

LA SEQUÍA DE MEDIADOS DEL SIGLO XVII EN EL VALLE DEL EBRO. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E IMPACTO SOCIAL DEL EVENTO

José M. Cuadrat¹, Francisco J. Alfaro², Ernesto Tejedor¹,
Roberto Serrano-Notivoli¹, Mariano Barriendos³ y Miguel A. Saz¹

¹Departamento de Geografía. Universidad de Zaragoza

²Departamento de Historia Moderna. Universidad de Zaragoza

³Departamento de Geografía. Universidad de Barcelona

RESUMEN

En este trabajo se analizan las sequías de mediados del siglo XVII en las tierras centrales del valle del Ebro y su impacto en la demografía. Mediante la recopilación de ceremonias de rogativas «ad petendam pluviam» y reconstrucciones dendroclimáticas, se ha elaborado un índice de sequía y precipitación de todo el siglo y se ha relacionado con los datos demográficos de varias localidades del interior del valle. Los resultados muestran la existencia de un acusado y largo periodo seco a mitad del siglo, prácticamente desde 1641 a 1654, interrumpido por algunos intensos temporales causantes de grandes riadas, como la que sufrió el río Ebro en febrero de 1643. La prolongada sequía se corresponde con el descenso de la natalidad y un fuerte incremento de la mortalidad.

Palabras clave: Sequía, precipitación, datos proxy, dendroclimatología, ceremonias de rogativas, Valle del Ebro, España

ABSTRACT

Droughts of the mid XVII century in the Central lands of the Ebro Valley and its impact on demography are analyzed in this paper. Through the collecting of rogations ceremonies «ad petendam pluviam» and dendroclimatic reconstructions, an index of drought and precipitation has been developed. In addition, it has been linked with demographic data from various locations inside the Valley. The results show the existence of a pronounced and long dry period in the middle of the century, practically from 1641 to 1654, interrupted by some intense tempests causing big floods: For instance, the flood in the Ebro River in February 1643. The prolonged drought corresponds to the decline in the birth rate and a strong increase in mortality.

Keywords: Drought, precipitation, proxy climatic data, dendroclimatology, rogation ceremonies, Ebro Valley, Spain

INTRODUCCIÓN

La sequía es un fenómeno natural y recurrente en buena parte de España, al que no escapan las tierras centrales del Valle del Ebro. Tanto los datos actuales como las viejas crónicas confirman siempre la existencia de precipitaciones muy irregulares, temidas por su intensidad y las catastróficas inundaciones que en ocasiones han llegado a provocar, seguidas por prolongados periodos secos, de negativo recuerdo en la sociedad y especialmente en el campo.

Estas características del clima, y en particular las sequías, han sido analizadas con detalle a partir de la información meteorológica instrumental disponible (Vicente-Serrano, 2005 y 2006). Sin embargo, el alcance histórico de los estudios es muy limitado, porque las series instrumentales de registros de datos tienen menos de cien años, lo que obliga a recurrir a fuentes indirectas (datos *proxy*), básicamente documentales y dendroclimáticas, que permiten buenas aproximaciones al conocimiento del clima pasado. Con información de documentos escritos de archivos eclesiásticos y municipales, diferentes autores han realizado estimaciones de las principales secuencias secas y mostrado la frecuencia de las mismas en buena parte de las tierras del Ebro (Barriendos, 1997; Martín Vide y Barriendos, 1995; Domínguez-Castro et al, 2010 y 2012; Vicente-Serrano y Cuadrat, 2007). Los análisis dendroclimáticos han permitido corroborar estas conclusiones y aumentar la resolución temporal, con reconstrucciones pluviométricas hechas inicialmente en el Pirineo y el Sistema Ibérico por Creus y Fernández (1992), más tarde en la Depresión del Ebro por Creus (1999), Saz (2003), Saz y Creus (2008), y recientemente por Tejedor et al (2015).

