

Variabilidad climática e inundaciones en Sevilla en la década de 1780 a partir de fuentes documentales

*Climate variability and floods in Seville during
the 1780s decade using various documentary sources*

FERNANDO SÁNCHEZ RODRIGO

Universidad de Almería

frodrigo@ual.es

RESUMEN

El análisis de la variabilidad climática en periodos históricos anteriores a la Revolución Industrial permite estudiar los fenómenos climáticos antes de que las actividades humanas supusieran un factor clave de cambio climático, y ofrece por tanto la posibilidad de profundizar en el conocimiento de la variabilidad climática natural. En este trabajo se analizan las inundaciones de la ciudad de Sevilla en la década de 1780 a partir del análisis de diversas fuentes documentales. Esta década se enmarca dentro de la fase final de la denominada Pequeña Edad de Hielo (*Little Ice Age*, LIA). Se demuestra que las inundaciones fueron la consecuencia de un periodo de intensas precipitaciones (fundamentalmente en invierno y primavera), provocadas por el predominio de la fase negativa de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO).

Palabras clave: Pequeña Edad de Hielo, inundaciones, Sevilla, NAO.

ABSTRACT

The analysis of climate variability during historical periods previous to the Industrial Revolution allows study climatic phenomena before human activities were a climate change forcing, and therefore to deepen in the knowledge of natural climate variability. In this work floods in Seville during the 1780s decade are studied using various documentary sources. This decade belongs to the end phase of the Little Ice Age (LIA). Floods were consequence of intense rainfalls (basically in winter and spring), provoked by the predominance of the negative phase of the North Atlantic Oscillation (NAO).

Keywords: Little Ice Age, floods, Seville, NAO.

1. INTRODUCCIÓN

Durante las pasadas décadas el problema del calentamiento global ha puesto de relieve el importante papel que el factor climático juega en el desarrollo socioeconómico y de los ecosistemas. Paralelamente, se ha ido desarrollando una corriente historiográfica, la “historia ambiental”, cuyo objetivo es el estudio de las influencias mutuas entre el medio natural y la cultura material (Sieferle, 2001, p. 35). Un exponente de esta corriente de investigación es el trabajo de Parker (2013) sobre la crisis global durante el siglo XVII, en el contexto de la denominada Pequeña Edad de Hielo (LIA, por sus siglas en inglés). La LIA es el último periodo frío a escala planetaria previo al actual calentamiento global. La duración e intensidad de este periodo varía entre diferentes áreas geográficas, aunque suele considerarse que comprende el periodo entre los siglos XIV y XIX (Jones and Bradley, 1992, p. 3; Mann, 2002, pp. 504-509). Proporciona una buena oportunidad para investigar los mecanismos naturales que afectan al clima en escalas temporales entre décadas y siglos. Ha sido caracterizada como un periodo frío, húmedo y de alta variabilidad en la Península Ibérica (Manrique and Fernández-Cancio, 2000, pp. 123-138). El final de la LIA suele datarse a mediados del siglo XIX, al comienzo de la Revolución Industrial, aunque varios estudios dendroclimatológicos (Creus, 2000, pp. 121-128; Manrique and Fernández-Cancio, 2000, pp. 123-138) fechan su final cronológico en la Península Ibérica a lo largo del siglo XVIII. Aunque pueda parecer una discusión excesivamente académica, la delimitación temporal de este periodo en diferentes regiones del globo es interesante por cuanto puede ayudar a discernir la variabilidad espacio-temporal de los cambios climáticos naturales.

El objetivo de este trabajo es analizar las condiciones climáticas en la década de 1780, especialmente las precipitaciones que provocaron riadas e inundaciones del Guadalquivir a su paso por Sevilla, así como sus impactos en las infraestructuras y la producción agraria. El interés climático de Sevilla, situada a 37°23'N, en el Valle del Guadalquivir, y a 11 m de altitud sobre el nivel del mar, reside en sus características de clima mediterráneo con influencia atlántica (Martín Vide y Olcina Cantos, 2001, p. 117), por lo que su estudio puede arrojar luz sobre las fluctuaciones de la circulación atmosférica en la época de estudio. Este breve periodo histórico presenta interés por cuanto registró una frecuencia marcadamente elevada de extremos climáticos en Europa (Brázdil et al., 2010, pp. 163-189; Fragoso et al., 2015, pp. 141-159). Las erupciones volcánicas del Lakagíggar en Islandia en Junio de 1783 y del Etna en Italia en Julio de 1787 han sido invocadas como agentes causales de las variaciones climáticas en el continente europeo durante estos años (Písek and Brázdil, 2006, pp. 439-459): los aerosoles volcánicos aumentan la reflectividad de la radiación solar, provocando una disminución de la temperatura media superficial, que se mantiene durante el breve periodo de tiempo (entre 1 y 2 años) en que permanecen en la atmósfera. Nuestra tesis es que las condiciones climáticas características de la LIA se prolongaron en la Península Ibérica, y en particular en el Valle del Guadalquivir, al menos durante esta década, retrasando así su final respecto a la cronología establecida por los estudios dendroclimatológicos.

2. FUENTES DOCUMENTALES

Una de las principales fuentes históricas para el estudio de las inundaciones del río Guadalquivir es la obra de Borja Palomo “Historia crítica de las Riadas o grandes avenidas del Guadalquivir en Sevilla”, publicada en esta ciudad en 1878. En el periodo que nos interesa, este autor menciona las inundaciones del invierno de 1783/1784 (entre el 27 de Diciembre y el 5 de Enero), 8 de Marzo de 1784, 8 de marzo de 1786, 11 de Enero de 1787 y entre el 13 y el 16 de Enero de 1789. Aunque el texto está basado en el análisis pormenorizado de documentos históricos coetáneos, no deja de ser una fuente secundaria, que necesita contrastación y verificación. Además, se centra en el estudio de los impactos y desastres provocados por las riadas más que en las condiciones climáticas que dieron lugar a ellas.

Las informaciones sobre riadas e inundaciones del Guadalquivir en la década de 1780 aparecen en numerosas fuentes documentales, así como en los registros de rogativas *pro serenitate* del cabildo catedralicio (Barriendos y Rodrigo, 2006, pp. 765-783). El fuerte impacto de la riada de 1783/1784 llevó incluso a la publicación de relaciones en verso describiendo sus impactos (Rodrigo, 2016, p. 101). En la búsqueda de fuentes de información contemporáneas a los hechos, merecen especial atención los trabajos publicados durante esta década por Cristóbal Jacinto Nieto de Piña, miembro de varias academias científicas, en particular la Sociedad Médica de la Real Congregación de Nuestra Señora de la Esperanza, y la Regia Sociedad Hispalense sevillana, de la que llegó a ser vicepresidente (Sánchez García, 2013, pp. 3-26). Han llegado hasta nosotros más de 15 publicaciones de este autor, comprendidas entre 1754 y 1787, donde se aprecia una clara adscripción a los principios del paradigma higienista y el desarrollo de un programa de observación meteorológica que puede resultar de gran utilidad para nuestro análisis (Rodrigo, 2016, p.101).

Existen además otras fuentes de información que pueden completar y complementar las informaciones proporcionadas por Nieto de Piña, en especial los diarios meteorológicos y artículos que fueron publicados en el “Memorial Literario”, y han sido analizados por Alberola Romá (2015, pp. 2-25). En lo que sigue, aunque nos basamos fundamentalmente en los trabajos de Nieto de Piña, utilizaremos con fines de contrastación y verificación otras fuentes documentales, que se referencian a lo largo de este trabajo, en particular las series de diezmos del trigo en la Baja Andalucía compiladas por Ponsot (1986).

