

# Reconstrucción climática histórica y análisis evolutivo de la vulnerabilidad y adaptación a las sequías e inundaciones en la Cuenca del Segura (España) y en la Cuenca del Río Mendoza (Argentina)

SALVADOR GIL GUIRADO<sup>1</sup>

## 1. Introducción

La variabilidad del clima y la incertidumbre sobre sus posibles cambios son un tema de preocupación capital en las ciencias ambientales y sociales, por las previsibles consecuencias que estas alteraciones puedan tener tanto para los grupos humanos como para el medio natural.

Pero se presenta el problema de estimar esta variabilidad, cuantificar tendencias y periodicidades a largo plazo, con registros instrumentales demasiado cortos y poco homogéneos, que en los mejores casos pueden llegar a superar los 100 años, pero que en la mayoría, raramente exceden los 50 años registrados.

Ante esta situación no es posible determinar en qué medida la anomalía reciente se enmarca dentro de un contexto de “normalidad climática” o por el contrario, supone un cambio respecto al comportamiento climático histórico. Paralelamente, las últimas décadas son testigo de un incremento de los impactos que los eventos meteorológicos extremos suponen para las sociedades, donde se presenta de nuevo el problema de determinar, si esto se debe a una mayor recurrencia de los eventos catastróficos, a una mayor exposición y vulnerabilidad de los grupos humanos, o a ambas cosas a la vez.

Para entender los crecientes problemas sociales y ecológicos derivados de esta variabilidad climática, es necesario estudiar la historia y el impacto de los desastres naturales, con el objetivo puesto en reducir la vulnerabilidad adaptándose al entorno a través de actuaciones acordes a la idiosincrasia de los pueblos, y que a la vez, sean respetuosas con el medio natural. De esta manera, conviene insertar la perspectiva histórica en la valoración del riesgo, ya que si desligamos los hechos actuales de nuestra evolución en el territorio, ignorando el efecto acumulativo que supone la sucesión de las distintas culturas y pobladores (Santos, 2002), se descontextualizan los problemas espaciales derivados de nuestra mala praxis territorio-ambiental y se plantean soluciones momentáneas y parciales escasamente adaptadas a las características intrínsecas de las sociedades.

Esta necesidad de un estudio retrospectivo y ante la carencia de una información suficientemente extensa en el tiempo, impulsa a valerse de testigos que indirectamente informen de los cambios ambientales y del impacto de estos en las sociedades. Las variables que informan del clima y del

---

1. Tesis doctoral-Doctorado en “Geografía”, Universidad de Murcia. Directores de la tesis: José María Gómez Espín y María del Rosario Prieto.

ambiente de manera indirecta son denominadas *proxy-data* y se caracterizan por ser una fuente indirecta de información climático-ambiental.

La ciencia que se ocupa de estudiar el clima del pasado más allá de donde no existen registros instrumentales, es la paleoclimatología, que realiza para ello reconstrucciones climáticas lo más exactas posibles. Dentro de estas reconstrucciones existen dos grandes variantes: por un lado, las que se basan en el estudio de la respuesta de las variables naturales del clima; y por otro lado, las que se fundamentan en el estudio de los documentos históricos como fuente directa o indirecta de los eventos climáticos, en donde los posibles cambios se documentan tal y como son percibidos por los hombres.

Esta tesis se centra en la segunda variante, que presenta un notable dinamismo y es todavía un campo emergente y sin explotar en muchos ámbitos y territorios. Presenta el problema de una mayor limitación temporal, ya que está sometida a la existencia o no, de documentos escritos, por lo que rara vez las reconstrucciones climáticas a través de documentos históricos superan los mil años. Otro inconveniente son las discontinuidades temporales, ya sea por el cese de la actividad documental o por la pérdida o lagunas de datos a causa de diversas vicisitudes históricas (problemas políticos, económicos, guerras, epidemias, etc.). No obstante, tienen la notable y esperanzadora ventaja de que muestran como ningún otro proxy como afecta el clima a los seres humanos. Esto último abre otro campo de investigación relacionado con el estudio de la vulnerabilidad de las sociedades ante los riesgos climáticos, el análisis de cómo las sociedades se adaptan a un contexto cambiante y las lecciones se pueden aprender de esta evolución.

La investigación en climatología histórica lleva acumulada una experiencia sólida de casi medio siglo. En estos años, la labor ha sido intensa y sistemática en los países de Europa Central, siendo ejemplos clave los trabajos de Christian Pfister en Suiza, Rudolf Brázdil en la República Checa y Rüdiger Glaser en Alemania. En el ámbito cultural hispánico, también existen trabajos de climatología histórica desde mediados del siglo XX. Sin embargo, el desarrollo de las investigaciones sistemáticas se ha producido durante los últimos años, a partir de los trabajos de María del Rosario Prieto desde 1983 y de la presentación de las tesis doctorales de Mariano Barriendos Vallve y de Fernando Sánchez Rodrigo en el año 1994.

A pesar de los resultados ya alcanzados, estamos ante una especialidad científica cuyas líneas de investigación tienen todavía un gran potencial de aplicación. Ello es especialmente evidente en todos los antiguos reinos y virreinos de la monarquía hispánica a ambos lados del Océano Atlántico. Las grandes dimensiones y la homogeneidad del patrimonio documental del antiguo imperio español y sus colonias, favorecen sin duda el intercambio y comparación de resultados a escala local o regional.

Esta tesis ha pretendido contribuir con su investigación a reavivar el interés por el patrimonio documental hispánico, al realizar un estudio comparado entre el clima histórico en la Cuenca del Segura (España) y la Cuenca del Río Mendoza (Argentina) desde el año 1600. La elección de estos dos lugares, se basa en un pasado común bajo el dominio de la corona española, lo que abre la puerta al hallazgo de documentos análogos auspiciados por una misma administración central. También se fundamenta, en las similitudes climáticas, con predominio de rasgos semiáridos, que ha motivado una adaptación y uso del territorio similar. Estas características han dado lugar a sistemas de riego y tipos de cultivos seculares parecidos, con el común denominador, de una vulnerabilidad y riesgo histórico ante las inundaciones y las sequías muy elevadas, debido a una

alta exposición ante estos fenómenos, surgidas de la necesidad de controlar un recurso natural escaso como el agua.

En relación a esto último, en este trabajo se propone un modelo extrapolable de análisis documental en espacios con fuertes analogías históricas, culturales y ambientales, así como observar posibles cambios climáticos en dos espacios localizados en hemisferios diferentes, aportando un valioso testimonio para la modelización del clima de cara a prever y confirmar nuevos escenarios climáticos.

La validación de este modelo se realiza en las ciudades de mayor entidad en las respectivas áreas de estudio, la ciudad de Murcia en España y la ciudad de Mendoza en Argentina. De esta manera, los resultados de la reconstrucción climática son a escala de cuenca hidrográfica y los referentes al análisis de la vulnerabilidad a escala urbana.

## 2. Objetivos e hipótesis

El objetivo general es realizar la reconstrucción climática de las precipitaciones y temperaturas en la Cuenca del Segura (España) y la cuenca del Río Mendoza (Argentina), mediante documentos históricos, desde el año 1600 hasta la actualidad.

Entre los objetivos específicos destacan: determinar los cambios y variaciones climáticas a lo largo de esos cuatro siglos; estudiar el impacto social, económico y cultural de las variaciones climáticas y las respuestas generadas por la sociedad, en las áreas de estudio; analizar la vulnerabilidad durante los últimos cuatro siglos en las dos áreas de estudio y comparar las reacciones de la población ante eventos catastróficos estudiando una sequía y una inundación de esa naturaleza en cada siglo estudiado; extraer las lecciones que brindan las reacciones ante estos eventos con la certeza de que se reiteran errores a lo largo del tiempo en ocasión de enfrentar fenómenos similares, especialmente cuando se comparte un bagaje cultural, como es en el caso de la Cuenca del Segura y la Cuenca del Río Mendoza; y por último, generar un modelo de estudio de la vulnerabilidad y las demás facetas del riesgo de inundación y sequía, común a los espacios de clima semiárido exportable en tiempo y el espacio.

