

Caracterización de la Pequeña Edad de Hielo en el México central a través de fuentes documentales

Recibido: 11 de septiembre de 2013. Aceptado en versión final: 3 de diciembre e 2013.

Gustavo Gerardo Garza Merodio*

Resumen. La Pequeña Edad de Hielo (PEH) es el periodo corto y frío que, de acuerdo con aportes de las últimas décadas, se manifestó en temporalidad e intensidad de manera distinta a lo largo y ancho del planeta. A través de fuentes documentales se busca brindar una aproximación de la forma en que se manifestó la PEH en el México central entre principios del siglo XVII y mediados del XIX, en particular de lo acontecido durante los denominados mínimos Maunder y Dalton. En el ámbito hispanoamericano, los registros de las ceremonias de rogativa, albergados en los archivos civil y eclesiástico de las ciudades que fueron sedes obispaes, son la fuente documental más precisa. Los ceremoniales de

rogativa dedicados a diversas advocaciones o sus reliquias comenzaban a ganar prestigio en España y ser registrados periódicamente, gracias a cuerpos administrativos más regulados en ayuntamientos y catedrales, hacia la época en que ocurrieron las primeras exploraciones trasatlánticas. Estas manifestaciones públicas de la iglesia católica tenían la finalidad de pedir por buenos temporales (para evitar extremos en precipitación o temperatura), contra las epidemias y por el bienestar de autoridades civiles o eclesiásticas.

Palabras clave: Pequeña Edad de Hielo, climatología histórica, fuentes documentales, rogativas, México.

Little Ice Age characteristics in Central Mexico through documentary sources

Abstract. Comparing instrumental climatic sources with *proxy* data, in order to review existing climatic models and to acknowledge climatic variability in time and space, is widely recognized nowadays. In Mexico the study of past climate along the last 500 hundred years, has mostly been conducted through the analysis of instrumental sources. Studies that have 1877 as time limit, when the first continuous records started to be taken in Mexico City. For the study of climate along the last centuries, documentary sources have proved their accuracy, if compared to physical and biological data, usually modified by human activity. Tree ring information

is among biological sources also useful for recent centuries, but in Mexico it is still necessary to have a better regional coverage. The Little Ice Age (LIA) was defined back in the 1930s through information gathered in North America and Western Europe, but much is still unknown about the climatic behavior of lower latitudes in the Northern Hemisphere and the Southern one during LIA.

The reconstruction of past climates, through documentary sources started under scientific principles, only until the mid 20th century and it was a task conducted mostly by British and French authors. Emmanuel Le

* Departamento de Geografía Social, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, México, D.F. E-mail: gustavog@igg.unam.mx; gustavogarza@hotmail.com

Cómo citar:

Garza Merodio, G. G. (2014), "Caracterización de la Pequeña Edad de Hielo en el México central a través de fuentes documentales", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 85, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 82-94, dx.doi.org/10.14350/ig.41883

Roy Ladurie, recognized French historian, was the first to reveal to the world in the early 1960s, the documentary source that has resulted more precise for climatic reconstruction within the Hispanic cultural realm: the record of the rogation ceremonies. But it was not until the 1990s, when Spanish researchers like Mariano Barriandos, Javier Martín-Vide or Fernando S. Rodrigo, published and disseminated outside Spain, the climatic data obtained at City Councils and Cathedrals throughout the Iberian peninsula. In Mexico this kind of work started to be achieved by 2001. Rogation ceremonies are a reliable source of ancient climatic variability, because of its public and institutional origin, and their homogeneous information and precise dating.

Central Mexico is where most of this sort of research has been conducted in Latin America. The information obtained comes from the City council's and Cathedral archives of the following cities: Mexico City, Puebla, Morelia and Guadalajara (also from Durango in Northwestern Mexico trying to acknowledge climatic patterns in a larger area). With the information obtained, the characteristics and intensity of the Maunder and Dalton minimums in solar spots, coldest spells of LIA, have been acknowledged for Central Mexico. According to Lonnie Thompson and colleagues after their research at the Quelccaya glacier, they were able to define a humid LIA (ca. 1500-1720) and a dry LIA (ca. 1720-1880) for Western South America: the climatic data obtained through the consulting of Rogation ceremonies records recognizes the same pattern for Central Mexico.

INTRODUCCIÓN

La recolección sistemática de series instrumentales prolongadas y aproximaciones *proxy* o indirectas, se hace necesaria para contrastar los modelos climáticos existentes y reconocer la variabilidad regional y temporal. En este sentido, es importante reconocer que la reconstrucción climática del México central de la segunda mitad del milenio pasado, fuera de los logros obtenidos por medio del análisis de fuentes instrumentales institucionales, está todavía por lograrse. En una temporalidad media como ésta, las fuentes documentales han mostrado su relevancia ante las limitantes y falta de precisión que suelen manifestar por lo general las fuentes físico-biológicas, en tanto que polen y sedimentos suelen encontrarse severamente alterados como consecuencia de una intensa y extensa ocupación antrópica. Por su parte, la dendrocronología puede escapar en buena medida a las intervenciones humanas, sin embargo, y a pesar de los logros

The minimum Maunder (M.m.) has been proposed to occur worldwide between 1645 and 1715, the data obtained at Mexican City councils and Cathedrals suggest a later beginning (ca. 1660-1680) and hazardous years between 1680 and 1720. The late minimum is more humid than the Dalton minimum (D.m.) in Central Mexico. During M.m., 18 years show excess rainfall, while only 8 years were recorded under such circumstances between 1730 and 1830. Droughts are also less frequent during M.m. and they were usually ended by intense rainfall seasons. The D.m. is usually considered warmer than the M.m. around the planet, however in Central Mexico, the first one is much colder, since nearly 50% of all the frosting severe enough to be registered by City or Cathedral councils took place between 1780 and 1820.

Rogation ceremony records have also shown regional differences within Central Mexico, during the D.m. the Western part of this area shows a more humid pattern during its first stage, but after 1800, the Eastern part shows more rainfall than the Western one. Furthermore, rogation ceremony records, because of their precise dating, can show us if rainy seasons were late, if falls and winters were very dry and can even prove the intensity and duration of *canículas* (mid rain season dry periods common in Mexico, Central America and the Caribbean), warm and dry spells that can compromise summer time food production, specially maize harvesting.

Key words: Little Ice Age, historical climatology, documentary sources, rogation ceremonies, Mexico.

obtenidos, se requiere todavía de muchos aportes en el México central y meridional para lograr una reconstrucción adecuada en superficie abarcada y temporalidad.