3. PRECIPITACIONES EN SEVILLA, 1778-1786

Aunque ya era conocido, el uso generalizado del pluviómetro no comenzó hasta unos años después (el Marqués de Ureña (1804, p. 236) describe brevemente este instrumento, y ya incluye observaciones cuantitativas de las precipitaciones en Cádiz durante el año 1803). Previamente, autores como Nieto de Piña cuantifican las precipitaciones mediante el cómputo del número de días de lluvia, tanto a escala anual como mensual. Afortunadamente, existe una correlación muy alta (coeficientes de correlación del orden de 0.8 y 0.9) entre el número de días de lluvia y la cantidad de precipitaciones acumu-

ladas cada mes del año. Normalmente se acepta que el límite inferior de precipitaciones observables por el ser humano es de 0.3 mm (Gimmi et al., 2007, p. 190). En este apartado se muestra una comparación entre los datos aportados por Nieto de Piña y los datos correspondientes al periodo de referencia 1961-1990. Estos últimos han sido obtenidos a partir de la base de datos European Climate Assessment & Dataset Project (ECA&D; Klein Tank et al., 2002, pp. 1441-1453), considerando 0.3 mm como límite inferior para definir un día lluvioso.

En su trabajo sobre las condiciones sanitarias de los últimos meses de 1784, Nieto de Piña (1784, p. 2) comenta que hubo «cinco años de sequedad, aunque no extremada (...) conviene á saber, desde el de 1778, hasta el de 1782 inclusive» e indica a continuación el número de días de lluvia correspondiente a cada uno de estos años. En trabajos posteriores, Nieto de Piña (1786, 1787), precisa aún más, aportando datos mensuales desde Enero de 1783, y datos diarios desde Julio de 1784.

3.1. Datos anuales

La Figura 1 muestra el número total de días de lluvia anuales desde 1778 hasta 1786, comparando la serie con el valor medio del número de días lluviosos (precipitaciones superiores a 0.3 mm) del periodo moderno de referencia. Puede apreciarse cómo, efectivamente, los primeros años de la serie muestran un valor ligeramente inferior a la media de referencia, en correspondencia con el comentario de nuestro autor sobre las condiciones de sequía de los últimos años de la década de los 70. A partir de 1783 se produce un aumento significativo del número de días lluviosos. A este respecto, los años secos de la década de los 1770 ofrecen un argumento en favor de los límites cronológicos para el final de la LIA establecidos en los estudios dendroclimáticos (Creus, 2000, p. 111). Pero la recuperación de las precipitaciones en los primeros años de la década de los 1780, y la fuerte dependencia del índice de anchura de anillos de árboles respecto al valor del año anterior (Creus y Puigdefábregas, 1983, p. 121-128) parecen contradecir esta conclusión.

3.2. Datos mensuales

La Figura 2 muestra el número de días de lluvia mensuales para el periodo comprendido entre Enero de 1783 y Diciembre de 1786. Son destacables los máximos, bastante superiores a la media del periodo de referencia, correspondientes al invierno de 1783-1784, primavera de 1784, primavera de 1785, invierno de 1785-1786 y primavera de 1786. Estos datos se corresponden con las riadas registradas por Borja Palomo en el invierno de 1783-1784, Marzo de 1784 y Marzo de 1786. La fiabilidad de estos registros puede cotejarse comparándolos con informaciones semejantes ya contrastadas en otros lugares próximos y de semejantes condiciones climáticas, como Gibraltar o Portugal, series con las que la serie de Sevilla presenta una elevada correlación (Domínguez-Castro *et al.*, 2014, pp. 593-603).

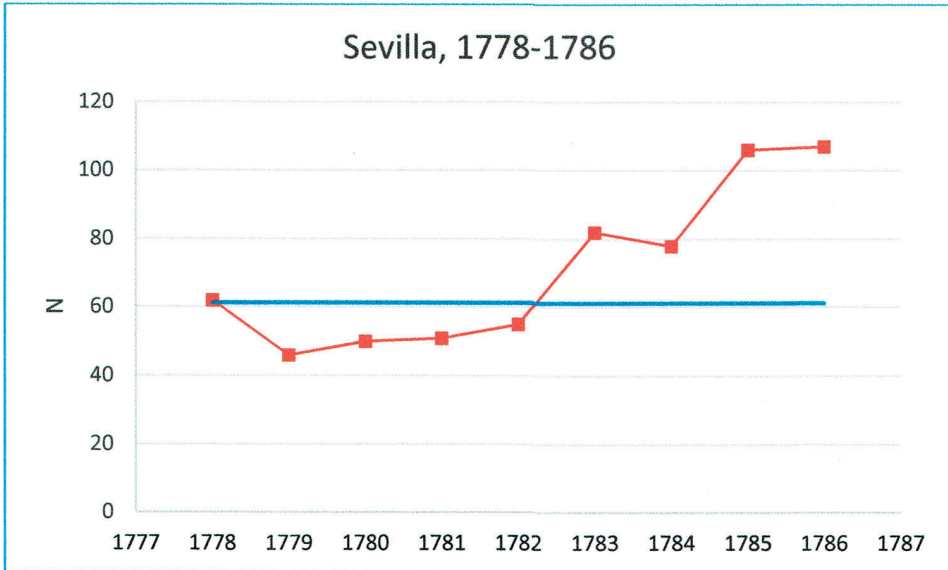


Figura 1. Número de días de lluvia anuales desde 1778 hasta 1786, según los datos de Nieto de Piña. En azul, valor medio correspondiente al periodo de referencia 1961-1990, definiendo un día lluvioso como aquél en que se registraron precipitaciones ≥ 0.3 mm.

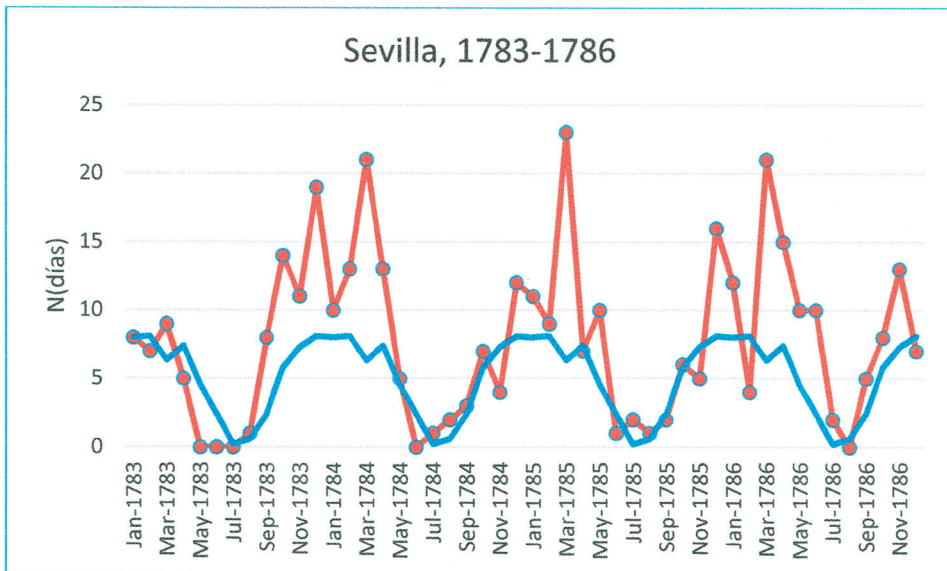


Figura 2. Número de días de lluvia mensuales desde Enero de 1783 hasta Diciembre de 1786 según los datos de Nieto de Piña. En azul, valor medio mensual correspondiente al periodo de referencia 1961-1990, definiendo un día lluvioso como aquél en que se registraron precipitaciones ≥ 0.3 mm.