Los resultados obtenidos indican que en los últimos quinientos años, momentos de señalada ausencia de lluvia se observaron sobre todo a mitad y finales del siglo XVI; en los siglos XVII y XVIII se acentuó el extremismo climático y las lluvias fueron muy escasas sobre todo a comienzos y mitad de dichas centurias; las condiciones se suavizaron los siglos siguientes, y aunque hubo sequías severas, éstas fueron menos prolongadas. En una economía agraria tan dependiente del agua de lluvia como fue la del Antiguo Régimen, los largos periodos de sequía agostaban los campos y hacía temer por las cosechas. En sentido contrario, lluvias torrenciales podían provocar inundaciones de tierras de cultivo, erosión de laderas y destrucción de infraestructuras, que sumían al territorio en la mayor de las ruinas (Alberola y Box, 2014).

Estas circunstancias climáticas se dieron en buena medida en el valle del Ebro a mediados del siglo XVII, con graves consecuencias para la región. Las

alteraciones que se dieron en el clima en estos momentos, con inviernos largos y severos, y escasez de precipitaciones, interrumpieron los ciclos de siembra y recolección, lo que causó escasez, desnutrición y enfermedades, e hizo aumentar el índice de mortalidad y disminuir el de natalidad. A estas condiciones se sumaron varios episodios de lluvias intensas que provocaron inundaciones y serios destrozos de obras públicas. En este trabajo se analizan estos episodios hidrometeorológicos y su impacto en la demografía de las tierras centrales del valle del Ebro, mediante la recopilación de ceremonias de rogativas y reconstrucciones dendroclimáticas del siglo xvii, con particular atención a las características climáticas de la década de 1640 y su incidencia en la sociedad.

FUENTES Y METODOLOGÍA

Proxy-data documentales

La riqueza documental que se encuentra en los archivos eclesiásticos y municipales es extraordinaria. En muchos de ellos existen abundantes anotaciones de fenómenos hidrometeorológicos con importante grado de detalle y en ocasiones sin lagunas de información a lo largo del tiempo, lo cual permite su utilización como indicador climático. La documentación más relevante se ha localizado en los archivos de las localidades de Haro, Logroño, Calahorra, Zaragoza y Huesca (fig. 1). De la misma se han extraído los registros de ceremonias de rogativas «*ad petendam pluviam*» (en petición de lluvia), y a partir de ellas se ha calculado un índice de sequía para analizar la frecuencia e intensidad de los periodos secos y su evolución.

El índice de sequía se ha generado siguiendo un método similar al llevado a cabo por Martín-Vide y Barriendos (1995) mediante la agrupación de varios niveles de rogativas (niveles 1 a 5). Los valores anuales del índice de sequía se obtuvieron con la media ponderada de los niveles 1, 2 y 3 de las rogativas registradas en el periodo comprendido entre diciembre y agosto. El peso para cada nivel era de 1, 2, y 3 respectivamente.

Diferentes estudios han demostrado que la precipitación de invierno es la más importante para la producción de los cultivos en las zonas agrícolas secas del valle medio del Ebro, porque el agua se almacena en el suelo como consecuencia de las bajas tasas de evapotranspiración durante el invierno (McAneney y Arrúe 1993; Austin et al. 1998). Por lo tanto, es razonable suponer que las sequías de invierno no sólo tienen consecuencias sobre el número total y el nivel de las rogativas registrada en invierno (diciembre a marzo), sino que los efectos socioeconómicos serían más evidentes durante el período de crecimiento de la vegetación (marzo-mayo) y también durante el periodo de cosecha (junio-julio).