Dentro de las dinámicas climáticas ocurridas a lo largo de los últimos quinientos años, ocupa un lugar primordial el periodo frío ocurrido a escala global entre 1550 y 1850 y que a fines de la década de 1930 fue definido como la Pequeña Edad de Hielo (PEH). Término acuñado por el holandés François Matthes (1939), quien basado en sus observaciones en la Sierra Nevada de California, detectó este enfriamiento intersecular. Esta definición ganó adeptos y se popularizó antes de conocer sus implicaciones en diversas latitudes, sustentándose durante décadas en información obtenida en Europa occidental y Norteamérica, con excepción de México. Por tanto, el término ha sido puesto a revisión, ya que sus implicaciones a escala global siguen en proceso de configuración, primordialmente en latitudes bajas y en el hemisfe-

rio sur. Los argumentos respecto a su duración son diversos, por ejemplo, desde un amplio sector de la literatura anglosajona hay una fuerte inclinación a considerar su inicio desde 1350, época en que los avances nórdicos en Groenlandia y el extremo oriental de Canadá comenzaron a ser abandonados (Jones y Mann, 2004:8).

Sin embargo, en latitudes medias y bajas no se aprecia tal enfriamiento, ni parecen producirse extremos tan acusados y duraderos como los ocurridos a partir de mediados del siglo XVI y hasta la segunda mitad del siglo XIX. Esta dinámica ha sido demostrada por Rabatel y colegas (2005:1312) a través del análisis de isótopos estables y polvo contenido en el hielo del glaciar Quelccaya del Perú meridional. Estos mismos autores citan trabajos basados en liquenometría, realizados en la llamada Cordillera Blanca del Perú, para proponer una mayor precisión en cuanto a la dinámica de la PEH en latitudes bajas del continente americano, así, se obtuvieron máximos glaciares entre 1590 y 1720 y varios avances menores entre 1780 y 1880. Por su parte, Thompson y coautores (1986:363) con datos también provenientes del glaciar Quelccaya, han caracterizado una PEH fría y húmeda entre 1500 y 1720, y una fría y seca entre 1720 y 1880. En México, de acuerdo con la información documental, se puede reconocer esta tendencia; aun cuando en el siglo XVII ocurrieron intensos periodos secos, éstos no fueron tan frecuentes ni prolongados como los verificados en la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX. Por su parte, las evidencias documentales de México invitan a pensar que la PEH terminó en estas latitudes hacia la década de 1850. A escala global no existe acuerdo a este respecto, variando por autor y zona del mundo el fin de este evento.

Brian Fagan (2000:55), hace apenas una década, seguía cuestionándose qué había causado la PEH y aseguraba que la respuesta aún nos eludía, primordialmente, porque apenas se había comenzado a entender el sistema climático global y las interacciones atmósfera-océano que lo conducen. Agregando este autor que existen algunas certezas, una de ellas es que nos encontramos cercanos al punto medio de un periodo interglacial, uno más entre todos los habidos a lo largo de casi un

millón de años. Por tanto, es factible que capítulos similares a la PEH se produzcan tanto en este milenio, como en los subsiguientes, por lo cual es labor primordial el entender sus consecuencias en cada celda climática del planeta. Para Xoplaki *et al.* (2001:582) el comportamiento de la radiación solar fue el principal factor en las dinámicas climáticas de los siglos XVII y XVIII, aunque reconoce, a su vez, la influencia durante ciertas anomalías de erupciones volcánicas violentas.

En concreto, respecto a la variabilidad climática en el México central y meridional, durante la PEH, se debe tomar en cuenta la propuesta de Richey y colegas (2009:4-5), para quienes el Golfo de México y el Mar Caribe manifestaron un enfriamiento de entre 2 y 3° C durante la PEH y por tanto, la denominada en inglés *Atlantic Warm Pool* tuvo una menor extensión e intensidad, lo cual debido al sistema climático que predomina en el México central y meridional, produjo una marcada disminución de la precipitación que implicó tanto retrasos dramáticos en el inicio de la temporada de lluvias, como terribles canículas, particularmente entre 1760 y 1810. Temporalidad propuesta a partir de los datos obtenidos en las actas de cabildo civil y eclesiástico de México, Morelia, Guadalajara, Oaxaca y civil de Puebla y eclesiástico de Durango.

De acuerdo con Killbourne (2006:75-76) basándose en registros de origen coralino en el Caribe septentrional, la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX fue la etapa que manifestó la mayor variabilidad interanual de los últimos 250 años; en contraposición, esta autora cita a Dunbar y coautores (1994) respecto a lo acontecido a El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) por esos años, en que la variabilidad en el Pacífico oriental era mínima (*Ibid.*), por lo que Killbourne propone un origen atlántico a la fuerte variación interanual que caracterizó a este periodo en las latitudes bajas y medias de Norteamérica. Este argumento se ve reforzado por lo observado por Stahle y colegas (2012:1439), quienes argumentan respecto a una marcada ausencia durante la PEH de la banda de variabilidad de la ENSO y cómo esto sugiere un vínculo entre la temperatura promedio global en superficie y la influencia de esta oscilación en el clima de Mesoamérica.

La reconstrucción climática por medio de la consulta e interpretación de los registros de ceremonias de rogativa comienza a ser factible en México a partir de la década de 1600, por lo que todo lo acontecido durante el siglo XVI son datos aislados. Por ejemplo, existe referencia en las actas municipales de México y Puebla (Archivo Histórico del Distrito Federal, Actas de Cabildo, vol. 635 y Archivo Histórico Municipal de Puebla, vol. 6) de la terrible sequía y epidemias que asolaron a buena parte de Norteamérica hacia 1550 (Acuña *et al.*, 2002). Sin embargo, es un dato aislado que no da lugar a la generación de una serie climática. Por ello no se puede identificar el inicio de la PEH, pero sí reconocer los dos capítulos más severos de la misma y sus consecuencias en buena parte del México central.

El primero, el denominado mínimo Maunder,¹ ha sido ampliamente identificado en latitudes altas y medias, pero falta mucho por hacer para poder reconocerlo más cerca del ecuador y al sur de éste. En el México central, el quinquenio 1690-1695 fue terrible climáticamente, lo que produjo desazones socioeconómicas y políticas tan graves, como el incendio del palacio del virrey (Archivo Actas de Cabildo de la catedral de Morelia, libro 12, 16-VI-1692). El segundo y terrible periodo, que ha sido plenamente identificado, es el ya mencionado medio siglo, que abarcó de la década de 1760 a la de 1810. Siendo su última y sombría pulsación coincidente con el inicio de las guerras de independencia, periodo que coincide con el denominado mínimo Dalton,² cuyos efectos fueron sentidos a lo largo y ancho del planeta.