Estos datos coinciden con los registros documentados en otros puntos de la Península Ibérica. Así, encontramos referencias a «que los inviernos han sido muy abundantes de lluvias en estos últimos años, y que las muchas aguas han hecho salir frecuentemente de sus cauces los ríos y arroyos» (Sánchez, 1789, p.3), «copiosas lluvias, inundaciones considerables y vientos tempestuosos» en la ciudad de Córdoba (Memorial Literario, nºXXII, Octubre 1785, p. 190), «copiosas y continuadas lluvias» en Madrid (Memorial Literario, nº I, Enero 1784, p 15), «un temporal excesivamente húmedo» en Zaragoza (Memorial Literario, nº XV, Marzo 1785, p. 277), «abundancia de aguas» en La Mancha y La Alcarria (Tovares, 1798, p. 470) o en las huertas de Murcia, Valencia y La Rioja (Rico Sinobas, ca 1850).

3.3. Datos diarios

Como hemos comentado, Nieto de Piña afina la resolución temporal de sus observaciones, comenzando con la descripción cualitativa de las condiciones diarias de precipitación en su memoria de 1786, donde ya ofrece un resumen desde Julio de 1784, y especialmente en su memoria publicada en 1787, que constituye un auténtico diario meteorológico del año anterior, incluyendo registros termométricos y notas sobre la dirección de los vientos predominantes (Rodrigo, 2016, p. 101). Así, del análisis de los textos podemos extraer al menos tres categorías para el régimen de precipitaciones diarias: lluvias débiles (identificadas con términos como “agua blanda”, “agua mansa”, “alguna agua”, “aguas menudas”, “algunas gotas de agua”, “llovió algo”), lluvias moderadas (“lluvioso”, “agua”, “agua no muy recia”) y lluvias intensas (“agua casi todo el día”, “mucho agua”, “agua copiosa”, “grande aguacero”, “agua con abundancia”). Esta distinción permite una primera aproximación cuantitativa a la estimación de la cantidad de precipitaciones. Para ello, se asignó un índice numérico a cada día del año atendiendo a las descripciones cualitativas encontradas en los textos: 0 para días sin precipitación, +1 para días de lluvias débiles, +2 para días de lluvias moderadas, y +3 para días de lluvias intensas. Un índice mensual fue obtenido sumando los valores de los índices diarios.

Para traducir este índice en valores de precipitación comparables con los actuales, se procedió a la indexación de los valores modernos de precipitación diaria correspondientes al periodo de referencia 1961-1990: 0 si las lluvias fueron menores que 0.3 mm, +1 para lluvias diarias comprendidas entre 0.3 mm y el percentil 10 de las precipitaciones mensuales; +2 para precipitaciones comprendidas entre el percentil 10 y el percentil 90; +3 para precipitaciones superiores al percentil 90. Se escogieron los percentiles 10 y 90 del conjunto de días húmedos como valores umbral para delimitar los distintos casos porque suelen ser los habituales para el estudio de extremos climáticos (Zhang et al., 2005, pp. 1641-1651). De igual forma que con los datos históricos, se obtuvo el valor mensual del índice sumando los valores de los índices diarios. Una vez indexada la serie moderna, se obtuvo la ecuación de regresión entre los valores de precipitación mensual acumulada P y los valores del índice mensual I. La Figura 3 muestra el ejemplo correspondiente al

mes de Diciembre. Los resultados para cada mes del año se resumen en la Tabla I. Como puede apreciarse, los valores del coeficiente de correlación son muy altos para todos los meses, indicando que la indexación refleja con bastante exactitud el comportamiento de la serie cuantitativa con una pérdida de varianza entre un 10 y un 15%. Sólo en los meses de verano (Julio, Agosto, cuando las precipitaciones son por lo general muy bajas) los valores de r son inferiores a 0.8, pero aun así siguen siendo significativos, indicando que en estos meses la indexación refleja un 60% de la variabilidad de la serie original. El error típico de la estimación asociado a cada ecuación de regresión fue utilizado posteriormente para estimar los márgenes de error de las reconstrucciones.

Tabla I. Indexación de las series mensuales de precipitación acumulada durante el periodo 1961-1990

Mes	P10 (mm)	P90 (mm)	P=aI	r	e (mm)
Enero	0.7	24.4	5.5I	0.93	42.5
Febrero	0.8	21.4	4.6I	0.94	30.8
Marzo	0.7	22.2	4.6I	0.93	27.2
Abril	0.5	19.0	4.0I	0.93	27.2
Mayo	0.5	16.6	3.5I	0.94	15.1
Junio	0.3	17.4	0.9I	0.99	4.8
Julio	0.3	46.5	6.5I	0.77	5.9
Agosto	0.5	47.9	5.8I	0.77	11.0
Septiembre	0.5	21.6	4.0I	0.86	16.1
Octubre	0.6	24.6	5.1I	0.95	25.5
Noviembre	0.8	34.0	7.4I	0.92	53.8
Diciembre	0.6	26.7	5.7I	0.94	41.5

P10: percentil 10 de las lluvias mensuales; P90: percentil 90 de las lluvias mensuales; P=aI ecuación de regresión entre las precipitaciones acumuladas cada mes (P) y el índice mensual (I); r: coeficiente de correlación; e: error típico de la regresión.

El siguiente paso en la reconstrucción fue la aplicación de la ecuación de regresión de cada mes a las series de índices mensuales históricos. De esta forma obtenemos una estimación de las precipitaciones mensuales acumuladas en el periodo histórico. Los resultados se muestran en la Figura 4. Los principales picos se encuentran en Marzo y Diciembre de 1785 y Marzo y Noviembre de 1786, con valores que cuadriplican (en Marzo) o duplican (en Noviembre y Diciembre) los valores medios del periodo de referencia (54.4 mm para Marzo, 101.6 mm para Noviembre, 90.0 mm para Diciembre). En Diciembre de 1785 Nieto de Piña (1786, p. 35) consigna una «riada no muy grande» y en Marzo de 1786 una «Riada en que llegó el agua de el Rio á subir por encima de los abugeros de los grandes postes que están á la entrada de el Puente» (Nieto de Piña, 1787, p. 10). De Noviembre de 1786 nos dice que fue un «mes de muchas humedades, aguas y nieblas» (Nieto de Piña, 1787, p. 19) y nuevamente nos habla de una «Riada anegada toda la Alameda» en Diciembre de 1786 (Nieto de Piña, 1787, p. 21).