Para alcanzar estos objetivos, se parte de las siguientes hipótesis:

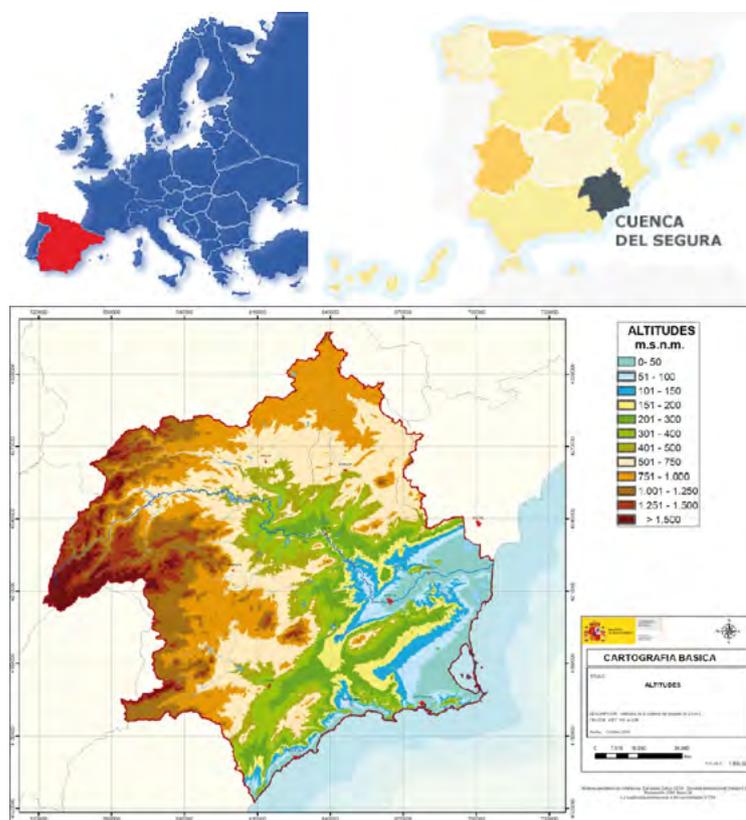
- La homogeneidad documental que posibilita la evolución histórica conjunta de los antiguos reinos y virreinos españoles, junto con las analogías que puedan existir en el comportamiento climático, hacen factible una metodología común para realizar reconstrucciones climáticas termoplumiométricas, en espacios que partiendo de estas premisas, se sitúen en áreas que abarcan toda la extensión del antiguo imperio.
- En las zonas de clima templado-cálido con rasgos áridos y semiáridos, son las precipitaciones y la disponibilidad de agua los factores determinantes para la actividad humana y los que marcan de una forma directa las necesidades de adaptación de las sociedades, facilitando que por medio de técnicas paleoclimáticas de alta resolución, sea posible reconstruir las precipitaciones, pero hace muy dificultoso la de las temperaturas.
- El uso de múltiples proxys documentales, posibilita una metodología de reconstrucción térmica específica para estos ámbitos y ofrecer resultados comparables con lugares donde, son las temperaturas el factor limitante y por lo tanto el que centra las reconstrucciones.

- El bagaje cultural similar y los condicionantes que la escasa disponibilidad de recursos hídricos origina, ha posibilitado formas de aprovechamiento del territorio coincidentes entre la Cuenca del Segura y la cuenca del Río Mendoza, basándose en el uso del riego y en la dualidad que impone el sometimiento a la variabilidad natural del clima, dejando a estas poblaciones expuestas de forma inevitable a las inundaciones en su intento de huir de las sequías. Consecuencias que influyen en que la forma de adaptarse, protegerse y mitigar los riesgos de inundación y sequía en Murcia y Mendoza, sean muy similares, inercia que una vez creada, persiste más allá de la disociación histórica de un lugar con otro, manteniendo comportamientos de defensa y errores comunes.
- El cambio de paradigma hacia un exceso de confianza en las posibilidades que la aplicación de la tecnología disponible ofrece para controlar la naturaleza, ha motivado que se haya producido una progresiva insensibilización en torno al peligro que suponen las inundaciones y sequías. Al mismo tiempo, los intereses económicos y de los grupos de poder, a través del control efectivo de los medios de comunicación, han contribuido a exagerar esta situación, creando entre la población una falsa sensación de seguridad.

### 3. Áreas de estudio y clima

La cuenca del Segura se ubica en el cuadrante suroeste de la Península Ibérica en plena zona templada (Mapa 1). Tiene una superficie de casi 19.000 km<sup>2</sup>, y las altitudes oscilan entre los 0 m.s.n.m. en el sector litoral a algo más de 2.000 en la parte montañosa de cabecera. En cuanto a la población, esta supera levemente los 2 millones de habitantes.

Mapa 1. Localización de la Cuenca del Segura (España)

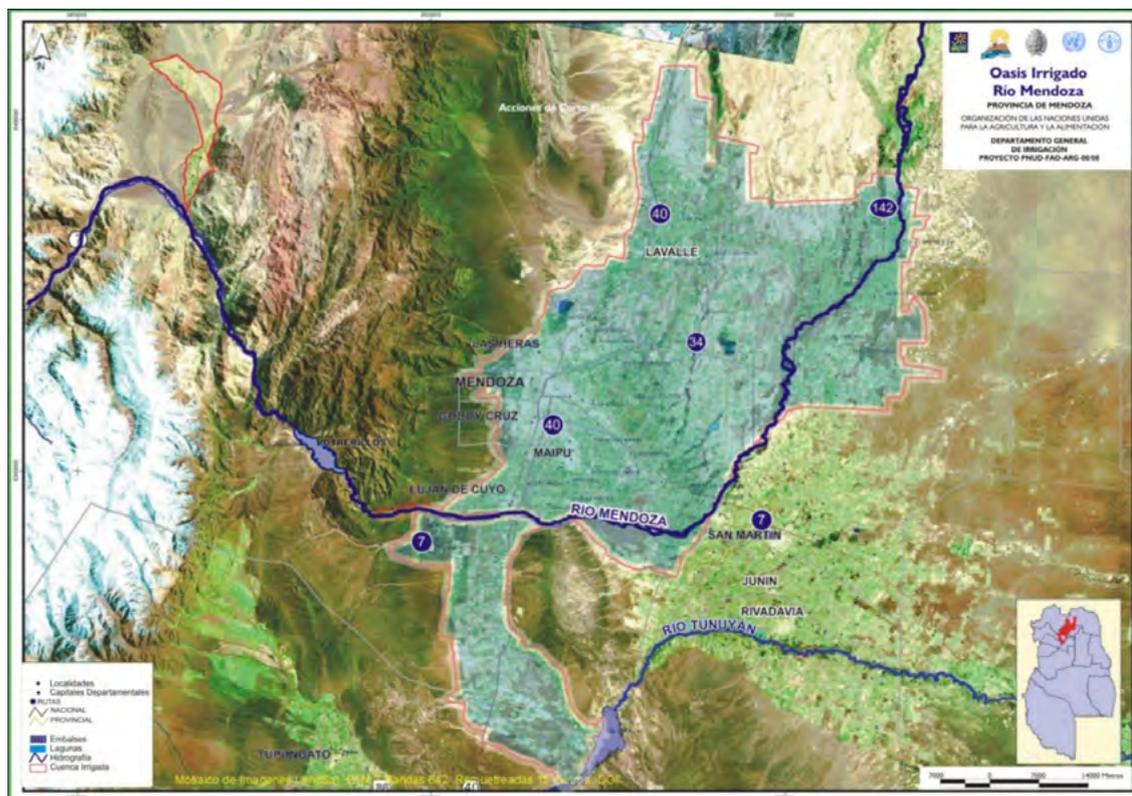


Fuente: Elaboración propia y Web CHS (Confederación Hidrográfica del Segura).



En Mendoza también es factible hablar de área metropolitana. Este espacio, al igual que Murcia se asienta sobre la histórica red de riego perfeccionada por los españoles a partir del siglo XVII, conformando un espacio de algo más de 600 km<sup>2</sup> (Mapa 4) que en conjunto suma casi 1.100.000 habitantes. De esta manera, al igual que Murcia, Mendoza se fundamenta y tiene su razón de ser en el histórico sistema de riego.

Mapa 4. Localización de la ciudad de Mendoza (Cuenca del Río Mendoza).



Fuente: Dirección General de Irrigación (DGI, 2006)

Climáticamente la Cuenca del Segura participa de una unidad climática diferenciada del resto de climas de la Península Ibérica, asociándose a ésta con el Sureste de España, caracterizado por la aridez, la irregularidad de las precipitaciones, la acusada sequía estival, la elevada evapotranspiración y las altas cifras de insolación. Pero es la irregularidad de las precipitaciones la característica más destacable y definitoria del área. Esta situación deja tres zonas de clima diferencial de mayor a menor pluviosidad y de menor a mayor temperatura en la Cuenca del Segura y que son claves para entender la disponibilidad hídrica en el territorio. Por un lado en la zona de cabecera sobresale el clima Mediterráneo subhúmedo de montaña, a continuación un espacio de clima Continental Mediterráneo en la zona media y finalmente un área de clima Mediterráneo Subhúmedo donde se localiza la ciudad de Murcia, entre la zona media y la costa.