¹ El mínimo Maunder, es el lapso de marcada disminución de las manchas solares, ocurrido aproximadamente entre mediados del siglo XVII y principios del XVIII. Para mayores precisiones sobre este periodo véase por ejemplo a Raible *et al.* (2006:9-29) o Xoplaki *et al.* (2001)

² El mínimo Dalton, es el lapso de disminución de las manchas solares, cuya duración suele aceptarse entre fines del siglo XVIII y principios del XIX. Para mayores precisiones, véase Popa y Kern (2009:1107-1117) o Luterbacher y Raible (2010:218).

LAS FUENTES DOCUMENTALES COMO *PROXY DATA*

Las fuentes documentales son una más de las posibilidades metodológicas en la reconstrucción del clima y como todas carecen de la precisión que brindan las fuentes instrumentales, por lo cual se les denominan comúnmente *proxy data* o fuentes indirectas. Siendo éstas la dendroclimatología, el análisis de sedimentos lacustres y marinos, así como el estudio de corales, hielos y glaciares. La importancia de las fuentes documentales en el estudio del clima en Iberoamérica es innegable, primordialmente ante lo escaso a la fecha de otras aproximaciones fidedignas entre los siglos XVI y XIX. De esta aproximación cabe destacar, asimismo, que es un tópico relevante dentro de las discusiones sobre los límites disciplinares, siendo posiblemente la única pesquisa procedente de las humanidades que ayuda a reconstruir comportamientos y trayectorias físico-biológicas, así como las respuestas humanas ante los eventos climáticos más violentos.

La generación de series climáticas fiables, a través de la consulta de fuentes documentales, data de mediados del siglo XX y tiene en exponentes franceses y británicos a sus primeros autores. Escritos tocantes a recuentos climáticos han existido desde la antigüedad, pero un seguimiento continuo de datos climatológicos no se logró sino hasta que Emmanuel Le Roy Ladurie, miembro de la escuela historiográfica de los *Annales*, publicó su obra *Historia del clima desde el año 1,000* (1990). Por su parte, en el ámbito británico destacaron los aportes de Hubert Lamb (1982; 1988). En ambas aproximaciones priman como bases metodológicas, la homogeneidad en el tipo de información y el que los registros se prolonguen durante varios siglos.

De acuerdo con Mann (2002:1481), ningún tipo de *proxy data* es por sí mismo adecuado para la reconstrucción de patrones, a gran escala, del comportamiento climático del pasado, Siendo la recopilación de los anillos de los árboles la fuente más utilizada, a pesar de sus limitaciones, para lograr resoluciones intra-anales. A su vez, Villalba y colaboradores (2009:176) aducen que en la utilización de *proxy data*, tanto de origen documental como de origen natural, es indispensable calibrar

los datos obtenidos con la información de origen instrumental, ya que así se logra una estructura común de reconstrucción climática. A la fecha, de acuerdo con los autores arriba mencionados, este tipo de calibración es común con respecto a la dendrocronología, pero ha sido escasamente desarrollada a partir de información de origen documental, glacial o sedimentaria. En México tenemos la experiencia de haber logrado esta labor para la cuenca de México y el valle Puebla-Tlaxcala, entre principios del siglo XVII y principios del siglo XXI, utilizando fuentes documentales e instrumentales (Hernández y Garza, 2010). En esta reconstrucción se identifica el fin de la PEH y la transición hacia el ‘cálido y húmedo’ siglo XX.

En el caso del México central, se cuenta con la ventaja de que algunas de las series documentales obtenidas a partir del registro de las ceremonias de rogativa, coinciden al final de sus registros con las primeras series instrumentales institucionalizadas, tal y como es el caso de Morelia que prácticamente empatan o el de la Ciudad de México que solo siete años separan el fin del registro obtenido en el acervo eclesiástico y las primeras observaciones desde la azotea de Palacio Nacional.

EL REGISTRO DE LAS CEREMONIAS DE ROGATIVA

En el artículo intitulado “Climatología Histórica: las ciudades mexicanas ante la sequía (siglos XVII al XIX)”, publicado en el número 63 de *Investigaciones Geográficas* (Garza, 2007), ya se detalló la relevancia de las ceremonias de rogativa como catalizador, desde las instituciones del Estado, ante graves vicisitudes ambientales, socioeconómicas o políticas. Por lo que la discusión de este apartado se centra en lo primordial, en el registro de las ceremonias de rogativa como dato climático. Los registros de rogativas como vehículos de información climática fueron difundidos por el ya citado Emmanuel Le Roy Ladurie (1965), hace casi cincuenta años, dando a conocer en la literatura climática de Europa occidental los trabajos de Emili Giralt Raventós, quien para fines de los cincuenta había advertido la utilidad de este tipo de registros. Sin embargo, su

labor se limitó a sacar a la luz este tipo de fuentes, sin que avanzara en principios metodológicos en la construcción de series climáticas y calibración de la información.

En el entorno iberoamericano, un primer paso en la consulta de fuentes documentales con la finalidad de obtener datos climáticos, pasa por el reconocimiento del aparato administrativo de la monarquía hispánica, fundamentado localmente en los cabildos civil y religioso. Con respecto a las particularidades y marcada autonomía de estos cuerpos políticos colegiados, con respecto a otras entidades administrativas similares en Europa occidental, cabe tener en cuenta su consolidación en Aragón y Castilla en tiempos de la ‘reconquista’ y el poblamiento de Iberoamérica. Para Martín Vide y Barriandos (1995), existe la posibilidad de que fuera de cualquier consideración político-religiosa o administrativa, la ausencia de ceremonias de rogativa durante la alta Edad Media, fuese consecuencia del denominado Pequeño Óptimo Climático o Periodo Medieval Cálido. Así, a partir de la irrupción de la PEH, la institucionalización de las rogativas tomó forma y su prestigio como instrumento de apaciguamiento de las amenazas ganó reputación dentro de los dominios de la Monarquía Hispánica.

En la climatología histórica contemporánea, la labor primordial es obtener series de datos climáticos lo más prolongadas y continuas que se pueda, por tanto, lo más recomendable es dirigirse hacia series documentales también largas, como los libros de actas administrativas de instituciones municipales y eclesiásticas. Allí, además de aparecer un sinnúmero de hechos cotidianos de la propia institución, suelen registrarse sucesos memorables o que rompen la rutina cotidiana en la localidad, tanto de origen humano (guerras, accidentes, visitas de personalidades) como de origen físico-biológico (episodios meteorológicos extremos, epidemias, terremotos, hambrunas). Entre los registros procedentes de las actas de los cabildos civil y eclesiástico del ámbito iberoamericano, destacan por los resultados brindados la consulta y calibración de los datos obtenidos del acotamiento de las ceremonias de rogativa por cuestiones relacionadas a vicisitudes ambientales, en particular, los tocantes a la variabilidad en la

precipitación o a capítulos extremos de escasez o abundancia de la misma. La consulta de los acervos de ambos cabildos coadyuva a lograr una mejor precisión, ya que en ocasiones ceremoniales que no quedaron registrados en uno de estos cuerpos colegiados, se encuentran registrados en el otro.