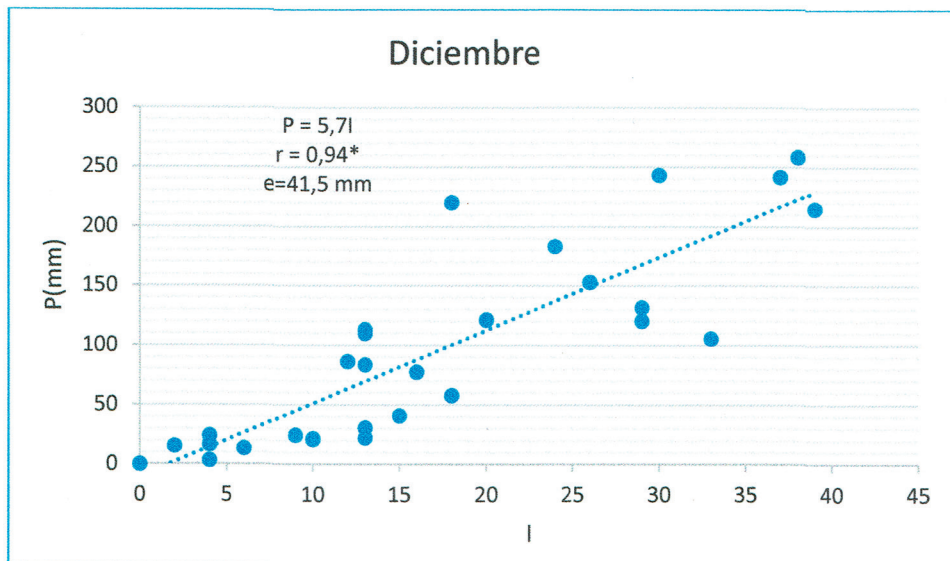


Figura 3. Estimación de las precipitaciones del mes de Diciembre a partir de la regresión entre las precipitaciones P y el índice I durante el periodo de referencia 1961-1990. Se incluyen la ecuación de regresión, el valor del coeficiente de correlación r entre ambas variables (*= significativo al nivel de confianza del 95%) y el error típico e de la ecuación de regresión.

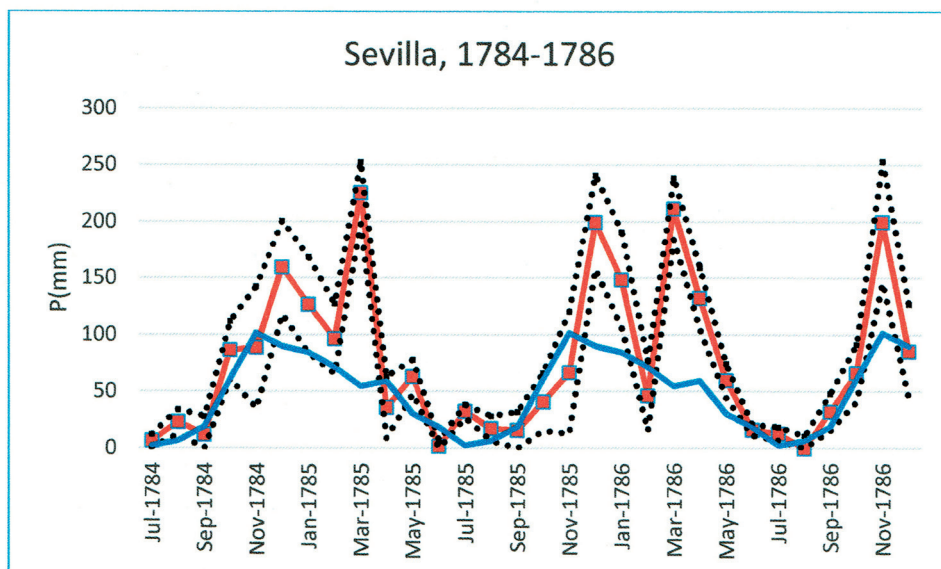


Figura 4. Comparación de la precipitación media mensual (mm) en Sevilla en el periodo 1784-1786 con la precipitación en el periodo de referencia (1961-1990). Línea roja: precipitaciones calculadas a partir de las descripciones cualitativas de las lluvias diarias, según los datos de Nieto de Piña. Líneas negras discontinuas: márgenes de error. Línea azul: valor medio de las precipitaciones durante el periodo de referencia 1961-1990.

4. PRECIPITACIONES EN SEVILLA Y OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE (NAO)

Aunque ya sin las aportaciones de Nieto de Piña, tenemos noticia de dos inundaciones más en la década de los 1780, en Enero de 1787 y en Enero de 1789. La primera fue provocada por un temporal el día 11 de Enero cuando la «violencia de los vientos del Sur hizo bastantes daños» (Borja, 1878, p. 428), coincidiendo con lluvias, nevadas y vientos del SE en Madrid (Memorial Literario, nº XXXVII, Enero 1787, p. 100), y en Cádiz (Memorial Literario, nº XXXVIII, Febrero 1787, p. 200). En cuanto a la segunda, fechada entre el 13 y el 16 de Enero, ocurrió «después de fuertes lluvias» con «fuertes vientos que soplaban del Sur» (Borja, 1878, p. 431). En Madrid, tenemos noticias de «lluvias tempestuosas» el 13 de Enero, con predominio de vientos del Sudoeste y del Oeste en estos días (Memorial Literario, nº LXXVII, Enero 1789, p. 174).

Los comentarios sobre vientos nos proporcionan información sobre los tipos de tiempo predominantes y la configuración de la circulación atmosférica en las fechas en las que ocurrieron los principales eventos que estamos estudiando. Nieto de Piña incluye información diaria sobre vientos predominantes en su estudio del año 1786, usando 8 puntos en la rosa de vientos. Aunque esta información no cubre la totalidad de los días de este año, sí permite hacer una estimación inicial. La Figura 5 muestra el índice diario pluviométrico correspondiente al mes de Diciembre de 1786, junto con la indicación de la dirección predominante del viento. Puede apreciarse cómo los picos de mayores precipitaciones diarias (índices +2 y +3) están asociados a vientos del Sur y del Oeste, mientras que los días secos están básicamente asociados a flujos del Norte. Esta situación corresponde a un flujo zonal sobre la Península Ibérica, con la advección de masas de aire húmedo procedentes del Atlántico. La Figura 6 muestra la reconstrucción del campo medio de presión a nivel del mar correspondiente al mismo mes de Diciembre de 1786 (las reconstrucciones, realizadas en el marco del proyecto europeo ADVICE, están disponibles en la página web del Royal Netherlands Meteorological Institute, KNMI Climate Explorer, <https://climexp.knmi.nl>). Para la interpretación de esta figura conviene recordar que, según el modelo geostrófico y en el Hemisferio Norte, el viento sigue la dirección de las isobaras dejando a su izquierda las bajas presiones (Ledesma Jimeno, 2011, p. 183). Esta situación meteorológica es muy similar a la encontrada como principal factor de extremos pluviométricos invernales (precipitaciones diarias superiores a 30 mm) en la Cuenca del Guadalquivir durante el periodo 1950-2003 (Fernández-Montes et al., 2012, pp. 205-227).

Podemos hacer una estimación de las condiciones generales predominantes durante el año 1786 calculando el porcentaje de informaciones correspondiente a cada dirección. El resultado se muestra en la Figura 7, donde se aprecia un claro predominio de los vientos del Oeste (22%), Sur (19%) y Sudoeste (14%). Los vientos de componente Norte, que suelen aparecer con más frecuencia en invierno, también presentan un porcentaje apreciable del 15%, así como los levantes o vientos del E, predominantes en verano, con un porcentaje del 14%.