Por su parte, Mendoza se encuentra dentro de la zona templada del hemisferio sur. Pero en una posición marginal respecto a la acción del frente polar. Aunque el factor más determinante, es la presencia del imponente cordón montañoso andino, que modifica el resto de factores climáticos, e influye en la escasez e irregularidad de las precipitaciones. Rasgos que homogenizan al área y la identifican con un desierto de clima templado, a excepción de la zona de montaña. Al igual que en la Cuenca del Segura, en Mendoza existen tres dominios climáticos diferenciados y que también presentan una graduación de mayor a menor pluviosidad y de menor a mayor temperatura,

siendo esto clave para entender la disponibilidad hídrica en el territorio. En primer lugar, en el oeste esta la Zona Cordillerana, a continuación se desarrolla una Zona de Transición y finalmente, hacia el este aparece la Zona de Llanura y piedemonte precordillerano, donde se ubica la ciudad de Mendoza y el oasis de riego circundante.

#### 4. Fuentes y metodología

En relación las fuentes empleadas, todos los documentos consultados se han extraído de distintos archivos donde ha sido posible encontrar información sobre las ciudades de Mendoza, Murcia y Caravaca de la Cruz (Región de Murcia). La inclusión de esta última localidad se hace para completar la reconstrucción climática a escala de cuenca.

En la Cuenca del Segura entre el Archivo Municipal de Murcia, el de Caravaca y la Biblioteca Regional (para consulta de periódicos), suman el 95% de las fuentes consultadas. En Mendoza en cambio hay una notable menor documentación disponible, además esta presenta mayor dispersión, lo que hace necesario una mayor movilidad, aunque finalmente, con la consulta en los archivos y hemerotecas provinciales, junto con la consulta a bases de datos online y la información del Archivo General de Indias, se dispone de documentación suficiente para realizar un estudio histórico ambiental.

Fruto de todo el trabajo de trabajo de archivo, se han consultado casi 300.000 hojas de documentos (Cuadro 1). En este aspecto es necesario agradecer la aportación de material de Mariano Barriendos Vallvé para la ciudad de Murcia y de María del Rosario Prieto para la ciudad de Mendoza.

Cuadro 1. Documentación consultada por ubicación y tipo en las áreas de estudio.

	MURCIA		CARAVACA		MENDOZA		TOTAL	
	Hojas	%	Hojas	%	Hojas	%	Hojas	%
Actas Capitulares	111.858	63,90	30.269	100,00	5.000	6,49	147.291	52,13
Legajos y otros	10.548	6,03			18.000	23,36	28.554	10,11
Periódicos	43.890	25,07			29.080	37,75	72.995	25,83
Libros antiguos	8.752	5,00			24.960	32,40	33.717	11,93
% SubTOTAL	61,95		10,71		27,27		100,00	
TOTAL	175.048	100,00	30.269	100,00	77.040	100,00	282.557	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la reconstrucción de las series termopluviométricas, es necesario emplear diversas técnicas a fin de pasar los datos cualitativos obtenidos en el periodo de consulta a las fuentes históricas, a series de datos proxy cuantitativos.

Pero antes de esto es necesario disponer unas series instrumentales con las que calibrar los datos reconstruidos. Lo cual hace necesario la aplicación de otro tipo de técnicas a fin de que la serie real de precipitaciones y temperaturas sea lo más fiable posible.

En este sentido, lo primero es proceder al relleno de las posibles lagunas que puedan existir en los datos. Para esto se aplica el método del “criterio de las diferencias” (Gil Guirado & López Bermúdez, 2011). En segundo lugar se pasa a homogeneizar las series a fin de detectar posibles los “outliers” o datos fuera de rango.

En el caso de las precipitaciones los posibles outliers son aquellos valores mayores que el tercer cuartil más tres veces el recorrido intercuartílico (Trenberth & Paolino, 1980). Para las temperaturas el posible outliers, es aquel dato por encima de la media más tres veces la desviación típica o por debajo de la media menos tres desviaciones típicas (Easterling et al., 1997).

Tras la aplicación de estas técnicas se dispone de registros continuos de precipitaciones en Murcia desde 1863 y en Mendoza desde 1892. En el caso de las temperaturas, el periodo de medición comienza en Murcia en 1863 y en Mendoza en 1906.

Una vez se dispone de las series reconstruidas, estas se analizan estadísticamente. En este sentido, el análisis de las series temporales descansa sobre tres pilares: el análisis de tendencias con el Test Man Kendall y el algoritmo AUG (Gedikli, Aksoy & Unal, 2008), la identificación de puntos de ruptura a partir de cuándo se produce un cambio en el comportamiento de los datos y finalmente la identificación de posibles ciclos. En cuanto a las técnicas de reconstrucción. El primer método usado para obtener series de proxy-data, es el análisis de contenido (Prieto et al., 2005).

Esta es una de las técnicas más apropiadas para homogeneizar la información cualitativa recopilada y transfórmala en valores cuantitativos. Es una metodología de investigación usada para identificar el sentido y la intencionalidad que subyace en todo relato escrito. De esta manera, el objetivo aplicado a este trabajo, ha sido parametrizar la información climático-ambiental extraída de la documentación histórica.

El primer paso es realizar un preanálisis y lectura detallada de los tipos de notas que son susceptibles de contener datos ambientales. Posteriormente, esta información se clasifica temporalmente y en función de que haga referencia a algunos de los siguientes fenómenos: Sequía; Lluvia; Tormentas y tempestades; Granizo; Frío; Calor; Inundaciones y aluviones; aguas bajas; cosechas; abastecimiento de carne; nevadas o espesor de capa nívea; y otros proxys (epidemias y plagas).

Después se pasa a la fase de codificación y análisis de los resultados. Para esto se elabora un libro de códigos en el cual cada expresión se codifica y se le asigna una intensidad específica en relación al fenómeno que describe.

Otra técnica empleada se basa en la relación entre las rogativas religiosas y la situación climática, siguiendo la metodología propuesta por Barriendos y Martín-Vide (1996).

La religiosidad secular de la sociedad murciana, hacía que se hicieran peticiones religiosas por todo tipo de situaciones adversas. Aunque sin duda eran las rogativas pro-pluvia, destinadas a pedir el cese de las lluvias y sobre todo las rogativas pro-serenitate, para implorar lluvias, las más numerosas. Hasta el punto de alcanzar un nivel de institucionalización que integraba a todas las autoridades locales y que permite diferenciar distintos niveles de intensidad en las lluvias o las sequías en función del tipo de ceremonia realizado. Esto posibilita establecer cinco categorías diferenciadas para las rogativas pro-pluvia que informan de la mayor o menor intensidad de las sequías y también cinco categorías para las rogativas pro-serenita que informa de una mayor o menor intensidad de las precipitaciones (Imagen 1).

Imagen 1. Niveles de intensidad diferenciados por el método de las rogativas.

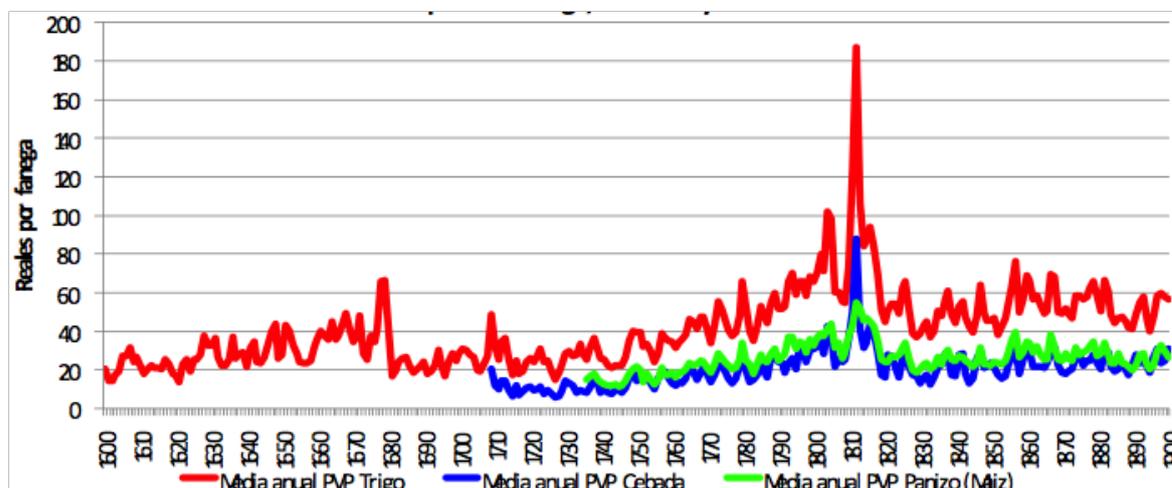


Fuente: Elaboración propia.