Las limitadas disponibilidades tecnológicas de las comunidades preindustriales bajo la Monarquía Hispánica, ante los embates ambientales y subsecuentes problemas agrarios y de salud, se enfrentaban institucionalmente, amén de insuficientes paliativos como compras de granos a mayor distancia o la disposición de lazaretos, a través de la puesta en marcha de un complejo mecanismo político-administrativo hasta llegar a la realización de un ceremonial de rogativa (Barriendos, 1994). Proceso que a grandes rasgos presentaba las siguientes etapas de preparación: 1. Indicaciones de las autoridades gremiales de labradores o de otras capitales con los problemas detectados. 2. Deliberación de las autoridades municipales competentes en la materia. 3. Comunicación de su decisión a las autoridades eclesiásticas para la introducción de la ceremonia en el calendario de actividades de la Iglesia Católica (en ocasiones, la etapa 2 también era conducida por el cabildo eclesiástico). 4. Pregón o anuncio público de la ceremonia de rogativas. El alto grado de fiabilidad y objetividad de este tipo de información como *proxy data* climática queda asentado en el elaborado mecanismo institucional que la produce, así como en el prestigio y dominio ideológico de las instituciones, en particular de la Iglesia.

En definitiva, la homogeneidad temática de las ceremonias de rogativa, la datación exacta y la continuidad de los registros conservados en los archivos municipales y eclesiásticos consultados, impulsó el empleo de esta información para la obtención de series con información climática a escala plurisecular. Estos materiales, por otra parte, ofrecen la posibilidad de cuantificar en diferentes niveles de intensidad el tipo de fenómeno por el que se estaba rogando. Así, las sequías —el azote más habitual y más perjudicial— llegaron a generar cinco niveles de rogativas según la intensidad y duración del episodio. En el caso de la Nueva España, los ceremoniales se condujeron de la siguiente forma: 1. Oraciones en silencio en una sola iglesia.

2. Oraciones en voz alta, en una o varias iglesias. 3. Novenario sin procesión en la catedral o santuario de la advocación elegida. 4. Novenario y procesión en el santuario o procesión, sin novenario en la catedral. 5. Traslado de la advocación elegida de su santuario o altar específico de la catedral al altar mayor de la misma y procesión por las calles de la ciudad. La gradación de este tipo de ceremoniales se infiere de los registros capitulares consultados en los acervos de las catedrales de México, Morelia, Guadalajara, Durango, Oaxaca, San Cristóbal de las Casas y Mérida. Así como de los ayuntamientos de México, Morelia, Guadalajara, Puebla y Oaxaca.

RESULTADOS EN EL MÉXICO CENTRAL

De la experiencia en el México central, por medio de la información obtenida en los cabildos civil y eclesiástico de México, Morelia y Guadalajara, y civil de Puebla (agregando en algún episodio datos climáticos de Durango, con la finalidad de reconocer tendencias sobre ámbitos más amplios), se han logrado definir las características e intensidades que manifestaron los mínimos en manchas solares denominados Maunder y Dalton, etapas que resultaron ser las más frías de la PEH a escala global. Así como la detección de inviernos y primaveras muy secos, el atraso en el inicio de la temporada de lluvias y marcadas canículas, años con ausencia casi total de precipitaciones y heladas extemporáneas. Información que se organiza en primera instancia, en el reconocimiento de los eventos ocurridos durante los mínimos Maunder y Dalton, para luego tratar otros capítulos ocurridos durante el resto de la PEH. Asimismo, durante el tratamiento de los mencionados mínimos se hace referencia a algunos casos en la literatura internacional, con el ánimo de distinguir el carácter global de las anomalías climáticas más drásticas.

Mínimo Maunder

Tradicionalmente a escala mundial y basándose meramente en la ausencia de manchas solares, sin conocer las implicaciones climáticas en diversas zonas del planeta, se sitúa el mínimo Maunder entre

los años de 1645 y 1715. Sin embargo, los registros documentales novohispanos muestran que fuertes anomalías ocurrieron hasta las décadas de 1660 y 1680, siendo en esta década cuando se desatan constantes desazones por causas climáticas hasta el año de 1720. Por su parte, Barriendos y Rodrigo (2006:782), reconocen que las consecuencias climáticas de envergadura (etapa con baja frecuencia de inundaciones) de este frío episodio ocurrieron en la península ibérica entre 1680 y 1730.

Tal y como ya se mencionó en la introducción de este artículo, la propuesta de considerar una PEH húmeda entre 1550 y 1720 y una seca entre 1720 y 1850, es factible de reconocerse de acuerdo con la información documental obtenida. Por una parte se observa que los registros de ceremonia de rogativa *pro serenitatem* (es decir, ceremoniales en los que se pedía la dispersión de tormentas) se sitúan entre fines del siglo XVI y fines del XVII,³ mientras que menciones a fuertes precipitaciones en México, Puebla, Morelia, Guadalajara, Oaxaca o Durango se manifestaron en los siguientes años: 1604, 1607, 1611, 1624, 1627, 1636, 1639, 1641, 1644, 1652, 1653, 1660, 1666, 1670, 1679, 1691, 1692, 1722, 1724, 1734, 1759, 1760, 1778, 1806, 1810, 1815, 1836.⁴ Así se tiene que antes del fin del mínimo Maunder se registraron 18 años con menciones concernientes a exceso de humedad, mientras solo se asentaron ocho entre las décadas de 1730 y 1830. También, los capítulos de sequía son menos numerosos y menos prolongados, en comparación con los ocurridos después de 1730 y solían ser interrumpidos por intensas temporadas de entrada de humedad (Tabla 1).