No se han utilizado los valores 4 y 5 de las rogativas debido a su escaso número. Se concentran en años consecutivos y por lo general ocurren en los

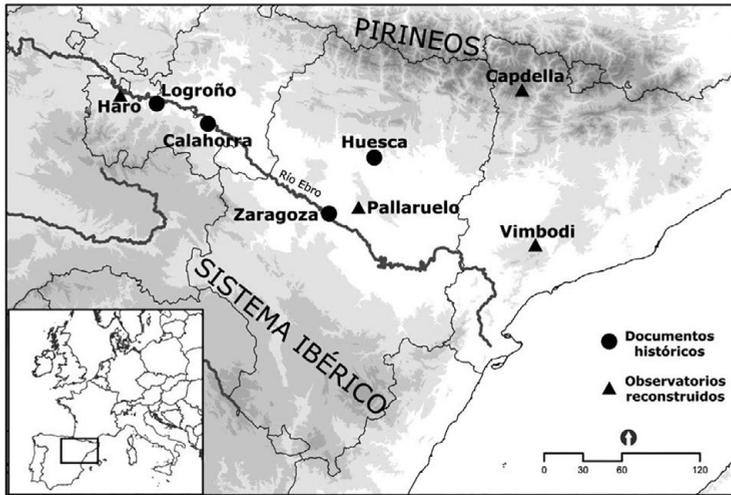


Figura 1. Localización del área de estudio y ubicación de los puntos estudiados

años en los que no había rogativas de nivel inferior (79% de nivel 5 de rogativas se registraron en años sin nivel 1). Esto despierta sospechas en cuanto a la fiabilidad de nivel 4 y 5 de las rogativas para la cuantificación de las sequías, ya que pueden haberse generado debido a factores sociales, económicos o religiosos.

Series dendroclimáticas

El proceso de reconstrucción dendroclimática se realizó aplicando la metodología propuesta por Manrique (1997) y Fernández y Manrique (1997), basada en una modificación del método tradicional de reconstrucción aplicado en este tipo de estudios (Fritts, 1976; Cook y Kairiukstis, 1990). La propuesta se basa en la existencia de importantes relaciones entre elementos del clima registrados en observatorios situados a distancias espaciales importantes (Villa et al, 1985), lo que permitiría la utilización conjunta de un mayor número de cronologías para reconstruir el clima de un determinado lugar (Fernández y Manrique, 1997). Las series de crecimiento que forman las cronologías y que por tanto intervienen en el proceso de reconstrucción, se seleccionan en función de su correlación con las variables climáticas. De esta forma se configuran regiones dendrocronológicas, con criterios de coherencia geográfica y uniformidad climáticas. Las series de crecimiento de cada una de esas regiones se sincronizan mediante el uso de COFECHA y posteriormente se estandarizan utilizando ARSTAN, aplicando el filtro más adecuado a cada caso, obteniéndose finalmente una cronología estándar de la zona.

Los observatorios elegidos para la reconstrucción de los valores preinstrumentales de temperatura son representativos de ambientes climáticos diferenciados dentro de la Cuenca del Ebro. Además de este primer criterio de carácter geográfico, la selección se realizó teniendo en cuenta la longitud de sus series de registros instrumentales (series de al menos 40 años) y su calidad (escaso porcentaje de lagunas y ausencia de inhomogeneidades significativas). Los escasos *missing-data* se rellenaron mediante regresión simple con series de observatorios vecinos, mientras que la homogeneidad se evaluó mediante el SNHT (Alexandersson, 1986), no detectándose en las series instrumentales de temperatura inhomogeneidades significativas.

Para la reconstrucción climática se calculó la regresión de los componentes principales entre las variables climáticas y las series de crecimientos considerados para los años t y $t-1$. La fiabilidad del resultado se analiza a través de los coeficientes de correlación del proceso de calibración-verificación aplicado a distintos intervalos mediante técnicas *bootstrap* (software PRECONK) y calculando el número de series de anillos que por azar tendrían correlación significativa con las variables climáticas. Esta nueva variable se compara con algunas distribuciones (i.e. normal, weibull, gamma) para conocer si las reconstrucciones son distintas de un simple proceso aleatorio. Por tanto, una variable climática reconstruida se considera significativa si supera los procesos de calibración, verificación y simulación.