El tercer método usado está basado en los precios de los cereales y la estrecha relación de estos con las condiciones climáticas en un momento concreto. Sin embargo, los factores no climáticos introducen mucho ruido y generan subidas de precios por causas no ambientales, por lo que es necesario extraer ese ruido. Para esto se homogeneizan las series de precios aplicando una metodología basada en las mismas técnicas usadas con las series de precipitación y temperatura instrumentales.

Una vez se tienen las series homogeneizadas, se pasan a normalizar los valores para contrarrestar el efecto de la inflación. De esta manera, en los resultados finales para los precios de los cereales, se puede observar como la serie está sin tendencia, pero aun conserva las características propias de los cambios interanuales o interestacionales (Gráfico 1).

Gráfico 1. Niveles del precio real del trigo, la cebada y el maíz en Murcia.



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente metodología se fundamenta en el hecho de que en las áreas de estudio la torrencialidad del ritmo pluviométrico, incide en que los episodios lluviosos que generan inundaciones, supongan una parte importante de las precipitaciones. Pudiendo darse el caso de que un solo episodio de lluvia represente hasta el 50% del total anual. Todo esto hace que exista una alta correlación entre las inundaciones y las lluvias.

Para establecer este indicador como un proxy es necesario realizar una clasificación de las inundaciones en función de la fecha del año y una categorización en función de la intensidad del evento. Distinguiendo entre tres niveles de menor a mayor intensidad (Barriendos, Peña & Martín Vide, 1998): 1. Riada ordinaria; 2. Riada extraordinaria; y 3. Riada catastrófica.

Finalmente para cada estación del año y para el total anual, se suma cada evento detectado en función de su nivel de intensidad.

Por último, el trabajo realizado ha permitido proponer una nueva metodología para la obtención de series de proxy, el Método Porcentual del Coste de Oportunidad (MPCO).

Se trata de una técnica que ofrece resultados comparables con el análisis de contenido puesto que en cierta forma se basa en el discurso, pero no en cuanto a su fondo o contenido lingüístico, si no en cuanto a su cantidad. El único requisito es la disponibilidad de una misma fuente de información continuada en el tiempo, y que dicha información sea de carácter oficial o en donde el uso del discurso escrito tenga un cierto límite, determinado por la necesidad de ajustarse a espacio acotado o que excederse conlleve unos costes económicos crecientes, por lo que hacer referencia a una determinada cuestión tenga un coste de oportunidad de no dedicar ese espacio a otro asunto. La principal fuente de homogenización en este sentido, son las Actas Capitulares ya que vienen limitadas por la fiscalidad impuesta por el estado central a través del uso del papel sellado.

En este caso los indicadores elegidos para su cuantificación son los mismos que para el análisis de contenido, a los que se han añadido otros con el objetivo de desenmarañar la vulnerabilidad, por lo que también es un método previsiblemente efectivo para cuantificar la evolución de la vulnerabilidad.

Para la cuantificación de cada indicador, se tiene en cuenta que las actas capitulares seguían una estructura fija, con un título seguido del tratamiento de los asuntos de interés y finalmente la firma de los asistentes a la reunión. Aquí se contabiliza únicamente el porcentaje de cada hoja ocupado por la noticia en sí, pero si la reunión versa solamente sobre un único tema considerado como un indicador por el método, se contabilizan todas las hojas, puesto que el objetivo de dicha reunión ha sido tratar ese asunto y de no haber sido así no se habría realizado y por lo tanto no se habría consumido ese papel. Con estos criterios cada 100% supone que una hoja completa trata sobre un asunto en cuestión. Finalmente se suman todos los porcentajes para cada indicador y conociendo el total de hojas por un espacio de tiempo concreto (meses, estaciones y años), se puede saber en qué porcentaje se habló de cada indicador durante el tiempo considerado. Este método se ha puesto en práctica con las Actas Capitulares de Caravaca en donde los resultados son comparables con los obtenidos por el método de análisis de contenido, ofreciendo incluso mejores correlaciones con la serie instrumental.

Una vez se dispone de series de proxys y para proceder a calibrar estos datos con los valores instrumentales de precipitación y temperatura, es necesario aplicar una serie de técnicas estadísticas.

La generación de las series reconstruidas se realiza mediante modelos de regresión, que son técnicas estadísticas que sirven para identificar y cuantificar la relación entre una variable que se quiere predecir, (variable dependiente, en este caso las precipitaciones y temperaturas) y una o más variables de las que depende la primera (variables independientes, en este caso serían las series de proxy obtenidas).

Por lo tanto, para proceder a la calibración es necesario disponer de series de variables independientes (en este caso proxy-datas) que comiencen al principio del periodo estudiado (el año 1600 en este caso) y que tengan un periodo de solapamiento o calibración con la variable independiente (en este caso precipitación y temperaturas). Para este trabajo los periodos de solapamiento disponibles, por lo general, son aceptables.

Las técnicas de regresión usadas son la regresión lineal múltiple y la regresión logística multinomial. La regresión lineal múltiple es la técnica de mayor difusión en los estudios paleoclimáticos, su objetivo es estudiar la relación entre una variable dependiente y varias independientes. Por su parte, la regresión logística es inédita para los estudios paleoclimáticos y su objetivo es predecir la probabilidad de pertenencia de un sujeto o valor de la variable dependiente a una categoría determinada, en función de las características definidas de las variables independientes. Esto hace que sea necesario que la variable dependiente, venga establecida en categorías.

## 5. Discusión y resultados

Los resultados finales de la reconstrucción suponen una serie continua de precipitación y temperatura de 410 años. Por su parte el análisis de los riesgos de inundación y sequía ha posibilitado generar uno de los primeros modelos globales de estudio de la vulnerabilidad ante este tipo de eventos, aplicable en distintos espacios y épocas.

### 5.1. Cuatro siglos de precipitación y temperaturas en las áreas de estudio

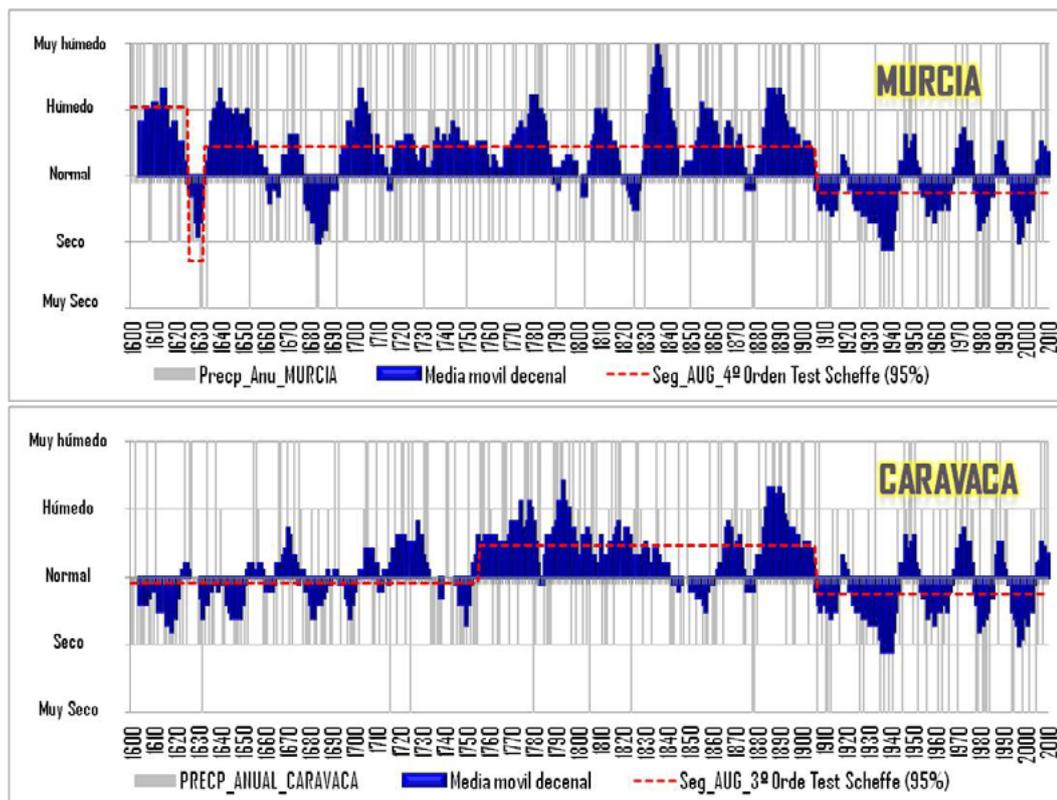
En relación a las precipitaciones anuales en la Cuenca del Segura, es evidente un periodo seco entre 1620 y 1630 y otro durante el cuarto final de ese mismo siglo en pleno Mínimo de Maunder. Entre los ciclos húmedos sobresale el periodo entre 1760 y 1800, a consecuencia de la anomalía Maldá caracterizada por una mayor variabilidad pluviométrica, pero sobre todo por la mayor recurrencia de inundaciones extraordinarias tal y como señalan Barriendos & Llasat (2009). Sin embargo, es especialmente intensa la anomalía positiva de la segunda mitad del siglo XIX, rasgo característico de la fase final de la PEH en las tierras mediterráneas peninsulares (Sánchez Rodrigo y Barriendos, 2008). A partir de ese momento aumenta la variabilidad, con alternancia de ciclos secos y húmedos, aunque por lo general, dominan los periodos secos con una intensidad sin precedentes, al menos en los últimos cuatro siglos (Gráfico 2).

