo, junto a la posibilidad de acceder a una rica y abundante documentación, aconsejan avanzar en los estudios de clima a escala secular. Es evidente que disponer de una memoria práctica sobre los fenómenos meteorológicos, al mismo tiempo que mejora su comprensión, puede permitir el desarrollo de estrategias de prevención y acciones que conduzcan a paliar sus efectos, y reducir la vulnerabilidad de la población frente a este complejo riesgo natural. Asimismo, la disponibilidad de una amplia base de datos, además de permitir el conocimiento del clima en el pasado, puede aplicarse a un mejor conocimiento de las incógnitas que se plantean para el futuro, e incluso para validar con datos empíricos los escenarios climáticos futuros.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado gracias a siguiente financiación: proyectos de investigación CGL2011-28255 y CGL2015-69985 del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y FEDER. Programa de Grupos de Investigación Consolidados “Clima, Agua y Cambio Global” del Gobierno de Aragón y Fondos FEDER. Además, Ernesto Tejedor disfruta de una beca predoctoral de investigación concedida por el Gobierno de Aragón 2012-2016.

## REFERENCIAS

- Barriandos, M. (1994). Climatología histórica de Catalunya. Aproximación a sus características generales (ss. XV-XIX). Barcelona: Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Barcelona. Tesis doctoral inédita.
- Cook, E.R., Briffa, K., Shiyatov, S., Mazepa, V. (1990). Tree-ring standardization and growth trend 13 estimation. In: Cook ER, Kairiukstis LA (eds), *Methods of dendrochronology: applications in 14 the environmental sciences*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 104–162.
- Creus, J., Beorlegui, M., Fernández, A. (1995). Reconstrucciones climáticas en Galicia durante las últimas centurias. Estudio Dendrocronológico. Ed. Presidencia Xunta de Galicia. La Coruña. 184 p, 1995.
- Crowley, T.J. (2000). Causes of climate change over the past 1000 years. *Science*, 289 (5477), pp. 23 270-277.

- El Kenawy, A., López-Moreno, J.I., Vicente-Serrano, S.M. (2012). Trend and variability of surface 17 air temperature in northeastern Spain (1920-2006): Linkage to atmospheric circulation. *18 Atmospheric Research*, 106, pp. 159-180.
- Fritts, H.C., Guiot, J., Gordon, G.A., Schweingruber, F.H. (1990). Methods of calibration, 21 verification, and reconstruction. In *Methods of Dendrochronology*.
- González-Hidalgo, J.C., Brunetti, M., de Luis, M. (2011). A new tool for monthly precipitation 26 analysis in Spain: MOPREDAS database (monthly precipitation trends December 1945 27 November 2005). *International Journal of Climatology*, 31 (5), pp. 715-731.
- Gonzalez-Hidalgo, J.C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M., Cortesi, N. (2015). MOTEDAS: A new 1 monthly temperature database for mainland Spain and the trend in temperature (1951-2010). 2 *International Journal of Climatology*.
- Houghton, J.R., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. y Maskell, K., (eds) (1996). *Climatic change 1995: the science of climate change*, Cambridge, Cambridge University Press, 572p.
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* 22 [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, 23 V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom 24 and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., Alpert, P., Artale, V., Li, L., Luterbacher, J., 3 May, W., Trigo, R., Tsimplis, M., Ulbrich, U., Xoplaki, E. (2006a). The Mediterranean climate: An 4 overview of the main characteristics and issues. *Developments in Earth and Environmental 5 Sciences*, 4 (C), pp. 1-26.
- Pena-Angulo, D., Cortesi, N., Brunetti, M., González-Hidalgo, J.C. (2015). Spatial variability of 7 maximum and minimum monthly temperature in Spain during 1981–2010 evaluated by 8 correlation decay distance (CDD). *Theoretical and Applied Climatology*, 122 (1-2), pp. 35-45, 9 2015.
- Tejedor, E., de Luis, M., Cuadrat, J.M., Esper, J., Saz, M.A. (2015). Tree-ring based drought reconstruction in the Iberian Range (East of Spain) since 1694. *International Journal of Biometeorology*, doi: 10.1007/s00484-015-1033-7