De esta forma fue posible reconstruir desde 1600 la precipitación anual de cuatro observatorios de la cuenca del Ebro (fig.1): Haro, situado en el sector occidental en un espacio de transición hacia zonas de clima oceánico; Pallaruelo; en el sector central de la cuenca, en una zona de elevada continentalidad; observatorio situado en los Pirineos; y Vimbodí, localizado en la zona oriental de la cuenca dentro del dominio del clima mediterráneo.

Los datos reconstruidos de precipitación fueron transformados en valores Z , en función de la media y la desviación estándar de la serie, y posteriormente promediados para obtener una serie representativa de la evolución de la precipitación en el conjunto del Valle del Ebro.

Fuentes demográficas

Se han tomado los recuentos oficiales de población de las siguientes localidades del centro del valle del Ebro, pertenecientes a las provincias de Navarra y La Rioja: Ablitas, Ágrede, Alhama, Cabanillas, Cervera del Río, Cintruénigo, Corella, Cornago, Fitero, Grávalos, Tudela y Valtierra. Los recuentos llevados a cabo en el territorio durante el Antiguo Régimen tenían como principal finalidad la adecuación del reparto de cargas tributarias entre las diferentes localidades (apeos o fogajes), y asimismo entre las unidades fiscales o fuegos de cada una

de ellas. El objeto de los mismos era contar fuerzas económicas agrupadas en torno a un cabeza de familia para cargarla fiscalmente, lo cual limita su utilidad para el estudio socio-demográfico, porque no cuentan personas sino fuegos (unidades económicas, «familias»), y habitualmente los pueblos se esforzaban por declarar menos fuegos de los que en realidad tenían, ya que ocultando unos cuantos reducían la carga tributaria a repartir. Por todo ello, este tipo de recuentos oficiales nos aportan un conocimiento cuantitativo meramente orientativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudios más acreditados tienden a calificar el siglo xvii como uno de los más duros de la Pequeña Edad del Hielo en la península Ibérica, y lo contraponen a la suavización observada hacia finales del siglo xviii y la recuperación en los siglos siguientes. En la fachada mediterránea resultaron habituales los episodios de lluvias torrenciales, seguidos de riadas e inundaciones, interrumpidos por largos periodos de extrema escasez hídrica (Alberola, 2014; Olcina y Martín Vide, 1999). Estas condiciones no fueron distintas en el valle del Ebro, como refleja la documentación de la época en sus continuas referencias al descenso de las temperaturas, la persistencia de nevadas, la pérdida de cosechas y el recurso a rogativas en demanda de una mejora de las condiciones atmosféricas.

La variabilidad del clima y los eventos extremos fueron la tónica dominante del siglo xvii, pero especialmente a mediados del mismo. Tanto las fuentes documentales como las reconstrucciones dendroclimáticas indican que los años cuarenta fueron muy secos, extendiendo su duración hasta la década siguiente (fig. 2). El deterioro pluviométrico se observa con claridad en 1641 y se mantiene prácticamente hasta 1654, con cortas interrupciones de años algo más