Durante los inviernos, a grandes rasgos, las precipitaciones presentan la misma variabilidad que los valores anuales en las dos áreas de estudio. Durante la primavera, entre el año 1750 y 1900 se desarrolla un periodo de primaveras húmedas, a partir de ese momento se produce un cambio, empezando a dominar los valores secos. Los veranos entre 1600 y 1900 son por lo general húmedos, aunque en Caravaca el siglo XVII puede considerarse seco. Después sigue un periodo de veranos secos entre 1900 y 1960 y el periodo reciente, cuando los veranos son entre normales y húmedos. Por último el comportamiento pluviométrico otoñal evidencia de manera general, que los otoños hasta 1920 eran más húmedos que los actuales en la Cuenca del Segura.

En cuanto a las precipitaciones anuales en la Cuenca del Río Mendoza. En general, los años son secos o muy secos hasta el gran salto ocurrido entre los años cuarenta y setenta del pasado siglo, cuando las precipitaciones aumentaron de forma notable. Informando de que la anomalía pluviométrica reciente supone una situación nueva para Mendoza al menos desde el año 1600 (Gráfico 3). Villalba y otros (1998) señalan la posible relación entre estos cambios y el aumento

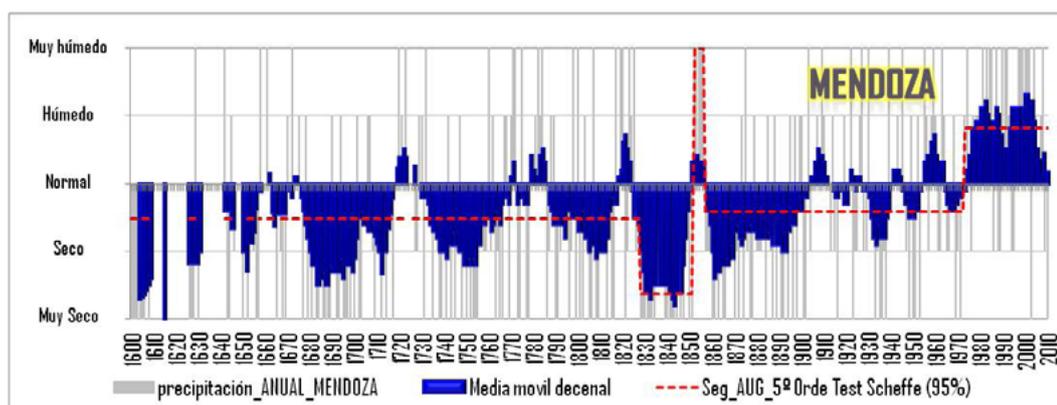
de las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen antrópico. Por su parte Labraga y Villalba (2009), señalan que este aumento de las precipitaciones repercute en el incremento de las precipitaciones de alta intensidad horaria.

Gráfico 2: Precipitaciones anuales reconstruidas en la Cuenca del Segura. 1600-2010.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3: Precipitaciones anuales reconstruidas en la Cuenca del Río Mendoza. 1600-2010.



Fuente: Elaboración propia.

Los inviernos también presentan un comportamiento similar a los valores anuales en la Cuenca del Río Mendoza. Los modelos de regresión primaverales no presentaban ajustes aceptables y por lo tanto no ha sido factible proceder a la reconstrucción en esta estación. Por otro lado, y en consonancia con los valores anuales, los veranos son secos hasta el cambio producido en los años

setenta. Durante el otoño, al igual que en el resto de estaciones, también se produce un salto hacia valores más húmedos, en este caso en los pasados años 90.

Estadísticamente esta variabilidad señalada en las áreas de estudio, informa de unas claras tendencias pluviométricas a la baja en Murcia y al alza en Mendoza. Estas tendencias se manifiestan a través de momentos en donde se produce un cambio en el comportamiento de los valores. En la Cuenca del Segura los principales momentos de cambio detectados se producen entre 1896 y 1908. En Mendoza por su parte, tienen lugar dos momentos de cambio importantes y siempre hacia condiciones más húmedas. El primero en 1854 y en segundo en la década de los pasados años 50.

Por otra parte son evidentes diversos ciclos con distinta periodicidad. Entre los principales ciclos pluviométricos detectados en la Cuenca del Segura destacan las periodicidades en torno a los 10-12 años relacionadas con la actividad solar y entre los 4 y 9 años, asociados en este caso a la ciclicidad de la NAO (Oscilación del Atlántico Norte) y también a la recurrencia de la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WEMOi) (Martin-Vide & Lopez-Bustins, 2006: 1472).

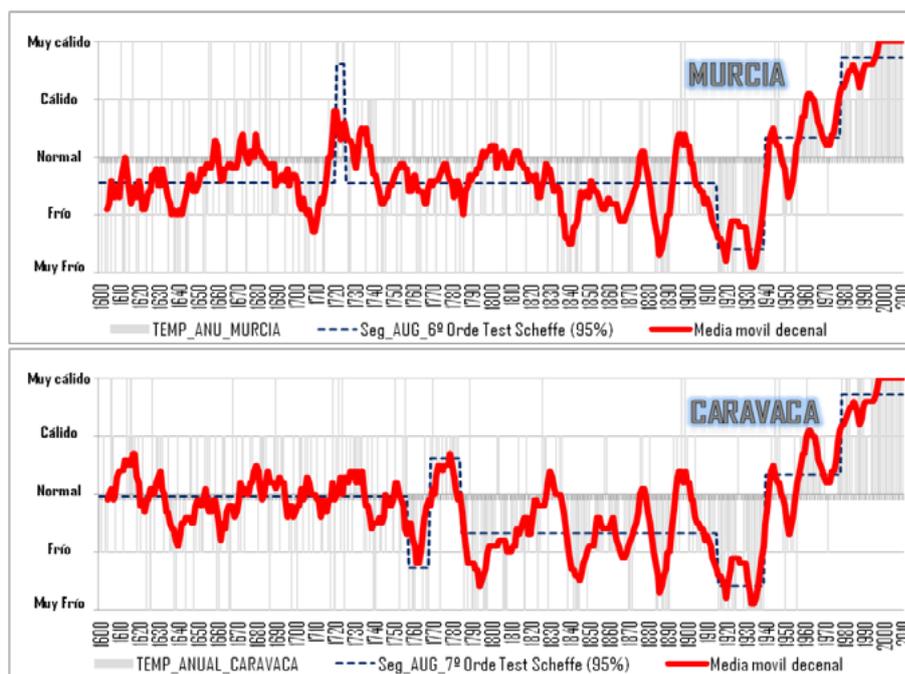
En Mendoza, destacan los ciclos con una recurrencia comprendida entre los 5 y 9 años, que Compagnucci, Agosta y Vargas (2002) y Prieto y otros, 2001 asocian a la variabilidad del ENSO (El Niño-Southern Oscillation). Otra fase muy recurrente ligada a la actividad solar tiene lugar cada 10,5 y 12 años.

Se pasan ahora a señalar los principales resultados obtenidos en la reconstrucción de las temperaturas.

Respecto a la Cuenca del Segura, las temperaturas anuales evidencian distintas pulsaciones frías durante el siglo XVII, asociadas al impacto del Mínimo de Maunder. Pero son los cien años que van de 1840 a 1940, los más fríos en todo el periodo de estudio. Es este el periodo de mayor incidencia de la PEH en el sureste peninsular. A partir de este momento se produce un fuerte incremento térmico, que se hace máximo al final de los pasados años ochenta, a partir de cuándo casi todos los años son considerados muy cálidos, algo sin precedentes durante al menos los últimos 410 años (Gráfico 4).