Por la información obtenida en los diversos acervos consultados, se puede observar que durante el mínimo Maunder, las décadas más anómalas fueron las de 1680 y 1690, situación que es común a diversas partes del mundo. Una consecuencia agroclimática que compartieron por aquellos años

a pesar de sus obvias diferencias climáticas, los altiplanos del México central y el litoral norte del Perú, fue la pérdida del trigo debido a la presencia de plagas; en las tierras altas mexicanas provocó revueltas políticas, en el Perú septentrional fue el detonante de un cambio agroclimático, ya que a partir de entonces se dejó de cultivar el trigo en esta zona y se fue imponiendo paulatinamente la caña de azúcar (Huertas, 2009:28-29). Al parecer, el momento más intenso y casi culminante de la etapa húmeda de la PEH imposibilitó el cultivo de un grano que en mucho se había favorecido por razones políticas, desde la llegada de los españoles al norte del Perú.

Mínimo Dalton

La primera pregunta que surge ante el tratamiento documental del mínimo Dalton, desde el México central es: ¿Por qué el mínimo Maunder, considerado más frío a escala global (Casey, 2011:31), provocó menos periodos secos que el mínimo Dalton? Parte de la respuesta se tiene tomando en cuenta una PEH que es primero húmeda y luego seca. Pero dadas las características climáticas del México central y meridional no debería haber menor precipitación ante condiciones oceánicas más frías, lo cual nos lleva a pensar que el detonante de mayores sequías y heladas más frecuentes en las tierras altas mexicanas no es necesariamente una ausencia más acusada de manchas solares que se manifieste en temperaturas más bajas en los mares. En este sentido, cabe recalcar que las heladas severas fueron prácticamente inexistentes durante el mínimo Maunder, mientras que en el Dalton (usualmente definido entre los años de 1780 y 1820) se concentró casi el 50% de las heladas que merecieron ser registradas en actas de cabildo civil o eclesiástico durante la PEH en el México central (Tabla 2).

Otra cuestión que surge ante la evidencia documental, es que las décadas de 1760 y 1770 fueron particularmente severas en términos de lo secas que resultaron. Situación que si se compara con las décadas precedentes al mínimo Maunder, invitan a pensar que en el México central ocurren dinámicas climáticas que anteceden a las dataciones tradicionales de los dos mínimos tratados en estas páginas o que son anomalías que surgen a partir

³ Con excepción de una rogativa *pro serenitatem* ordenada en Puebla el 23 de junio de 1815, AHAP, Actas de Cabildo, Libro 84).

⁴ Actas de cabildo civil y eclesiástico de México (ACM, libro 5 al 74 y AHDF, libro 646-a a 156-A), Puebla (AHAP, libro 17 al 103), Morelia (ACCM, libro 7 al 53, Guadalajara (AHMG, libro 1 al 209) y Durango (AHAD, libro 3 al 25).

Tabla 1. Tabla que manifiesta los periodos secos severos (definidos a partir del grado de rogativa *pro pluvia* utilizado, señalando solo los ceremoniales de nivel IV y V) ocurridos en el México central (archivos civil y eclesiástico de México, Morelia y civil de Puebla) entre las décadas de 1600 y 1730

Periodo	Tipo de rogativa	Lugar	Archivo consultado
Primavera de 1616 a verano de 1618	Rogativas nivel IV y V	México	Ayuntamiento (AYT) y Catedral (CAT)
Primavera de 1623 a primavera de 1624	Rogativas nivel IV	México	AYT
Primavera de 1641 a verano de 1642	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia y Puebla	México (AYT y CAT), Morelia (CAT) y Puebla (AYT)
Primavera de 1661 a primavera de 1663	Rogativas nivel IV y V	México y Puebla	México (CAT) y Puebla (AYT)
Primavera de 1667 a primavera de 1668	Rogativas nivel IV y V	Morelia y Puebla	Morelia (CAT) y Puebla (AYT)
Primavera de 1682 a primavera de 1686	Rogativas nivel IV	Morelia y Puebla	Morelia (CAT) y Puebla (AYT)
Primavera de 1692 a primavera de 1694	Rogativas nivel IV y V	México y Puebla	México (CAT) y Puebla (AYT)
Primavera de 1696 a primavera de 1698	Rogativas <i>pro pluvia</i> nivel IV y V	México y Morelia	México (CAT) y Morelia (CAT)
Primavera de 1713 a verano de 1714	Rogativas <i>pro pluvia</i> nivel IV y V	México y Guadalajara	México (AYT) y Guadalajara (AYT)
Primavera de 1719 a verano de 1720	Rogativas <i>pro pluvia</i> nivel IV y V	México y Morelia	México (AYT y CAT) y Morelia (CAT)

Fuentes: Actas de cabildo civil y eclesiástico de México (AHDF libro 650-a a 668-a y ACM libro 5 al 29), eclesiástico de Morelia (ACCM, libro 3 al 17) y civil de Puebla (AHAP, libro 25 al 40).

de otras determinantes, posiblemente ligadas al comportamiento secular de la PEH y no de sus pulsaciones extremas, que como ya se ha dicho, se definen internacionalmente como consecuencia de una aguda ausencia de manchas solares.

A la vez, como consecuencia del análisis de la información obtenida, se puede proponer una diferenciación regional en la manifestación de las temporadas de seca más intensas ocurridas en México a lo largo de los últimos quinientos años. Siendo dos los argumentos propuestos en la identificación de esta mecánica: 1. La comparación del número de ceremonias de rogativa *pro pluvia* conducidas en la capital de la Nueva España y la capital de Michoacán entre 1750 y 1810 (ACM, libros 40 al 64; ACCM, AHDF, AHMM), se propone una revisión que antecede en 30 años al inicio del mínimo

Dalton, que como ya se dijo, las décadas de 1760 y 1770 fueron particularmente secas de acuerdo con la información documental consultada. El resultado de este ejercicio permite distinguir que antes de 1802 fueron más las rogativas pidiendo lluvia en la Ciudad de México que en Morelia, y que esta situación se revirtió a partir de ese año. 2. La hipótesis de un occidente mexicano más húmedo en la primera etapa del mínimo Dalton y décadas anteriores, también se sustenta en el siguiente documento fechado en Guadalajara el 29 de julio de 1771:

... Dijo que aunque hasta la presente, no se experimenta en estas tierras total falta de en las lluvias, pero que si en lo de adelante sigue, no hay duda, se experimentará en las sementeras de maíz pér-