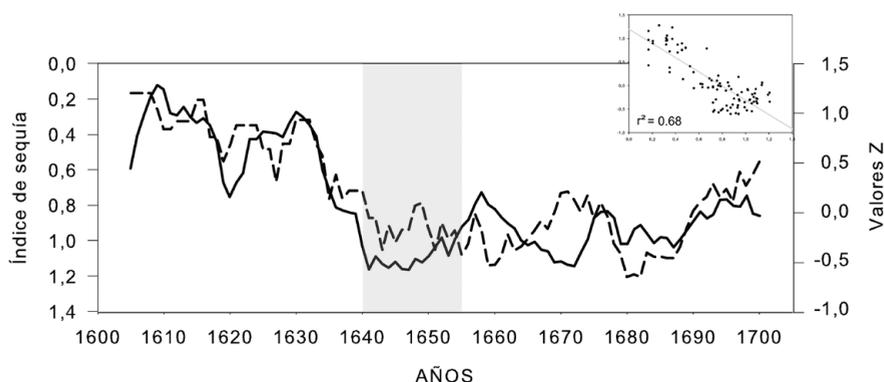


Figura 2. Reconstrucción del índice de sequía (línea discontinua) y de la precipitación reconstruida expresada en z valores (línea continua), representados con una media móvil de 11 años. En sombreado gris se destaca el periodo de sequía de 1640 a 1652. En el recuadro se indica la correlación entre ambos valores.

lluviosos. Los testimonios escritos son muy expresivos de la situación y las rogativas solicitando agua se suceden con mucha frecuencia. Un buen ejemplo son los textos recogidos en las actas capitulares del archivo catedralicio de Calahorra, dando noticia de las peticiones del año 1651: «*El 15 de mayo por la necesidad de agua para los campos y la grande aspereza del tiempo se acordó se haga procesión con Nuestra Señora del Rosario, y se ponga en un trono en el cuerpo de la Iglesia y se digan tres misas y la letanía y la salve y al cabo de los tres días se haga procesión por la ciudad con Nuestra Señora*».

Este mismo año, en Huesca son continuas las resoluciones que recoge el Cabildo de la catedral: «*El 14 de abril, por la necesidad de agua en los campos y las fuentes, se acuerda traer los Santos cuerpos de San Orencio y Santa Paciencia de su casa en procesión... El domingo se haga procesión y rogativas por la ciudad. El lunes se restituyan a su casa en procesión general*».

Descripciones similares se encuentran en la catedral de Barbastro. Según se relata en el Libro de Gestis, «*El 4 de mayo de 1646. Procesión a Nuestra Señora del Pueyo por la necesidad de agua ... Por la gran seca que había en esta ciudad y casi todo el Reino era notable el peligro de perderse la cosecha, aunque se hacían procesiones continuadas y misas de gozos y plegarias ... Para aplacar la ira de Dios la ciudad solicita al Cabildo que se trajese la Santa Imagen de Nuestra Señora del Pueyo en procesión hasta esta Santa Iglesia, pues tenían fe y experiencia de que Dios ofrecía misericordia por medio de la Santa Imagen ...*».

Una característica sobresaliente de este momento, que pone en evidencia su exagerado extremismo climático, es que a los prolongados periodos de sequía se contraponen momentos de lluvias intensas y torrenciales, responsables de catastróficas riadas e inundaciones. Las lluvias más torrenciales, responsables de fuertes crecidas de los ríos, se registraron en la vertiente pirenaica, pero también en el centro del valle el Ebro experimentó fuertes inundaciones.

El río Ebro registró varias riadas en invierno de 1645-1646, pero la más destacada tuvo lugar en Zaragoza el 18 de febrero de 1643, de la que quedó no sólo constancia escrita, sino también muestra gráfica de algunas de sus consecuencias. La fuerza de las aguas causó inundaciones y graves daños en los campos, y la avenida de las aguas arrastró las dos arcadas centrales del puente de Piedra, lo que hizo, al igual que en ocasiones anteriores, que la ciudad no tuviera más comunicación con la otra margen que el empleo de barcas. El trágico resultado quedó plasmado cuatro años más tarde en un cuadro pintado por Juan Bautista Martínez del Mazo, que hoy puede admirarse en el Museo de El Prado

Todas estas circunstancias tienen su reflejo en la sociedad, donde las condiciones adversas del clima afectan directamente a la actividad económica y pueden provocar recesión, cambios en los usos del suelo, modificaciones en los cultivos y tener cierta influencia en la demografía. Así parece observarse en los