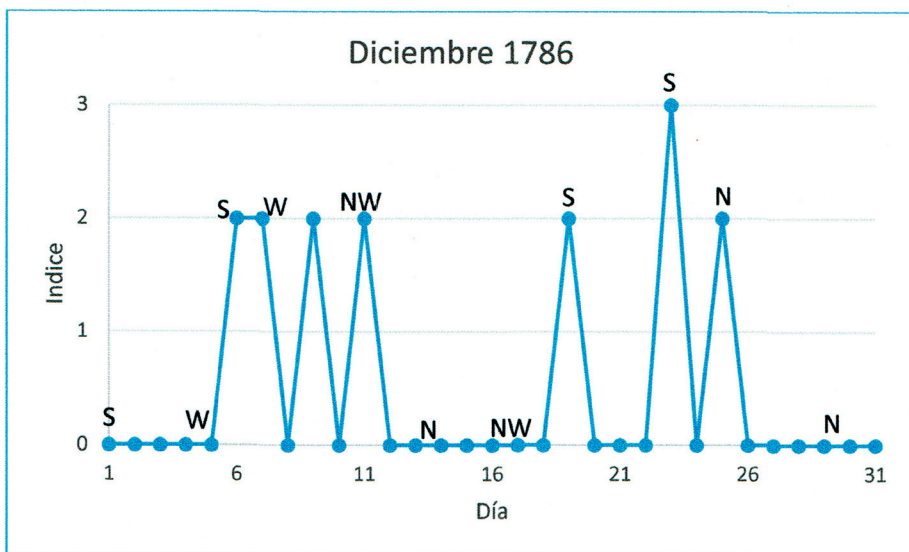


Figura 5. Índice pluviométrico diario correspondiente al mes de Diciembre de 1786. Se indican las direcciones predominantes del viento en algunos días, según las informaciones de Nieto de Piña.

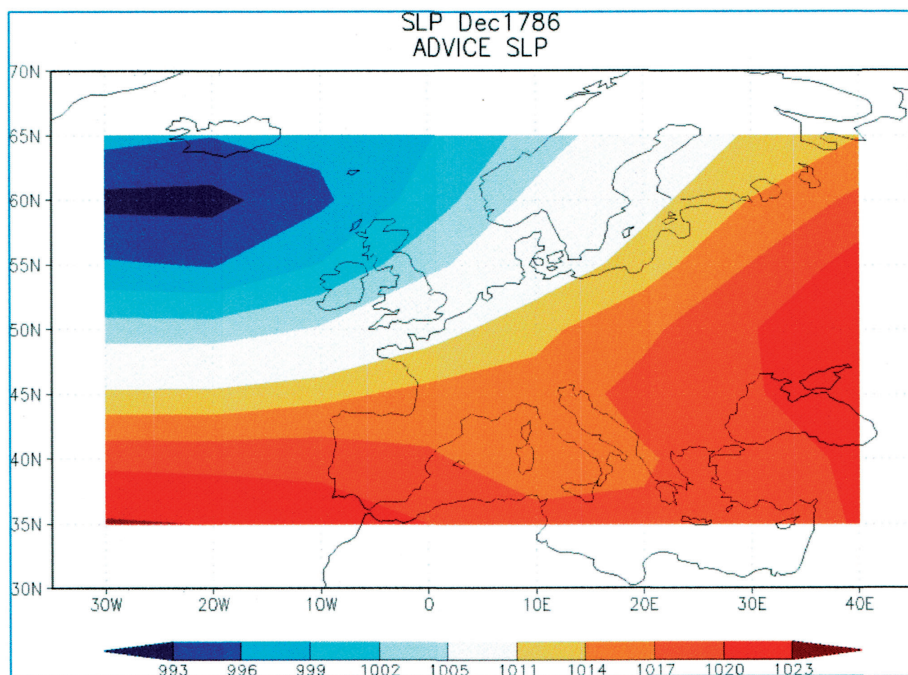
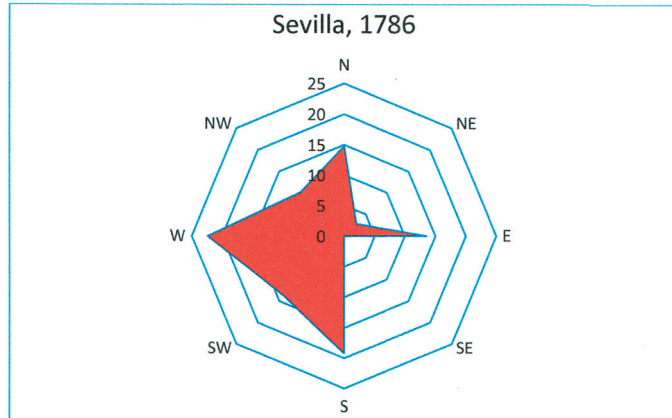


Figura 6. Reconstrucción del campo medio de presión a nivel del mar correspondiente al mes de Diciembre de 1786 (<https://climexp.knmi.nl>).

Figura 7. Rosa de los vientos en Sevilla correspondiente al año 1786, según las informaciones de Nieto de Piña.



La situación meteorológica de la Figura 6 muestra una elevada correlación con el índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). La asociación entre las fluctuaciones de la NAO y el régimen de lluvias en la Península Ibérica ha sido estudiada en numerosos trabajos (Zorita et al., 1992, pp. 1097-1108; Goodess and Jones, 2002, pp. 1593-1615; Muñoz-Díaz y Rodrigo, 2003, pp. 381-397). Hay una fuerte relación negativa entre las fases de la NAO y las lluvias en la región de estudio: en la fase positiva de la NAO hay una intensificación de las altas presiones sobre la Península Ibérica, produciendo situaciones de bloqueo frente al avance de las borrascas atlánticas, y en consecuencia ausencia de lluvias y sequía. En contraste, bajo la fase negativa de la NAO, los ciclones atlánticos se desvían hacia el Sur, y se intensifican los flujos del Oeste y del Sudoeste sobre la Península Ibérica, causando intensas lluvias que pueden provocar riadas e inundaciones. La NAO puede monitorizarse mediante la definición de un índice numérico simple, que consiste en la diferencia de presión a nivel del mar entre una estación en torno a los 35°N de latitud (Ponta Delgada, en las Azores, Lisboa, o Gibraltar han sido frecuentemente utilizadas) y otra en torno a los 60°N (Reykjavik, Islandia), donde existen estaciones meteorológicas con registros barométricos de larga duración (Hurrell, 1995, pp. 676-679). Los valores del índice NAO correspondientes a periodos históricos han podido reconstruirse gracias al uso de datos paleoclimáticos, como índices de anchura de anillos árboles (Troute et al., 2009, pp. 78-80). En este trabajo utilizamos una de las reconstrucciones más citadas en la literatura especializada (Luterbacher et al., 2002, pp. 114-124). La Figura 8 muestra la evolución comparada del número mensual de días de lluvia en Sevilla y el índice mensual NAO desde Enero de 1783 a Diciembre de 1786. Puede apreciarse claramente cómo los valores positivos del índice NAO corresponden a los mínimos en la curva de días lluviosos, mientras los valores negativos del índice NAO corresponden con un elevado número de días lluviosos. El coeficiente de correlación entre ambas series, significativo al nivel de confianza del 95%, es -0.67. En consecuencia, las intensas y continuadas lluvias que

provocaron las inundaciones en Sevilla durante la década de los 1780 pueden explicarse por un predominio de condiciones de NAO negativo durante el periodo de estudio. Esta condición de NAO negativo es precisamente uno de los aspectos más característicos de la LIA en el entorno europeo (Luterbacher et al., 2002, pp. 114-124).