Tabla 2. Tabla que muestra los reportes de heladas en actas de cabildo civil y eclesiástico en el México central (archivos civil y eclesiástico de México, Morelia, Guadalajara y civil de Puebla) y Durango (archivo eclesiástico) a lo largo de la PEH. En sombreado las heladas registradas durante el mínimo Dalton o décadas precedentes y posteriores

a. 1-VIII-1553 México (AYT)	b. 23-XII-1555 México (AYT)
c. 10-IV-1573 México (AYT)	d. 6-V-1577 México (AYT)
e. 24-X-1586 Puebla (AYT)	f. 16-XI-1615 México (AYT)
g. 11-VI-1627 México (AYT)	h. 28-VI-1639 México (AYT)
i. 26-IV-1667 Morelia (CAT)	j. 20-VIII-1720 Morelia (CAT)
k. 26-VII-1739 México (AYT)	l. 29-V-1742 México (CAT)
ll. 30-VII-1753 México (AYT)	m. 29-V-1771 México (AYT)
n. 4-V-1773 y 22-X-1773 México (AYT) y Guadalajara (AYT)	ñ. 1-VI-1779 México (AYT)
o. 27-IX-1785 y 26-X-1785 Guadalajara (AYTO) y Durango (CAT)	p. 16-X-1788 México (AYT)
q. 25-VIII-1789 y 5-X-1789 Durango (CAT) y Morelia (AYT)	r. 7-VI-1790 y 8-X-1790 México (AYT) y Durango (CAT)
s. 27-IV-1801 México (AYT y CAT)	t. 10-V-1802 México (AYT y CAT)
u. 16-I-1810 Morelia (AYT)	v. 22-IX-1818 Durango (CAT)
w. 25-X-1838 Durango (AYT)	x. 9-X-1846 Morelia (CAT)
y. 12-II-1848 Durango (AYT)	z. 11-X-1851 Durango (AYT)

Fuentes: Actas de cabildo civil y eclesiástico de México (AHDF, libro 635-a al 173-A y ACM, libro 4 al 83) Morelia (ACCM, libro 3 al 60 y AHMM, libro 63 al 153), civiles de Guadalajara (AHMG, libro 1-1773 al 224-1850) y Puebla (AHAP, libro 12 al 109) y eclesiástico de Durango (AHAD, libros 15 al 26 archivo eclesiástico).

didada considerable... estar las lluvias en la Nueva España⁵ con mucha limitación... (AHMG, Actas de Cabildo, libro 6-1771).

Existiendo otro documento de talante similar fechado el 22 de octubre de 1773.

Además de las dinámicas climáticas influenciadas por el comportamiento del sol y el sistema océano-atmósfera, el mínimo Dalton se distingue por dos eventos volcánicos de funestas consecuencias en diversas partes del planeta, la erupción de los volcanes Laki (junio de 1783)⁶ y Tambora (abril de 1815). Para Demarée y Ogilvie (2001:219) los capítulos climáticos anómalos provocados por erupciones volcánicas deben ponderarse a partir de la latitud del volcán y el tiempo preciso del año en que ocurre la erupción, así como el modelado e influencia que puedan ejercer sobre este inmenso aerosol factores internos del sistema climático, tales como El Niño. Por su parte, Jürg Luterbacher (2001:47), propone que entre 1400 y 1850, las erupciones configuraron entre el dieciocho y el veinticinco por ciento de la variación por década de la temperatura promedio del hemisferio norte, cuyas latitudes medias parecen ser espacialmente sensibles a este tipo de fenómeno, manifestando calentamiento en invierno y enfriamiento en verano, al menos durante el año siguiente a la erupción. Asimismo, Alan Robock (2000:192-193) señala que la nube de aerosol posterior a una gran erupción produce calentamiento en la estratósfera, pero enfriamiento sobre la superficie, así, las erupciones en zonas tórridas producen un calentamiento más prolongado en los trópicos, que para el invierno boreal provoca continentes más cálidos ante una Oscilación del Atlántico Norte (vientos del oeste más fuertes) más intensa.

⁵ Cabe recordar que por reino de Nueva España se entendía a los obispados de Michoacán, México, Puebla y Oaxaca, mientras que el reino de Nueva Galicia se dividía entre los obispados de Guadalajara y Durango.

⁶ Las consecuencias de esta erupción han sido ampliamente documentadas en Europa occidental a través de los registros documentales e instrumentales que hablan de la gran niebla seca de 1783, así como de terribles inundaciones durante el invierno de 1784 (Brázdil *et al.*, 2010).

En el México central, los eventos volcánicos de 1783 y 1815 se manifestaron de manera muy distinta: 1. Los efectos del primero fueron devastadores en los dos años siguientes a la erupción, dando lugar a terribles secas y heladas que provocaron el denominado año del hambre (1785) y epidemias.⁷ Escasez de alimentos que duró hasta 1787; 2. El segundo provocó fuertes tormentas⁸ en el mismo mes de la erupción y todo el verano de 1815, para después posiblemente influenciar en lo seco de los subsecuentes años, sin que se hable de situaciones tan funestas como las vividas durante la década de 1780.⁹

Por último, en el tratamiento del mínimo Maunder se presenta la Tabla 3, la cual manifiesta las ausencias de humedad más acuciosas ocurridas entre las décadas de 1730 y 1830, en donde se puede apreciar cómo el número e intensidad de los periodos secos son mayores a los de la etapa 1600-1730 y cómo en esta primera no existen periodos secos que se inicien en verano, lo que implica retrasos en el inicio de las lluvias que solo abarcaban a la primavera y menor recurrencia de canículas (Tabla 3).

ANOMALÍAS CLIMÁTICAS EN EL MÉXICO CENTRAL DURANTE LA PEH, FUERA DE LOS MÍNIMOS MAUNDER Y DALTON (1550-1650 Y 1830-1850)

Del siglo XVI, con la salvedad de que se carece de información climática continua, se puede decir que la más irregular de las décadas fue la de 1550, que en sus primeros años se caracterizó por fuertes sequías, información que corroboran el ya mencionado Acuña y colegas (*op. cit.*) en su obra sobre la vinculación de fuertes capítulos de sequía

y epidemias. En la información documental se trata, asimismo, sobre heladas que precedieron a fuertes precipitaciones hacia 1556, mismas que llegaron a inundar la naciente traza española de la capital mexicana, para de nuevo escasear las lluvias al año siguiente (AHDF, libro 635a). Otra década que parece ser bastante irregular fue la de 1590, pero los registros no hablan de situaciones tan terribles como las ocurridas a mediados de siglo.

Respecto al siglo XVII, antes del inicio del mínimo Maunder se tienen temporadas de escasez de lluvia del verano de 1632 a la primavera de 1635 y del verano de 1638 a la primavera de 1641. Con respecto al siglo XVIII, ya ha sido tratado en su totalidad a través de los resúmenes tocantes a los mínimos Maunder y Dalton y el lapso intermedio entre éstos. Respecto al siglo XIX, después del fin del mínimo Dalton, se tiene que las décadas de 1840 y 1880 resultaron bastante secas.