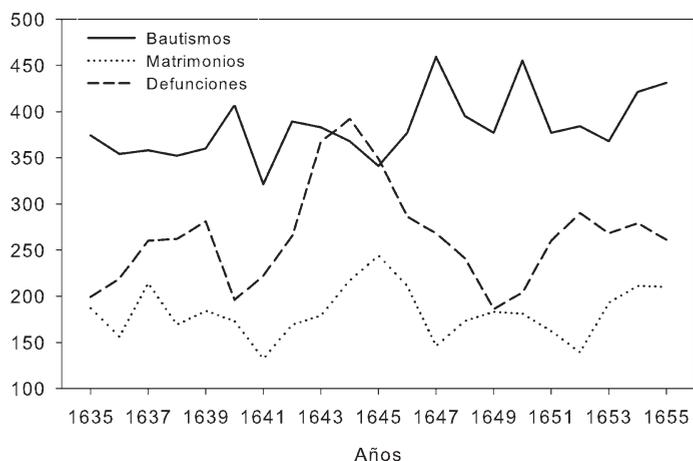


Figura 3. Evolución del número de bautizos, defunciones y matrimonios registrados entre 1635 y 1655

datos de población de los municipios analizados. Aunque hay ciertas diferencias entre localidades, de forma global se puede observar un claro incremento de las cifras de mortalidad en la década de los años cuarenta (fig. 3), coincidiendo con las duras condiciones climáticas de esos momentos, hasta el extremo de superar los índices de natalidad y, en consecuencia, tener crecimiento vegetativo negativo entre los años 1643, 1644 y 1645. La situación real de la demografía probablemente fue todavía peor si tenemos en cuenta que la cifra de muertos corresponde a personas de más de 7 años, porque en el siglo XVII no solían registrarse las defunciones de los párvulos (que en esta época podía oscilar entre el 40 o 50% de los fallecidos), lo cual haría más evidente la incidencia negativa del clima de la época.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha estudiado el acusado periodo seco de mitad del siglo XVII en el valle del Ebro, a partir de las reconstrucciones dendroclimáticas y el análisis de la información sobre rogativas «ad petendam pluviam» existente en los archivos eclesiásticos y civiles. Los resultados ponen de manifiesto tanto la intensidad de la sequía como su duración, pues prácticamente desde comienzos de los años cuarenta hasta bien entrada la década de los cincuenta la debilidad de las precipitaciones fue la nota dominante, solo interrumpida por algunos intensos temporales causantes de grandes riadas, como la que sufrió el río Ebro en febrero de 1643. Del protagonismo de la sequía dan buena muestra los datos dendroclimáticos, y sobre todo la frecuencia de las rogativas, con las expresivas

descripciones que en los documentos se hace de las desastrosas consecuencias de la falta de agua en el campo y en los cultivos.

El extremismo climático de este periodo es muy característico de la Pequeña Edad del Hielo en el que se incluye todo el siglo XVII, y se manifiesta en el régimen irregular de las precipitaciones, y en las pronunciadas variaciones que se producen tanto de un año a otro como entre los valores relativos a grupos de años.

La gravedad de la sequía tuvo su repercusión sobre la población de las localidades afectadas, como muestran los resultados del trabajo. Siempre considerando el valor relativo de la información disponible, el dato más evidente del impacto del clima sobre la población se observa en el crecimiento vegetativo y los valores negativos de los años 1643, 1644 y 1645. Coincidiendo con los momentos más duros de ausencia de lluvias, la natalidad disminuye y la mortalidad sufre un notable incremento. Pasados los años peores, las cifras parecen recuperar su evolución normal.