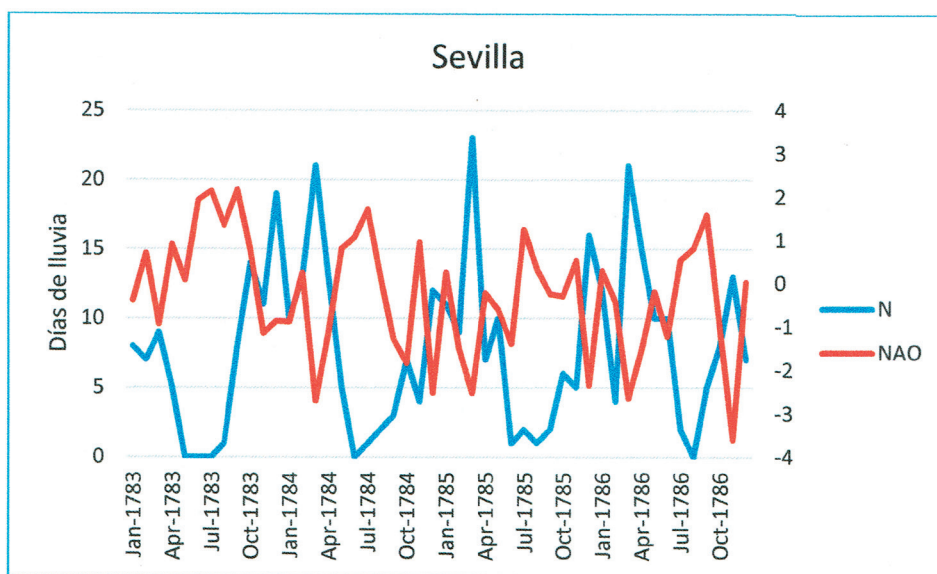


Figura 8. Comparación entre el número mensual de días de lluvia en Sevilla (N, línea azul), según los datos de Nieto de Piña, y los valores del índice NAO mensual (línea roja) reconstruido por Luterbacher et al (2002), desde Enero de 1783 a Diciembre de 1786.

5. IMPACTOS DE LAS RIADAS

Los impactos de estas riadas fueron fundamentalmente los destrozos causados en las infraestructuras próximas al río, como muelles, puentes, murallas y edificios. Encontramos numerosas informaciones relativas a estas inundaciones, en especial a la de 1783/1784, que fue la de mayores impactos. Así, en una memoria fechada en febrero de 1784, encontramos estos comentarios (Delgado, 1785, pp. 60-63):

... subieron las aguas en el 31 tan desmedidamente, que á un juicio prudente se elevaron sobre la superficie de su estado regular á la altura de doce varas, excediendo bastante á la furiosa inundacion y mayor de este siglo en el año 1758, dilatándose á proporción por sus vegas y campiñas, y dexando casi sumergidos algunos lugares inmediatos, los arrabales dichos, Conventos Religiosos extramuros, y quanto pertenece a las cercanías de la Ciudad (...) haber vencido el impetu de las aguas su famoso Puente,

rotas sus amarras y cadenas con formidable estruendo (...) Rebentaron algunos husillos no pudiendo ya sufrir el empuje de las aguas. Hicieron por lo mismo sentimiento por algunas partes las murallas (...) Ciudad anegada en mucha parte (...) Allá huían los otros de las casas que amenazaban su ruina (...) los pozos, cloacas, y sumideros oprimidos de la abundancia rebozaron (...) quedaron por su situación anegadas algunas casas.

La riada de 1783/1784 fue la peor de la década, e incluso se utiliza como patrón para calibrar los impactos de sucesivas inundaciones. Así, por ejemplo, refiriéndose a la riada del 8 de Marzo de 1786 (Borja, 1878, p. 425) indica que «el día ocho desbordóse el río hasta gran altura, solo un pie menos que la señalada en la Torre del Oro a principios de 1784», o, refiriéndose a la de Enero de 1789 (Borja, 1878, p. 431) nos indica que «su altura quedó veinte y siete pulgadas más baja que la de 1784».

Los impactos de estas riadas también pueden seguirse analizando las series de producción agraria basadas en los diezmos del trigo del Bajo Guadalquivir compilados por Ponsot (1986). El uso de los diezmos del trigo como indicadores paleoclimáticos fue analizado en un trabajo anterior (Rodrigo, 2001, p. 168). Para este trabajo se usaron 22 series que cubren el periodo 1580-1837. La magnitud de los diezmos del trigo era diferente de una localidad a otra, dependiendo de la extensión del área de cultivo, así que cada serie local fue estandarizada usando el valor medio y la desviación típica del periodo completo. Posteriormente se construyó un índice de producción cereal I_C promediando los índices locales, al objeto de filtrar fenómenos estrictamente locales (Rodrigo et al., 2012, p. 129). Este índice es una medida indirecta de las precipitaciones del invierno y la primavera previos a la sementera. No obstante, la respuesta de las plantas a los factores climáticos no es lineal, pues depende de las diferentes etapas del desarrollo fenológico de la planta, y no sólo está relacionada con las precipitaciones, sino también con la aparición de heladas, olas de calor, etc. Además, debemos tener en cuenta que la producción cereal no sólo estaba relacionada con factores climáticos, sino también con factores socioeconómicos, como las técnicas agrícolas imperantes o posibles conflictos sociales, de ahí que la interpretación de este índice sea más bien cualitativa, y en comparación con otras fuentes de datos.

La Figura 9 muestra el valor del índice para el periodo comprendido entre 1775 y 1790. Los años 1779 y 1780, que son los que presentan el menor valor del número de días de lluvia según Nieto de Piña (Figura 1), presentan un valor negativo del índice (-0.45 y -0.17, respectivamente), indicando cosechas pobres o no muy abundantes. Los dos años siguientes, aunque el valor de N sigue siendo inferior a la media, ya muestran una cierta recuperación en el número de días lluviosos (Figura 1), así como en el índice de producción cereal. Mayor interés tiene el valor del índice correspondiente al año 1784 (-1.25), con riadas en invierno y primavera, y un destacado valor negativo, indicando así el impacto de estas inundaciones en la producción agraria del periodo de estudio. Esta producción no acabó de recuperarse, e incluso volvió a declinar en 1786 y 1787, años de riadas, aunque no tan catastróficas como las de 1784, con valores del índice -0.40 y

-0.45, respectivamente. Observamos, pues, cómo años de sequía moderada (1779, 1780) o inundaciones “moderadas” (1786, 1787) tenían como resultado una ligera caída en la producción cereal del Valle del Guadalquivir, mientras que la principal caída de ésta, en el periodo que nos ocupa, corresponde a un año de fuertes e intensas lluvias tanto en invierno como en primavera.