Verificación de las fuentes documentales con algunos datos dendrocronológicos

A modo de conclusión, se propone la verificación de lo hallado por medio de fuentes documentales con dos avances logrados en México a través de estudios dendrocronológicos y que corroboran lo terrible que fue el mínimo Dalton (se trata únicamente esta etapa, ya que como se ha argumentado, el mínimo Maunder no provocó una ausencia de precipitación tan marcada) en el México central y septentrional en términos de ausencia de precipitación. En primera instancia, el aporte de Julián Cerano y colegas (2011:42) define una marcada disminución de la precipitación entre 1785 y 1815 en la sierra de Arteaga, Coahuila, lo que coincide con lo ocurrido en el México central. Por su parte, el equipo de trabajo dirigido por Eunice Cortés *et al.* (2012) y tocante a muestras provenientes del noroeste de Guanajuato, nos presenta para la mencionada etapa, los siguientes periodos de sequía: 1796-1797, 1803-1805, 1807-1808 y 1812-1817, lo que de nuevo corrobora la grave escasez de precipitación que se vivió en buena parte de México de fines del siglo XVIII a principios del siglo XIX.

⁷ AHAP, libro 58; AHAD, libro 15; AHMG, libro 5-1785 y libro 8-1786; ACCM, libro 35; ACM, libro 55; AHDF, libro 104-A, libro 105-A y 106-A; AHMM, libro 58.

⁸ Cabe recordar que la única ceremonia *pro serenitatem* registrada en el México central (asentada en Puebla) durante los siglos XVIII y XIX tuvo lugar solo 15 días después de la erupción del Tambora.

⁹ AHMM, Libro 119; ACM Libro 68; AHAP, libro 84; AHAD, libro 20; AHDF, libro 136-A.

Tabla 3. Tabla que manifiesta los periodos secos severos (definidos a partir del grado de rogativa *pro pluvia* utilizado, señalando solo los ceremoniales de nivel IV y V) ocurridos en el México central entre las décadas de 1730 y 1830

Periodo	Tipo de rogativa	Lugar	Archivo consultado
Verano de 1733 a verano de 1736	Rogativas nivel IV y V	México, Puebla y Oaxaca	México (AYT), Puebla (AYT) y Oaxaca (AYT)
Primavera de 1739 a primavera de 1742	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia y Oaxaca	México (AYT y CAT), Morelia (AYT y CAT) y Oaxaca (CAT)
Primavera de 1749 a verano de 1753	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia, Puebla y Durango	México (AYT y CAT), Morelia (CAT), Puebla (AYT) y Durango (CAT)
Primavera de 1755 a primavera de 1756	Rogativas nivel IV y V	México y Puebla	México (CAT) y Puebla (AYT)
Primavera de 1759 a verano de 1763	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia y Puebla	México (AYT y CAT), Morelia (CAT) y Puebla (AYT)
Primavera de 1765 a primavera de 1775	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia, Puebla y Durango	México (AYT y CAT), Morelia (AYT y CAT), Puebla (AYT) y Durango (CAT)
Primavera de 1779 a primavera de 1780	Rogativas nivel IV y V	México, Puebla y Durango	México (AYT y CAT), Puebla (AYT) y Durango (CAT)
Primavera de 1785 a primavera de 1786	Rogativas nivel V	México, Morelia y Durango	México (AYT y CAT), Morelia (CAT) y Durango (CAT)
Primavera de 1793 a primavera de 1795	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia, Guadalajara y Durango	México (AYT y CAT), Morelia (AYT y CAT), Guadalajara (AYT) y Durango (CAT)
Primavera de 1798 a verano de 1804	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia, Puebla y Durango	México (AYT y CAT), Morelia (AYT y CAT), Puebla (AYT) y Durango (CAT)
Verano de 1807 a verano de 1810	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia y Puebla	México (AYT y CAT), Morelia (AYT y CAT) y Puebla (AYT)
Primavera de 1812 a primavera de 1814	Rogativas nivel IV y V	México y Morelia	México (AYT y CAT) y Morelia (AYT)
Primavera de 1817 a primavera de 1819	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia, Puebla y Durango	México (AYT y CAT), Morelia (AYT), Puebla (AYT) y Durango (CAT)
Verano de 1822 a verano de 1826	Rogativas nivel IV y V	México, Morelia, Puebla y Durango	México (AYT y CAT), Morelia (AYT y CAT), Puebla (AYT) y Durango (CAT)

Fuentes: Actas de cabildo civil y eclesiástico de México (AHDF libro 56-A a 146-A y ACM libro 31 al 71) y Morelia (AHMM, libro 21 al 122 y ACCM, libro 49 al 18) y civil de Guadalajara (AHMG, libro 1-1773 a 189-1826) y Puebla (AHAP, libro 43 al 95).

REFERENCIAS

- Acuña, R., D. Stahle, M. Cleaveland and M. Therrell (2002), "Megadrought and Megadeath in 16th Century Mexico", *Emerging Infectious Diseases*, vol. 8, no. 4 [<http://wwwnc.cdc.gov/eid/content/8/4/contents.htm>].
- Archivo del Cabildo de la Catedral de Morelia (ACCM), Actas de Cabildo, libro 12 (1688-1697), libro 35 (1784-1787) y libros 3 al 60.
- Archivo de la Catedral de México (ACM), Actas de Cabildo, libro 55 (1781-1786), libro 68 (1815-1818) y libros 4 al 83.
- Archivo Histórico del Arzobispado de Durango (AHAD), Actas de Cabildo, libro 15 (1782-1787), libro 20 (1812-1819) y libros 3 al 26.