Muchos de los aspectos señalados coinciden con la tónica dominante en las décadas centrales del siglo XVII en Europa, y que los historiadores han denominado «la crisis general». No obstante, las relaciones causa-efecto que se establecen entre las condiciones meteorológicas y sus impactos sobre la sociedad y sus actividades, son complejas y evolucionan con el tiempo. Una de las características propias de las sociedades del Antiguo Régimen era la elevada vulnerabilidad de la población frente a cualquier anomalía ambiental, pero su estudio exige mayor detalle y el recurso de información más completa. Sin duda ha habido un avance importante en el conocimiento de las características del clima de los últimos siglos, pero la recuperación de fuentes documentales y las nuevas reconstrucciones dendroclimáticas permiten plantear mayores objetivos futuros.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado en el marco del proyecto de investigación CGL2011-28255, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, y el 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. Agradecimiento especial a los archiveros de las catedrales y registros civiles consultados por su generosa dedicación y por el apoyo prestado a este trabajo.

FUENTES DOCUMENTALES

Actas Capitulares del Archivo Catedralicio y Diocesano de Catedral de Calahorra (La Rioja), 1451-1913, 35 vols.

Actas Capitulares del Archivo Metropolitano de la Seo de Zaragoza, 1475-1945, 81 vols.

Libro de Actas del Archivo Histórico Municipal de Zaragoza, 1439-1999. 1308 vol.

Eusebio Ximenez (1816): Memoria del devotísimo y portentoso simulacro de Jesu-Christo crucificado. Francisco Magallon. Zaragoza.

Actas Capitulares del Archivo de la Catedral de Huesca, 1557-1860, 15 vols.

Libro de Gestis del Archivo de la Catedral de Barbastro (Huesca), 1598-1925, 23 vols.

Libros de bautismos, matrimonios y defunciones de las parroquias de las localizadas de Ablitas, Ágreda, Cabanillas, Cervera del Río, Alhama, Cintruénigo, Corella, Cornago, Fitero, Grávalos, Valtierra, Tudela.

BIBLIOGRAFÍA

ALBEROLA, A. (2014): *Los cambios climáticos. La Pequeña Edad del Hielo en España*. Cátedra. Madrid, 341 pp.

ALBEROLA, A. y BOX, M. (2014): «Sequías, temporales y cosechas deficitarias en el Nordeste peninsular: un apunte de las consecuencias del «mal año» de 1783 en algunos corregimientos aragoneses y catalanes». En VV.AA: *Libro jubilar en homenaje al profesor Antonio Gil Olcina*. Publ. Universidad de Alicante. Alicante, pp. 845-860.

ALEXANDERSSON, A. (1986): «A homogeneity test applied to precipitation data», *Journal of Climatology*, n.º 6, pp. 661-675.

ALEXANDERSSON, A. (1986): «A homogeneity test applied to precipitation data». *Journal of Climatology*, n.º 6, pp. 661-675.

ALFARO, F.J. (2006): *La merindad de Tudela en la Edad Media. Demografía y sociedad*. Ed. Institución «Fernando El Católico». Zaragoza, 392 pp.

AUSTIN, R.B., CANTERO-MARTÍNEZ, C., ARRÚE, J.L., PLAYÁN, E. and CANO-MARCELLÁN, P. (1998): 'Yield-rainfall relationships in cereal cropping systems in the Ebro river valley of Spain', *European Journal of Agronomy* 8, 239-248.

BARRIENDOS, M. (1997). «Climatic variations in the Iberian Peninsula during the late Maunder Minimum (AD 1675-1715): an analysis of data from rogation ceremonies». *The Holocene*, n.º 7, 1, pp. 105-111. SAGE, United Kingdom.

COOK, E.R., and KAIRIUKSTIS, L.A. (1990): *Methods of dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers. Londres, 394 pp.

CREUS, J. (1999): «Evolución de la temperatura y precipitación anuales desde el año 1400 en el sector central de la Depresión del Ebro». *Lucas Mallada*, n.º 8, pp. 9-27.

CREUS, J. y FERNÁNDEZ, A. (1992): «Cuantificación del clima pasado a partir de series dendrocronológicas». *Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, pp. 393-407.

CUADRAT, J.M. et VICENTE-SERRANO, S. (2002): «Aperçu de la sécheresse en Aragon à partir des archives des rogations (XVIe-XIXe S.)». *Publ. Association Internationale de Climatologie*, n.º 14, pp. 44-50.