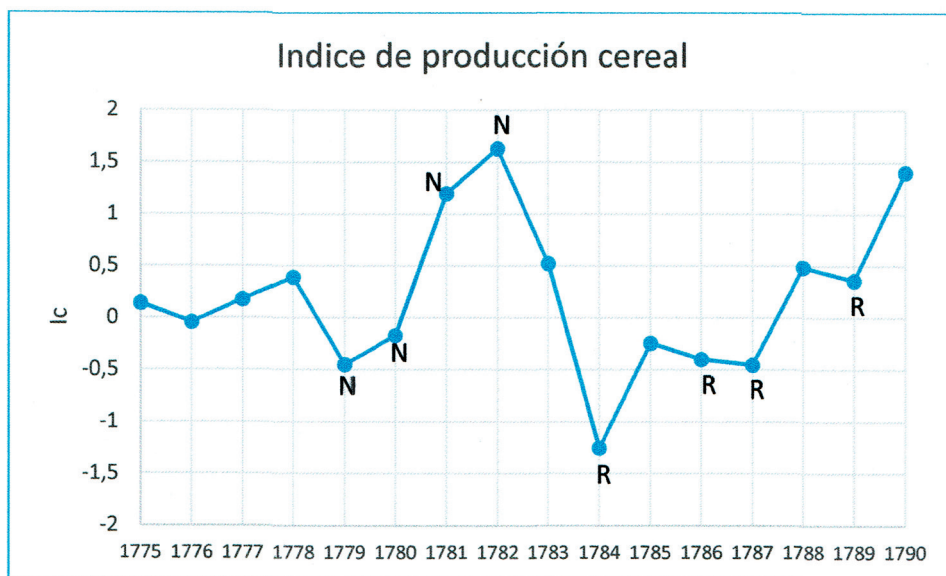


Figura 9. Índice de producción cereal según los datos de diezmos del trigo compilados por Ponsot (1986). Se indican los años con un número de días de lluvia inferior a la media del periodo de referencia (N, ver Figura 1) y riadas (R).

6. CONCLUSIONES

Este trabajo se ha centrado en la reconstrucción de las condiciones pluviométricas en Sevilla en la década de 1780, basándose fundamentalmente en los escritos de Nieto de Piña, un médico formado en los principios del higienismo y que registró las condiciones climáticas de la ciudad, con diferente resolución temporal, desde 1778 hasta 1786. Los resultados muestran un periodo ligeramente seco (1778-1782) y un marcado aumento de las precipitaciones desde 1783, fundamentalmente en invierno y primavera, que produjo varios eventos de inundaciones y riadas. Según diversas fuentes documentales, éstas se produjeron aún en dos ocasiones más, en 1787 y 1789.

La primera conclusión es que estamos ante un periodo con marcada variabilidad, interanual e intra-anual. En términos generales, podemos hablar de un periodo lluvioso en invierno y primavera, tanto si consideramos el número de días de lluvia como las

cantidades estimadas de precipitación, en comparación con los valores medios del periodo de referencia 1961-1990. Se ha demostrado, así mismo, que estas precipitaciones estuvieron reguladas por el predominio de la fase negativa de la Oscilación del Atlántico Norte durante el periodo de estudio. Aunque no hemos analizado los escasos registros termométricos existentes correspondientes a estos años, sí podemos afirmar que, en relación con el régimen de precipitaciones, hemos encontrado características típicas de las condiciones establecidas para la LIA en la Península Ibérica, como comentábamos en la introducción a este trabajo. Por tanto, para Sevilla, y en general para la Península Ibérica, debemos retrasar el límite cronológico de la LIA al menos en una década respecto a los límites establecidos por la dendroclimatología.

A partir de la década de los 1790, y hasta aproximadamente 1830, comienza un periodo de baja actividad solar, el denominado Mínimo Dalton (Wagner y Zorita, 2005, pp. 205-218), coincidiendo con varias erupciones volcánicas, entre las que destaca por su intensidad la erupción del Tambora en Indonesia, en Abril de 1815 (Písek and Brázdil, 2006, p. 443). Por tanto, los principales factores causales de variabilidad climática natural tuvieron un papel importante en las siguientes décadas. El estudio de los registros meteorológicos durante las primeras décadas del siglo XIX en el Sur de la Península Ibérica será el objeto de futuros trabajos, ahora en preparación.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a los revisores anónimos del trabajo por sus útiles comentarios. Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de investigación *Variabilidad, tendencias y extremos del clima en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica desde el siglo XVI. Análisis mediante información multiproxy e instrumental* (CICYT, Referencia CGL2015-69985-R).

BIBLIOGRAFÍA

- Alberola Romá, A. (2015): « Tiempo, clima y enfermedad en la prensa española de la segunda mitad del siglo XVIII. Diarios meteorológicos y crónicas de desastres en el *Memorial Literario* », *El Argonauta Español*, 12, pp. 2-25, DOI : 10.4000/argonauta.2142.
- Barriendos, M., Rodrigo, F.S. (2006): «Study of historical floods events on Spanish rivers using documentary data», *Hydrological Sciences*, 51, pp. 765-783.
- Borja Palomo, F. (1878): *Historia crítica de las riadas o grandes avenidas del Guadalquivir en Sevilla*, Sevilla, Francisco Alvarez y C^a, Impresores
- Brázdil, R., DerMarée, G.R., Deutsch, M., Garnier, E., Kiss, A., Luterbacher, J., Macdonald, N., Rohr, C., Dobrovólny, P., Kolár, P., Chromá, K. (2010): «European floods during the winter 1783/1784: scenarios of an extreme event during the 'Little Ice Age'», *Theoretical and Applied Climatology*, 100, pp. 163-189. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0170-5>
- Creus, J. (2000): «Dendrocronología y dendroclimatología, o cómo los árboles nos cuentan el clima del pasado». En J.C. García Codrón (coord.), *La Reconstrucción del clima de época preinstrumental*, Universidad de Cantabria, Santander, pp. 81-122.
- Creus, J., Puigdefábregas, J. (1983): «Climatología histórica y dendrocronología de *Pinus nigra* Arnold» En *Avances sobre Investigación en Bioclimatología*, CSIC, Zaragoza, pp. 121-128.
- Delgado, F. (1785): «Leccion historico politico Médica de las Enfermedades que pueden seguirse de resultas de la pasada inundacion del Guadalquivir», *Memorias Académicas de la Real Sociedad de Medicina y demas ciencias de Sevilla*, Tomo III, pp. 58-77.
- Domínguez-Castro, F., Vaquero, J.M., Rodrigo, F.S., Farrona, M.M., Gallego, M.C., García-Herrera, R., Barriendos, M., Sánchez-Lorenzo, A. (2014): «Early Spanish Meteorological records (1780-1850)», *International Journal of Climatology*, 34, 593-603. <https://doi.org/10.1002/joc.3709Domínguez-Castro 2014>
- Fernández-Montes, S., Seubert, S., Rodrigo, F.S., Hertig, E. (2012): «Wintertime circulation types over the Iberian Peninsula: long-term variability and relationships with weather extremes», *Climate Research*, 53, pp. 205-227. <https://doi.org/10.3354/cr01095>
- Fragoso, M., Marques, D., Santos, J.A., Alcoforado, M.J., Amorim, I., García, J.C., Silva, L., Nunes, M.F. (2015): «Climatic extremes in Portugal in the 1780s based on documentary and instrumental records», *Climate Research*, 66, pp. 141-159.
- Gimmi U., Luterbacher, J., Pfister, C., Wanner, H. (2007): «A method to reconstruct long precipitation series using systematic descriptive observations in weather diaries: the example of the precipitation series for Bern, Switzerland (1760–2003)», *Theoretical and Applied Climatology*, 87, pp. 185-199. DOI 10.1007/s00704-005-0193-5