En los inviernos de la Cuenca del Segura es donde los periodos fríos característicos de la PEH tienen una mayor incidencia por su intensidad y duración. En general, en las dos localidades (sobre todo en Murcia), los valores oscilan entre muy fríos, fríos o normales, con anterioridad a 1950, momento a partir del cual se produce un cambio brusco hacia inviernos cálidos y muy cálidos. Es importante señalar que entre 1600 y el año 1650 por lo general, dominan los inviernos fríos y muy fríos. Este periodo cabe denominarlo la “anomalía de los pozos de la nieve” por su relación con el aumento, comercio y construcción de este tipo de obras, en áreas donde a día de hoy las nevadas son testimoniales.

Gráfico 4: Temperaturas anuales reconstruidas en la Cuenca del Segura. 1600-2010.



Fuente: Elaboración propia.

Las primaveras segureñas, son por lo general, normales aunque muy variables hasta 1800, a partir de ese momento se produce un periodo frío que se prolonga hasta 1940, momento a partir del cual las primaveras se vuelven muy cálidas. En cuanto a los veranos, estos presentan una variabilidad similar a las primaveras. Los modelos otoñales presentan bajos ajustes por lo que no ha sido posible proceder a la reconstrucción tanto en la Cuenca del Segura como en la del Río Mendoza.

En las temperaturas anuales en Mendoza, sobresale un periodo frío a mediados del siglo XVII, achacable a la PEH y señalado por Prieto (1983). En cambio entre 1710 y 1730 abundan los años cálidos. Sin embargo, lo más destacable es que a partir de 1950 los valores se normalizan y a partir de 1975 comienzan a ser más frecuentes los años cálidos.

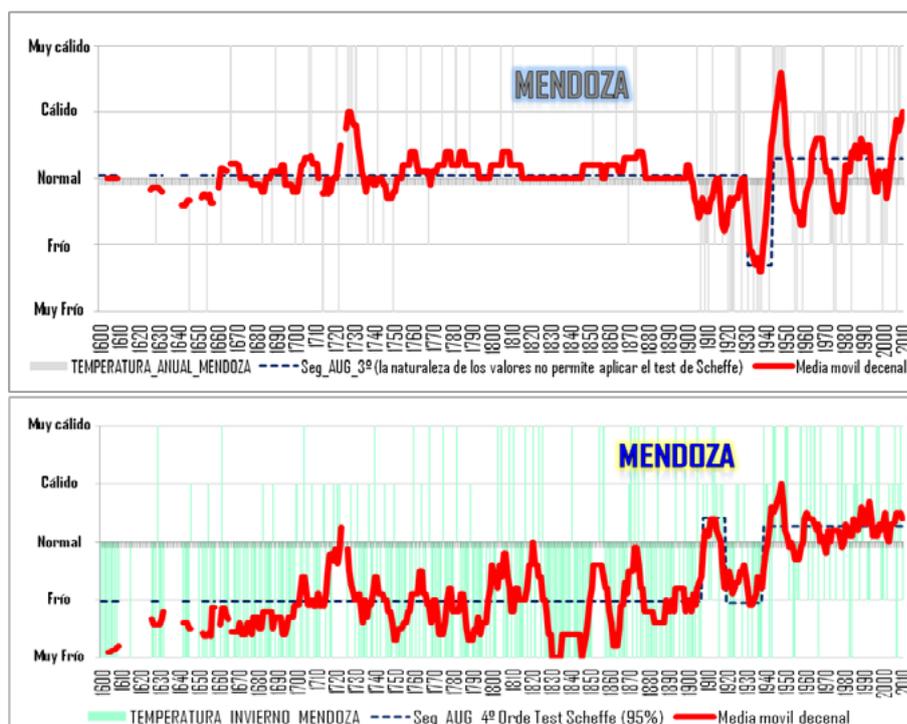
En cualquier caso, el moderado ajuste de los modelos de regresión anual para esta localización, hace necesario considerar como más acertados los resultados durante el invierno. En esta estación, el siglo XVII es muy frío, tal y como corroboran estudios dendroclimáticos realizados por Villalba (Villalba, 1990 y Villalba et al., 2003), consecuencia de la PEH. En líneas generales el siglo XVIII es entre normal y frío y el XIX es incluso más frío que el XVII. A partir de los pasados años cuarenta, las temperaturas invernales se instalan entre los valores normales siendo cada vez más frecuentes los valores cálidos o muy cálidos (Gráfico 5).

Para las primaveras, al igual que con las precipitaciones los valores no se han podido reconstruir por los bajos ajuste en los modelos de regresión. Por su parte los veranos mendocinos, a excepción de periodos cortos, son entre normales y fríos hasta el salto térmico hacia valores cálidos que se produce en los pasados años 30.

En cuanto al análisis temporal de los resultados térmicos, las tendencias detectadas presentan un generalizado y claro sesgo alcista de la mano de la fase de calentamiento iniciada en la segunda mitad del pasado ciclo, tanto en la Cuenca del Segura como en la del Río Mendoza. Este sesgo

se manifiesta a través de puntos de ruptura. Entre los puntos de cambio brusco detectados destacan los años 1939 y 1954 en la Cuenca del Segura, en línea con el calentamiento de otras áreas peninsulares (Castro, Martín-Vide y Alonso, 2005). En Mendoza, es importante a este respecto, la primera década del siglo pasado y el año 1924. En cuanto a los ciclos temporales detectados, estos son los mismos que en las precipitaciones y por lo tanto se explican por los mismos motivos.

Gráfico 5: Temperaturas anuales e invernales reconstruidas en la Cuenca del Segura. 1600-2010.



Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Evolución de la vulnerabilidad y del contexto ecosocial ante las inundaciones y las sequías en las áreas de estudio.

Para la medición de la vulnerabilidad ante las inundaciones y sequías, se propone un método propio que permite la comparación entre espacios y épocas. El índice experimental global de vulnerabilidad general y contextualización ecosocial (IEGVGe).

Los objetivos de esta técnica son: Realizar estudios de vulnerabilidad comparables entre diversos espacios y épocas a través de una misma metodología; Analizar el contexto social y el manejo sociopolítico de las sequías e inundaciones a través de la percepción de los actores implicados; e identificar los cambios en los sistemas de relación hombre-naturaleza.

El índice se basa en la categorización de la información documental encontrada para cada evento a estudiar en indicadores divididos en distintos grupos y subgrupos, cada uno de los cuales hace referencia a una faceta distinta de los parámetros que intervienen en los procesos de inundación y sequía. En total se contabilizan 166 indicadores, algunos de ellos específicos de las sequías y otros de las inundaciones.

Los distintos grupos y subgrupos considerados son los siguientes:

- *Grupo gestión de la catástrofe*: notas y consideraciones en relación al evento, que hacen referencia a la gestión inmediata de la propia emergencia.
- *Grupo amenaza o peligrosidad*: hace referencia a las cuestiones específicamente relacionadas con el fenómeno atmosférico y ambiental propiamente dicho.
- Grupo marco sociopolítico (compuesto por los subgrupos: actor social implicado o afectado; usos afectados; agentes responsabilizados; y causas generales): información acerca de los actores sociales afectados, o a quienes se les atribuye la responsabilidad del evento. La consideración diferencial de los distintos subgrupos, informa de manera indirecta de la vulnerabilidad ideológica, cultural, educativa, institucional y política (Wilches-Chaux, 1993), y por lo tanto, informan del contexto sociopolítico durante cada evento.
- *Grupo vulnerabilidad global (compuesto por los subgrupos: vulnerabilidad biofísica y vulnerabilidad social)*: este grupo informa de la vulnerabilidad global propiamente dicha. Considera por un lado la vulnerabilidad biofísica, entendida como las afecciones que el desastre ha originado al territorio tanto en sus elementos naturales, como antrópicos; y por otro, la vulnerabilidad social, un cajón de sastre que incluye un conjunto de indicadores que informan del grado de afección del evento al medio social, de forma directa o indirecta.
- *Grupo resiliencia (compuesto de los subgrupos: propuestas de superación y medidas que se ponen en práctica)*: estos indicadores recogen las estrategias seguidas para una mitigación y evasión de la vulnerabilidad, de cara a mejorar la preparación ante posibles nuevas catástrofes. Aquí, la idea de resiliencia gira en torno a las medidas propuestas o puestas en práctica para que el fenómeno no se vuelva a repetir, ofreciendo un sistema mejor adaptado a la situación ambiental. Se identifican indicadores, diferenciando si estas medidas son sólo propuestas o por el contrario comienzan a ponerse en práctica.