DOMÍNGUEZ-CASTRO, F., GARCÍA-HERRERA, R., BARRIENDOS, M. and RIBERA P. (2010): «A shift in the spatial pattern of Iberian droughts during the 17th century». *Climate of the Past*, n.º 6, pp. 553-563.

- DOMINGUEZ-CASTRO, F.; RIBERA, P.; GARCÍA-HERRERA, R.; VAQUERO, J.M.; BARRIENDOS, M.; CUADRAT, J.M. and MORENO, J.M. (2012): «Assessing extreme droughts in Spain during 1750-1850 from rogation ceremonies». *Climate of the Past*, n.º 8, pp. 705-722, doi: 10.5194/cp-8-705-2012.
- FERNÁNDEZ, A. y MANRIQUE, E. (1997): *Nueva metodología para la reconstrucción dendroclimática y aplicaciones más importantes*. INIA, Madrid, 127 pp.
- FRITTS, H. (1990): «Modelling tree-ring and environmental relationships for dendrochronological analysis». In Dixon *et al.*, (eds). *Forest growth process modelling of responses to environmental stress*. Timers Press. Oregon, pp. 360-382.
- MANRIQUE, E. (1997): *Nuevos métodos de reconstrucción dendroclimática. Aplicaciones al estudio climático y fitoclimático del último milenio*. Tesis Doctoral, U.P.M, 320 pp.
- MARTÍN VIDE, J. and BARRIENDOS, M. (1995): «The use of rogation ceremony records in climatic reconstruction: a case study from Catalonia (Spain)». *Climatic Change*, n.º 30, (2), pp. 201-221.
- MCANENEY, K.J. and ARRÚE, J.L (1993): 'A wheat-fallow rotation in northeastern Spain: water balance – yield considerations', *Agronomie* 13, 481-490.
- OLCINA, J. y MARTÍN VIDE, J. (1999): *La influencia del clima en la historia*. Arco Libros. Madrid.
- PÉREZ MOREDA, V., REHER, D. S., y SANZ, A. (2015): *La conquista de la salud*. Marcial Pons. Madrid
- SALAS AUSÉNS, J. A.(1989): «Economía y población en la Edad Moderna». En VV.AA. *Historia de Aragón*, vol. 2, pp. 101-112.
- SAZ, M.A. (2003): *Temperaturas y precipitaciones en la mitad norte de España desde el siglo XV. Estudio dendroclimático*. Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza.
- SAZ, M.A. y CREUS, J. (2008) : « El cambio climático en La Rioja: evolución reciente de la temperatura media anual en Haro en el contexto de los últimos 600 años». *Zubía* n.º 20, pp. 37-60.
- TEJEDOR, E.; DE LUIS, M.; CUADRAT, J.M.; ESPER, J. and SAZ, M.A. (2015): «Tree-ring based drought reconstruction in the Iberian Range (East of Spain) since 1694». *Int Journal of Biometeorology*, n.º 59 (7) DOI: 10.1007/s00484-015-1033-7
- VICENTE-SERRANO, S. (2005): *Las sequías climáticas en el Valle Medio del Ebro*. Publ Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. 277 pp.
- VICENTE-SERRANO, S. (2006): *Evaluación de las consecuencias ambientales de las sequías en el sector central del valle del Ebro*. Consejo Económico y Social. Zaragoza, 343 pp.
- VICENTE-SERRANO, S. and CUADRAT, J.M. (2007): «North Atlantic Oscillation control of drought in Northeast of Spain: evaluation since A.D. 1600». *Climatic Change*, n.º 85, pp. 357-379.
- VILLA, D.; GUERRA, J. y CORRES, R. (1985): *Análisis estadístico de la pluviometría de la península Ibérica*. Instituto Nacional de Meteorología, Serie A-132, pp. 17.