- Goodess, C., Jones, P.D. (2002): «Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall», *International Journal of Climatology*, 22, pp. 1593-1615.
- Hurrell, J.W. (1995): «Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation», *Science*, 269, pp. 676-679. DOI: 10.1126/science.269.5224.676
- Jones, P.D., Bradley, R.S. (1992): «Climatic variations over the last 500 years», in R.S. Bradley and P.D. Jones (eds), *Climate since A.D. 1500*, Routledge, London, pp. 649-665.
- Klein-Tank, A.M.G, Wijngaard, J.B., Können, G.P., Böhm, R., Demarée, G., Gocheva, A., Mileta, M., Pashiardis, S., Hejkrlik, L., Kern-Hansen, C., Heino, R., Bessemoulin, P., Müller-Westermeier, G., Tzanakou, M., Szalai, S., Pálsdóttir, T., Fitzgerald, D., Rubin, S., Capaldo, M., Maugeri, M., Leitass, A., Bukantis, A., Aberfeld, R., van Engelen, A.F.V., Forland, E., Mielus, M., Coelho, F., Mares, C., Razuvaev, V., Niepova, E., Cegnar, T., López, J.A., Dahlström, B., Moberg, A., Kirchhofer, W., Ceylan, A., Pachaliuk, O., Alexander, L.V., Petrovic, P. (2002): «Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European climate assessment», *International Journal of Climatology*, 22, pp. 1441-1453. <https://doi.org/10.1002/joc.773>
- Ledesma Jimeno, M. (2011): *Principios de Meteorología y Climatología*, Paraninfo, Madrid.
- Luterbacher, J., Xoplaki, E., Dietrich, D., Jones, P.D., Davies, T.D., Portis, D., González-Rouco, J.F., von Storch, H., Gyalistras, D., Casty, C., Wanner, H. (2002): «Extending North Atlantic Oscillation reconstructions back to 1500», *Atmospheric Science Letters*, 2, pp. 114-124. <https://doi.org/10.1006/asle.2001.0044>.
- Mann, M.E. (2002): «Little Ice Age Vol I. The Earth system: physical and chemical dimensions of global environmental change», in M. MacCracken, J.S. Perry (eds.), *Encyclopaedia of global environmental change*, Wiley & Sons, Ltd, Oxford, pp. 504-509.
- Manrique, E., Fernández-Cancio, A. (2000): «Extreme climatic events in dendroclimatic reconstructions from Spain», *Climatic Change*, 44, pp. 123-138.
- Marqués de Ureña (1804): «Observaciones meteorológicas, hechas en la isla de Leon en 1803», *Anales de Ciencias Naturales*, Tomo VI, nº17, pp. 224-244; nº 18, pp. 245-353, pp. 345-352, nº 19, pp. 81-96.
- Martín Vide, J., Olcina Cantos, J. (2001): *Climas y tiempos de España*, Alianza Editorial, Madrid.
- Memorial Literario instructivo y curioso de la corte de Madrid. (1784-1791). Hemeroteca Digital, R.MICRO/21368, Biblioteca Nacional de España.
- Muñoz-Díaz, D., Rodrigo, F.S. (2003): «Effects of the North Atlantic Oscillation on the probability for climatic categories of local monthly rainfall in southern Spain», *International Journal of Climatology*, 23, pp.381-397. <https://doi.org/10.1002/joc.886>

- Nieto de Piña, J.C. (1784): *Historia de la epidemia de calenturas benignas... en Sevilla... de septiembre a fines de Noviembre de 1784*, Sevilla, Imprenta Mayor, Biblioteca de Andalucía, ANT-A-357.
- Nieto de Piña, J.C. (1786): *Memoria de las enfermedades que se experimentaron en la ciudad de Sevilla en el año de 1785*, Sevilla, Imprenta Mayor, Biblioteca de Andalucía, ANT-XVIII-407
- Nieto de Piña, J.C. (1787): *Memoria de las enfermedades experimentadas en la ciudad de Sevilla en el año de 1786*, Sevilla, Imprenta de Vazquez, Hidalgo y Compañía. Existe una versión digitalizada disponible en <http://www.books.google.com>
- Parker, G. (2013): *Global Crisis: War, Climate Change and Catastrophe in the seventeenth century*, Yale University Press, London.
- Písek, J., Brázdil, R. (2006): «Responses of large volcanic eruptions in the instrumental and documentary climatic data over Central Europe», *International Journal of Climatology*, 26: 439-459. DOI: 10.1002/joc.1249
- Ponsot, P (1986): *Atlas de Historia Económica de la Baja Andalucía (Siglos XVI-XIX)*, Editoriales Andaluzas Unidas, Granada.
- Rico Sinobas, M. (ca.1850): *Manuscritos*, Biblioteca Real Academia de Medicina, Madrid, Sgn.: 12-8-Molina-31.
- Rodrigo, F.S. (2001): «Clima y producción agrícola en Andalucía durante la edad moderna (1587-1729)», en González de Molina, M. Martínez Alier, J. (eds.), *Naturaleza transformada*, Icaria, Barcelona, pp. 161-182.
- Rodrigo, F.S. (2016): «Afecciones meteorológicas: Medicina y Meteorología en Andalucía 1754-1852», *Obradoiro de Historia Moderna*, 25, pp. 95-113. <https://doi.org/10.15304/ohm.25.2944>.
- Rodrigo, F.S., Gómez-Navarro, J.J., Montávez-Gómez, J.P. (2012): «Climate variability in Andalusia (southern Spain) during the period 1701-1850 based on documentary sources: evaluation and comparison with climate model simulations», *Climate of the Past*, 8, pp.117-133. <https://doi.org/10.5194/cp-8-117-2012>.
- Sánchez, J. (1789): *Relación de la epidemia de calenturas pútridas*, Oficina de Don Blas Roman, Madrid. Existe versión digitalizada en la Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid (<http://alfama.sim.ucm.es/dioscorides/>)
- Sánchez García, M.A. (2013): «Una institución desconocida: la Sociedad Médica de la Real Congregación de Nuestra Señora de la Esperanza», *Medicina e Historia*, 2, pp. 3-26.
- Sieferle, R.P. (2001): «Qué es la historia ecológica», en González de Molina, M. Martínez Alier, J. (eds.), *Naturaleza transformada*, Icaria, Barcelona, pp. 31-54
- Tovares, J. (1798): «Descripción histórico-epidémica ó Memoria sobre la epidemia de calenturas intermitentes, observada en España el año de 1786», *Memorias de la Real Academia Médico-Práctica de la Ciudad de Barcelona*, Tomo I, pp. 468-472. Existe versión digitalizada disponible en <http://www.books.google.com>

- Trouet, V., Esper, J., Graham, N.E., Baker, A., Scourse, J.D., Frank, D.C. (2009): «Persistent Positive North Atlantic Oscillation Mode Dominated the Medieval Climate Anomaly», *Science*, 324, pp. 78-80. <https://doi.org/10.1126/science.1166349>
- Wagner, S., Zorita, E. (2005): «The influence of volcanic, solar, and CO₂ forcing on the temperature in the Dalton Minimum (1790-1830): a model study», *Climate Dynamics*, 25, pp. 205-218. <https://doi.org/10.1007/s00382-005-0029-0>
- Zhang, X., Hegerl, G., Zwiers, F.W., Kenyon, J. (2005): «Avoiding Inhomogeneity in Percentile-based Indices of Temperature Extremes», *Journal of Climate*, 18, pp. 1641-1651
- Zorita, E., Kharin, V., von Storch, H. (1992): «The atmospheric circulation and sea surface temperature in the North Atlantic area in winter: their interaction and relevance for Iberian precipitation», *Journal of Climate*, 5, pp. 1097-1108.