La forma de proceder de esta metodología se basa en el análisis de contenido. Aquí se parte de la clasificación dentro de los indicadores mencionados de cada noticia relacionada directa o indirectamente con el evento a estudiar. Sumando el total de veces que cada una de las noticias alude a los distintos indicadores, clasificados estos en los anteriores grupos o subgrupos. Dentro de los cuales cada una de estas variables tiene un peso porcentual sobre el total de ese grupo. A su vez, en cada subgrupo se considera el porcentaje total que el conjunto de sus indicadores supone sobre el total del evento. De esta forma a través de un valor comparable como son los porcentajes se puede analizar la evolución entre eventos y comparar entre espacios.

Para ofrecer un panorama evolutivo y comparable de la vulnerabilidad en las dos áreas de estudio, se aplica el IEGVGes a 16 eventos (8 en la Cuenca del Segura y 8 en la Cuenca del Río Mendoza) (Cuadro 2): 8 para las sequías en la Cuenca del Segura y la Cuenca del Río Mendoza y 8 para las inundaciones en Murcia y Mendoza.

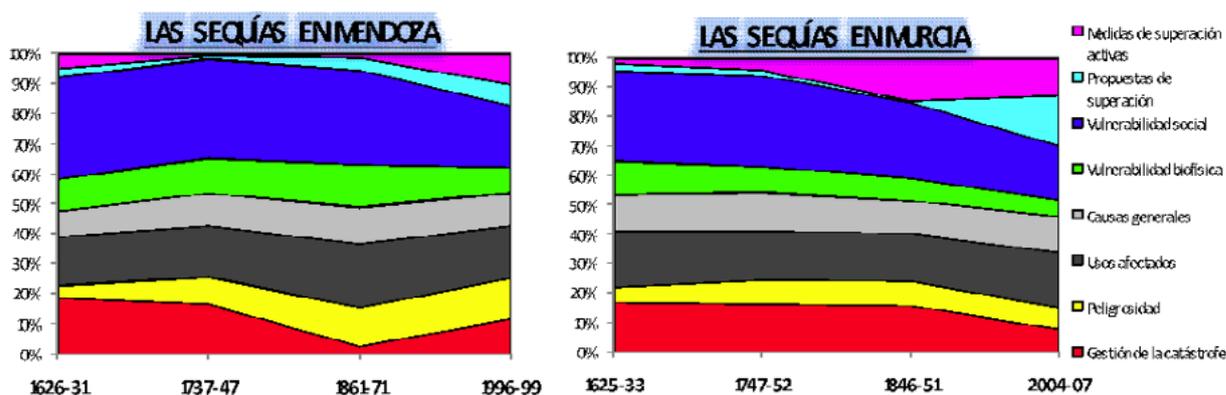
Cuadro 2: Inundaciones y sequías estudiadas en las áreas de estudio.

Fecha	MURCIA		MENDOZA	
	Inundaciones	Sequías	Inundaciones	Sequías
s. XVI	11 octubre de 1551 (Riada de San Calixto)	De 1525 a 1532	11 de abril de 1662	De 1526 a 1531
s. XVII	6 septiembre de 1733 (Riada de Ntra. Sra. de los Reyes)	De 1747 a 1751	Inundaciones entre 1758 y 1782	De 1737 a 1747
s. XIX	11 de octubre de 1879 (Riada de Santa Teresa)	De 1846 a 1850	8 de enero de 1895	De 1861a 1871
s. XX-XXI	28 de septiembre de 2012 (Riada de San Wenceslao)	De 2004 a 2007	8 de febrero de 2005	De 1996 a 1999

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los resultados obtenidos en relación a las sequías, en la evolución de los indicadores generales del IEGVGes lo más destacable es que a pesar de los cambios sociales y tecnológicos que se han producido en los últimos cuatro siglos, el marco general ante las sequías no ha cambiado excesivamente y a pesar de las diferencias entre los espacios de estudio, siguen persistiendo viejas costumbres y permanecen analogías derivadas del pasado común. No obstante, las mejoras han dado lugar a una progresiva reducción de la vulnerabilidad global desde el siglo XVIII, especialmente significativa en Murcia. En Mendoza lo más destacable es que las seculares deficiencias en infraestructuras no se han visto solucionadas al mismo ritmo que aumentaba la exposición (Gráfico 6).

Gráfico 6: Evolución de los parámetros del IEGVGes para las sequías en las áreas de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la vulnerabilidad biofísica, la evolución muestra que los problemas agropecuarios han sido y siguen siendo las principales afecciones territoriales de las sequías. Por otro lado, es destacable que la contrapartida de la modernidad, ha sido el incremento de los problemas medioambientales y la sobreexplotación de recursos hídricos, los cuales han aumentado mucho en Murcia desde el siglo XIX.

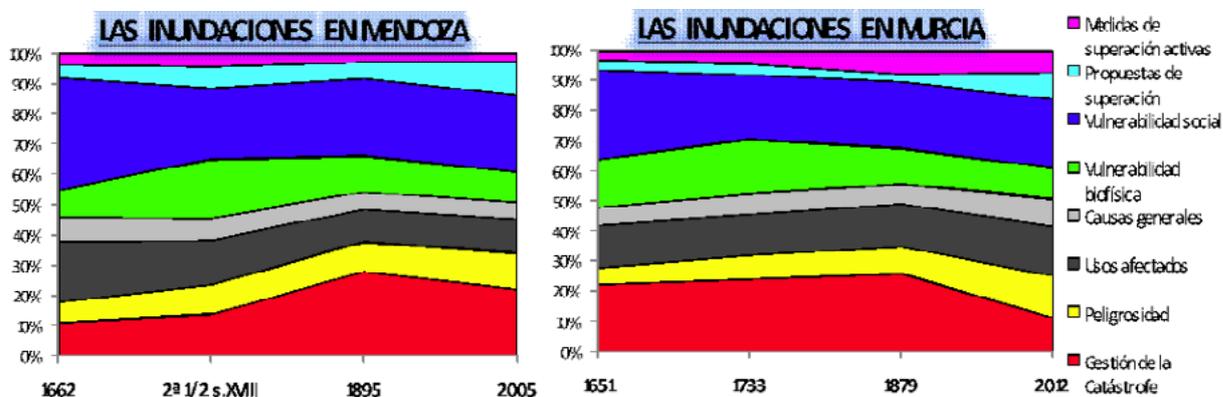
Respecto a la evolución de la vulnerabilidad social, lo más destacable es que la seguridad alimentaria se ha cubierto en las dos áreas de estudio. Aunque en Mendoza, se arrastran problemas sociales que evidencian una alta desigualdad que da lugar a que persistan algunos problemas alimentarios y sanitarios. En Murcia por su parte, la mayor presión sobre el territorio, y sobre todo, el uso partidista que se ha hecho de las sequías, incide en un gran incremento de la conflictividad social. Esto último es para la vulnerabilidad social, la contrapartida de la modernidad, mostrando una creciente vulnerabilidad política.

En el caso de las inundaciones la evolución de los indicadores generales del IEGVGes para las inundaciones, permite validar la hipótesis de una vulnerabilidad, resiliencia, gestión y marco sociopolítico de las inundaciones similar entre dos espacios con un pasado y un escenario ambiental análogo.

La vulnerabilidad global, a pesar de haber descendido, sigue siendo alta, especialmente en Mendoza, donde aun se arrastran muchas deficiencias en los sistemas de defensa y una importante desigualdad social. En Murcia, al igual que en las sequías, el cambio comienza a producirse a partir del S. XVIII, merced a la mejora en las infraestructuras y de las propuestas y medidas activas de adaptación, lo que incide en una reducción de la vulnerabilidad biofísica. Respecto a la social,

esta sigue siendo elevada, porque las mejoras en el sistema no han evitado que sigan produciéndose víctimas fatales después de más de cuatro siglos (Gráfico 7).

Gráfico 7: Evolución de los parámetros del IEGVGes para las inundaciones en las áreas de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

La evolución de los distintos indicadores de vulnerabilidad biofísica, difiere en las inundaciones respecto a las sequías fundamentalmente por el menor peso de las afecciones agropecuarias. Además, evidencia hechos fundamentales: por un lado, sigue siendo deficiente el estado de las infraestructuras en Mendoza; y por otro, el buen sistema de defensa y riego en Murcia, reduce los daños asociados, al mismo tiempo que el aumento de los bienes expuestos incrementa las afecciones en las comunicaciones y sistema energéticos.

La vulnerabilidad social en cambio, ofrece un panorama más complejo y poco halagüeño atendiendo a las posibilidades de mejora a corto plazo. Lo más importante es que los muertos y heridos tienen una importancia creciente, no en cuanto al número de fallecidos, los cuales se reducen, sino en cuanto a la importancia que a estos se les da atendiendo a las posibilidades técnicas actuales.