- Archivo Histórico del Ayuntamiento de Puebla (AHAP), Actas de Cabildo, libro 58 (1786-1789), libro 84 (1815) y libros 12 al 109.
- Archivo Histórico del Distrito Federal (AHDF), Actas de Cabildo, libro 104-A (1784), libro 105-A (1785), 106-A (1786), libro 136-A (1817) y libros 635-a al 173-A.
- Archivo Histórico del Municipio de Guadalajara (AHMG), Actas de Cabildo, libro 6-1771, libro 5-1785, libro 8-1786 y libros 1 al 224.
- Archivo Histórico del Municipio de Morelia (AHMM), Actas de Cabildo, libro 58 (1785-1787), 119 (1816-1819) y libros 21 al 153.
- Barriendos, M. (1994), *El clima histórico de Catalunya. Aproximación a sus características generales (ss. XV-XIX)*, tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Barriendos, M. and F. Rodrigo (2006), "Study of historical flood events on Spanish rivers using documentary data", *Hydrological Sciences Journal*, vol. 51, no. 5, Londres, pp. 765-783.
- Brázdil, R., G. R. Demarée, M. Deutsch, E. Garnier, A. Kiss, J. Luterbacher, N. Macdonald, C. Christian Rohr, P. Dobrovolný, P. Kolář and K. Chromá (2010), "European floods during the winter 1783/1784: scenarios of an extreme event during the Little Ice Age", *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 100, Viena, pp. 163-189.
- Casey, J. L. (2011), *Cold Sun*, Trafford Publishing, Bloomington.
- Cerano, J., J. Villanueva Díaz, R. D. Valdez Cepeda, E. H. Cornejo Oviedo, I. Sánchez Cohen y V. Constante García (2011), "Variabilidad histórica de la precipitación reconstruida con anillos de árboles para el sureste de Coahuila", *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* vol. 2, núm. 4, México, pp. 33-47.
- Cortés, E., J. Villanueva, C. Nieto, J. Estrada y V. Guerra (2012), "Reconstrucción de Precipitación Estacional para el noroeste de Guanajuato", *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 3, núm. 9, México, pp. 51-67.
- Demarée, G. R. and A. E. J. Ogilvie (2001), "Bon baisers d'Islande: climatological, environmental and human dimensions impacts in Europe of the Lakagígur eruption (1783-1784) in Iceland", in Jones, P. D., A. E. J. Ogilvie, T. D. Davies and K. R. Briffa (eds.), *History and Climate: Memories of the Future?*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 219-246.
- Dunbar, R., G. Wellington, M. Colgan and P. Glynn (1994), "Eastern Pacific sea surface since 1600 A. D.: The °18O record of climate variability in Galápagos corals", *Paleoceanography*, vol. 9, no. 2, Washington, pp. 291-315.
- Fagan, B. (2000), *The Little Ice Age: how climate made history, 1300-1850*, Basic Books, New York.
- Garza Merodio, G. G. (2007), "Climatología Histórica: las ciudades mexicanas ante la sequía (siglos XVII al XIX)", *Investigaciones Geográficas* núm. 63, México, pp. 77-92.
- Hernández Cerda, M. E. and G. G. Garza Merodio (2010), "Rainfall variability in Mexico's Southern Highlands (instrumental and documentary phases, 17th to 21st centuries)", in Karlin, N. L. and A. V. Shelutko (eds.), *Ecology and hydrometeorology of big cities and Industrial Zones (Russia-Mexico)* (eds.), vol. 1- *Analysis of the environment*, Hydrometeorology University, San Petersburgo, pp. 86-105.
- Huertas, L. (2009), *Injurias del tiempo –Desastres naturales en la historia del Perú–*, Editorial Universitaria-Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Jones, P. D. and M. E. Mann (2004), "Climate over past millenia", *Review of Geophysics* no. 42, RG2002 [DOI: 10.1029/2003RG000143].
- Killbourne, K. H. (2006), *Tropical Atlantic and Caribbean climate variations during the past eight centuries*, tesis Doctoral, University of South Florida, Tampa.
- Lamb, H. H. (1982), *Climate, history and the modern world*, Methuen, London.
- Lamb, H. H. (1988), *Weather, climate and human affairs*, Routledge, London.
- Le Roy Ladurie, E. (1965), "Le climat des XIe et XVIIe siècles: séries comparées", *Annales ESC* 20, Paris, pp. 899-922.
- Le Roy Ladurie, E. (1990), *Historia del clima desde el año mil*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Luterbacher, J. (2001), "The late Maunder minimum (1675-1715) – Climax of the 'Little Ice Age in Europe'", in Jones, P. D., A. E. J. Ogilvie, T. D. Davies and K. R. Briffa, *History and Climate: memories of the future*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 29-54.
- Luterbacher, J. and Ch. Raible (2010), "Circulation dynamics and its influence on European and Mediterranean January-April climatenover the past half millennium: results and insights from instrumental data, documentary evidence and coupled climate models", *Climate Change*, no. 101, p. 218.
- Mann, M. E. (2002), "The value of multiple proxies", *Science*, vol. 297, Washington, pp. 1481-1482.
- Martín Vide, J. and M. Barriendos (1995), "The use of rogation ceremony records in climate reconstruction: a case study from Catalonia (Spain)", *Climatic Change* 30, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 201-221.
- Matthes, F. E. (1939), "Report of the committee on glaciers", *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, pp. 518-523.
- Popa, I. and Z. Kern (2009), "Long-term summer reconstruction inferred from tree-ring records from

- the Eastern Carpathians”, *Climate Dynamics*, no. 32, pp. 1107-1117.
- Rabatel, A., V. Jomelli, P. Naveau, B. Francou and D. Grancher (2005), “Dating of Little Ice Age glacier fluctuations in the tropical Andes: Charquini glaciers, Bolivia, 16°S”, *Comptes Rendus Geoscience*, no. 337, Issy-Les-Moulineaux, pp. 1311-1322.
- Raible, C., C. Casty, J. Luterbacher, *et al.* (2006), “Climate variability observations, reconstructions, and model simulations for the Atlantic-European and Alpine region from 1500-2100 AD”, *Climate Change*, no. 79, pp. 9-29.
- Richey, J., R. Poore, B. Flower, T. Quinn and D. Hollander (2009), “Regionally coherent Little Ice Age cooling in the Atlantic Warm Pool”, *Geophysical Research Letters*, vol. 36, Malden, pp. 1-5.
- Robock, A. (2000), “Volcanic eruptions and climate”, *Reviews of Geophysics*, no. 38, Washington, pp. 191-219.
- Stahle, D. W., D. J. Burnette, J. Villanueva-Díaz, R. R. Heim, F. K. Fye, J. Cerano-Paredes, R. Acuña-Soto and M. K. Cleaveland (2012), “Pacific and Atlantic influences on Mesoamerican climate over the past millennium”, *Climate Dynamics*, vol. 39, no. 6, Heidelberg, pp. 1431-1446.
- Thompson, L. G., E. Mosley-Thompson, W. Dansgaard and P. M. Grootes (1986), “The Little Ice Age as recorded in the stratigraphy of the Tropical Quelccaya Ice Cap”, *Science*, vol. 234 no. 4774, Washington, pp. 361-364.
- Villalba, R., M. Grosjean and T. Kiefer (2009), “Long-term multi-proxy climate reconstructions and dynamics in South America (LOTRED-SA): State of the art and perspectives”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281, Amsterdam, pp. 175-176.
- Xoplaki, E., M. Panagiotis and J. Luterbacher (2001), “Variability of Climate in Meridional Balkans during the periods 1675-1715 and 1780-1830 and its impact on human life”, *Climatic Change*, no. 48, Amsterdam, pp. 581-615.