## 6. Conclusiones

En cuanto a la reconstrucción termopluviométrica, las fuentes documentales consultadas ofrecen grandes posibilidades para la elaboración de reconstrucciones paleoclimáticas con una metodología común, realizando para ello estudios multiproxy. A este respecto el método de análisis de contenido muestra una enorme potencialidad para realizar estudios comparables de clima histórico en los reinos y virreinos del antiguo imperio español a uno y otro lado del Atlántico. Esta gran potencialidad, posibilita emprender grandes proyectos internacionales sobre un espacio de más de veinte millones de kilómetros cuadrados, a lo largo de prácticamente toda la secuencia de climas de la tierra.

No obstante, una de las principales novedades la supone el empleo por primera vez de la regresión logística multinomial en paleoclimatología, mostrando una gran validez para reconstruir las precipitaciones y también temperaturas. Una de las principales ventajas metodológicas es que se establecen tantos rangos de la variable dependiente como considere el investigador y los valores pronosticados se predicen siempre dentro de estas categorías, evitando así el problema de los datos fuera de rango que se originan con la regresión lineal.

El uso de la regresión logística multinomial, por otra parte, posibilita la reconstrucción de las temperaturas, algo inédito hasta ahora dentro de los trabajos de climatología histórica en el ámbito mediterráneo y en espacios de clima árido y semiárido. En este sentido, los resultados térmicos muestran unas claras tendencias positivas, en consonancia con la fase reciente de calentamiento global.

En cuanto a las tendencias pluviométricas, en Mendoza se produce un gran aumento de las precipitaciones desde el año 1600 hasta 2010. En Murcia en cambio, a partir de la segunda mitad del siglo XIX tiene lugar una evidente disminución de las precipitaciones. Este cambio es especialmente drástico en los inviernos y el otoño, lo que supone un nuevo escenario al que tendrán que adaptarse las especies vegetales y las actividades agrícolas.

En relación al análisis de la vulnerabilidad, el primer hecho destacable es que los problemas metodológicos en su estudio enmascaran la realidad del problema y dificultan una protección proactiva, evidenciando la dificultad de los estudios en los que participan sistemas adaptativos socioecológicos complejos. Los impedimentos son aún mayores teniendo en cuenta que dentro de estos sistemas, se producen flujos y relaciones marcadas por el interés particular de las estructuras de poder, las cuales poseen posturas y decisiones sesgadas e impredecibles, siendo esto de difícil cuantificación a través de un indicador.

Para trascender de estos problemas y ofrecer unas consideraciones con una aplicabilidad factible a nivel territorial y social, se propone el IEGVGes, que muestra posibilidades de aplicación global y evidencia la necesidad de considerar las cuestiones históricas en la planificación ante el cambio global y los riesgos naturales.

Respecto a los resultados que ofrece la aplicación del IEGVGes en las áreas de estudio, la evolución de la vulnerabilidad y del contexto sociopolítico ante las sequías e inundaciones evidencia analogías entre las áreas de estudio, las inercias adquiridas y los relativos pocos avances que el conocimiento actual en la materia podría haber posibilitado. De esta manera, la gestión reciente de las sequías evidencia una mayor vulnerabilidad política en Murcia y un deficiente uso de los recursos en Mendoza.

En la vulnerabilidad a las inundaciones el conocimiento de los errores recurrentes desde 1600 hasta la actualidad, es el primer paso para solucionarlos. En este sentido, la falta de prevención y la ausencia de regulación efectiva en la planificación urbana presente, desencadenan la creación de nuevos espacios en riesgo. Es destacable y preocupante, el hecho de que se produce siempre un desfase en la planificación entre la zona vulnerable y la zona de prioridad de defensa. Así, desde que el hombre posee capacidad para regular los cauces de los ríos, en los casos en que se han tomado soluciones, siempre ha sido por medio de obra dura y exclusivamente en las áreas donde alguna catástrofe hizo demasiado evidentes los problemas y riesgos asociados al peligro.

Otro factor a tener en cuenta se deriva de los problemas asociados las crisis económicas, que también se dejan sentir en la gestión de los eventos y suponen un nuevo factor de vulnerabilidad.

En definitiva las áreas de estudio no han cambiado el paradigma de apropiación del agua y de protección frente al peligro.

## 7. Referencias bibliográficas

- Barriendos, M. & Llasat, C. (2009). El caso de la anomalía “Maldá” en la cuenca mediterránea occidental (1760-1800). Un ejemplo de fuerte variabilidad climática. En Alberola, A.; Olcina Cantos, J. (coord.), *Desastre natural, vida cotidiana y religiosidad popular en la España moderna y contemporánea* (págs. 253-286). Alicante: Universidad de Alicante.
- Barriendos, M. & Martín Vide, J. (1996). El tema recurrente de las sequías. La gran sequía de 1566-1567 en Catalunya. *Desertificación y degradación de suelos en España. Comunicaciones presentadas en las XXV Jornadas Científicas Asociación Meteorológica Española* (págs. 41-43). Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient.
- Barriendos, M., Peña, J. C. & Martín Vide, J. (1998). La calibración instrumental de registros climáticos documentales. Aproximación metodológica a resolución anual para el caso de la precipitación en Barcelona (1521-1989). *Investigaciones Geográficas, N.º 20*, 99-117.
- Castro, M. D., Martín-Vide, J. & Alonso, S. (2005). El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. En J. Moreno (Ed.), *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (págs. 1-64). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Compagnucci, R. H., Agosta, E. A. & Vargas, W. M. (2002). Climatic change and quasi-oscillations in central-west Argentina summer precipitation: main features and coherent behaviour with southern African region. *Climate Dynamics, 18*(5), 421-435.
- Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E. y otros. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science, 277*(5324), 364-367.
- Gedikli, A., Aksoy, H., & Unal, N. E. (2008). Segmentation algorithm for long time series analysis. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 22*(3), 291-302.
- Labraga, J. C. & Villalba, R. (2009). Climate in the Monte Desert: past trends, present conditions, and future projections. *Journal of Arid Environments, 73*(2), 154-163. Martín-Vide, J. & Lopez-Bustins, J. A. (2006). The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology, 26*(11), 1455-1475.
- Prieto, M. R. (1983). El clima de Mendoza durante los siglos XVII y XVIII. *Meteorológica, Vol. XIV, n.º 1 y 2*, 165-173.
- Prieto, M. R., Gallego, D., García-Herrera, R. & Calvo, N. (2005). Deriving wind force terms from nautical reports through content analysis. The Spanish and French cases. *Climatic Change, 73*, 37-55.
- Prieto, M. R., Herrera, R., Castrillejo, T. & Dussel, P. (2001). Variaciones climáticas recientes y disponibilidad hídrica en los Andes Centrales Argentino-chilenos (1885-1996). El uso de datos periodísticos para la reconstitución del clima. *Meteorológica, V. 25, N.º 1 y 2*, 27-43.
- Sanchez Rodrigo, F. & Barriendos, M. (2008). Reconstruction of seasonal and annual rainfall variability in the Iberian peninsula (16th–20th centuries) from documentary data. *Global Planet. Change, 63*(2–3), 243-257.
- Trenberth, K. E. & Paolino, D. A. (1980). The Northern Hemisphere sea-level pressure data set: Trends, errors and discontinuities. *Monthly Weather Review, 108*(7), 855-872.
- Villalba, R. (1990). Climatic fluctuations in northern Patagonia during the last 1000 years as inferred from tree-ring records. *Quaternary Research, 34*(3), 346-360.
- Villalba, R., Grau, H. R., Boninsegna, J. A., Jacoby, G. C. & Ripalta, A. (1998). Tree-ring evidence for long-term precipitation changes in subtropical South America. *International Journal of Climatology, 18*(13), 1463-1478.
- Villalba, R., Lara, A., Boninsegna, J. A., Masiokas, M., Delgado, S., Aravena, J. C. y otros. (2003). Large-scale temperature changes across the southern Andes: 20th-century variations in the context of the past 400 years. *Climatic change, 59*(1), 177-232.
- Gil Guirado, S., & Lopez Bermudez, F. (2011). Tendencia de las precipitaciones y temperaturas en una pequeña cuenca fluvial del sureste peninsular semiárido. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, N.º. 56*, 349-371.
- Santos, M. (2002). *El presente como espacio. México. Biblioteca básica de geografía*. México: Biblioteca básica de geografía. Serie traducciones 1. Sistema Universidad Abierta. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Autónoma de México.
- Welzer, H. (2011). *Guerras climáticas. Por qué mataremos (y nos matarán) en el siglo XXI*. Buenos Aires: Katz Editores.
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. En A. Maskrey, *Los desastres no son naturales* (págs. 9–50). Bogotá: LA RED de Estudios Sociales.