

# Propuesta para el establecimiento de nuevas áreas de aviso por temperaturas máximas en la Región de Murcia (España)

## Proposal for the establishment of new maximum temperature warning areas in the Region of Murcia (Spain)

JAVIER MARTÍ TALAVERA<sup>1</sup>  0000-0002-1624-2843

ENRIQUE MOLTÓ MANTERO<sup>2</sup>  0000-0002-8521-060X

GERMÁN SÁNCHEZ DÍAZ<sup>3,4</sup>  0000-0003-2686-7545

ESTHER SÁNCHEZ ALMODÓVAR<sup>2</sup>  0000-0003-4201-0779

<sup>1</sup> Instituto Interuniversitario de Geografía. España.

<sup>2</sup> Laboratorio de Climatología. Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante.

<sup>3</sup> Instituto de Investigación de Enfermedades Raras, Instituto de Salud Carlos III, Madrid.

<sup>4</sup> Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá.

### Resumen

Uno de los grandes problemas actuales que tienen las alertas meteorológicas en España es su escasa adaptabilidad a las particularidades climáticas y poblacionales de cada territorio, lo que repercute en la existencia de unos umbrales y unas áreas de avisos que, en ocasiones, son poco acordes a las condiciones de cada lugar. En este trabajo se emplean las temperaturas máximas como ejemplo para crear una nueva metodología que permita solventar esos problemas en la Región de Murcia. Se seleccionaron los datos de temperaturas máximas diarias durante el verano meteorológico en 84 observatorios en el periodo 2000-2019. Se calcularon para cada estación los percentiles 95, 97 y 99 y se generaron tres mapas interpolados usando *kriging* universal. Mediante un análisis de superposición se generaron las distintas áreas de aviso y se establecieron unos umbrales de temperatura máxima basados en tres niveles. Con esta propuesta metodológica, se han obtenido 19 áreas de aviso meteorológico basadas en la agregación de polígonos de códigos postales. Esta zonificación implica una mejor adecuación del aviso meteorológico en el territorio, y un mayor grado de eficiencia en el plano de la protección de la población y de la gestión de la preemergencia.

Palabras clave: alerta temprana; cartografía de riesgo; fenómeno meteorológico adverso; protección civil; climatología.

### Fechas • Dates

Recibido: 2023.04.26  
Aceptado: 2023.10.10  
Publicado: 2024.04.23

### Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Javier Martí Talavera  
[javier.marti@ua.es](mailto:javier.marti@ua.es)

## Abstract

One of the principal challenges facing meteorological warnings in Spain is their lack of adaptability to the unique climatic and demographic characteristics of each region. This often results in the establishment of thresholds and warning zones that may not be entirely suitable for local conditions. In this study, we utilize maximum temperatures as a case study to develop a novel methodology aimed at addressing these issues specifically in the Region of Murcia. We collected data on daily maximum temperatures from 84 weather stations during the meteorological summer in the period 2000 - 2019. Utilizing this dataset, we calculated the 95th, 97th, and 99th percentiles for each station and generated three interpolated maps using universal kriging techniques. Warning zones were then delineated through overlap analysis, and maximum temperature thresholds were established based on three levels of risk. This methodological approach has resulted in the identification of 19 meteorological warning zones, delineated based on the aggregation of postcode polygons. This zoning strategy facilitates a more tailored adaptation of meteorological warnings to the local terrain and demographics, thereby enhancing the effectiveness of population protection and pre-emergency management.

---

Keywords: early warning; risk mapping; adverse weather phenomenon; civil protection; climatology.

---

## 1. Introducción

La mayor parte de los desastres con origen natural que han acaecido en las últimas décadas han sido ocasionados por peligros de carácter hidrometeorológico (Luther et al., 2019). Es por ello que una de las principales metas del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030), aprobado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en junio de 2015, sea precisamente invertir en el desarrollo, mantenimiento y mejora de un sistema de alerta temprana multirriesgo (Organización Meteorológica Mundial, 2015).

Dentro de estos sistemas de alerta se encuentran los avisos meteorológicos, encargados de comunicar a la población de una zona los posibles riesgos de un evento atmosférico, como pueden ser precipitaciones intensas, fuertes vientos o temperaturas extremas. También llevan consigo la activación de protocolos, por parte de las administraciones públicas, para la salvaguarda de las personas a partir de planes de gestión para la emergencia.

Uno de los ejemplos de cuál debe de ser el objetivo de un aviso meteorológico es la propuesta descrita en el Protocolo de Aviso y Seguimiento ante Meteorología Adversa en la Región de Murcia (METEOMUR), que indica que su finalidad es *“facilitar a todos los ciudadanos y a las instituciones públicas, muy singularmente a las autoridades locales de Protección Civil, la mejor y más actualizada información posible sobre los fenómenos atmosféricos adversos que se prevean, con un adelanto de hasta 60 horas, estableciendo el protocolo de actuación y de aviso a los distintos organismos, así como mantener una información puntual de la evolución de los mismos una vez que se ha iniciado su desarrollo”* (Dirección General de Seguridad Ciudadana y Emergencias, 2015, p. 6).

La necesidad de representar estas alertas en el territorio se basa en un aspecto fundamental, como es la protección civil, la predicción y la prevención del riesgo. La zonificación del territorio para la emisión de alertas ayuda a dar una respuesta más eficaz ante la emergencia y a realizar un despliegue de medios más adecuado. Además, facilita la tarea del predictor meteorológico, que puede plasmar en un área concreta donde va a haber una mayor afectación de ese riesgo.

En España, las primeras alertas o avisos meteorológicos tienen su origen a finales de los años 80 del siglo pasado dentro del plan PREVIMET Mediterráneo (Rivera, 2002), por lo que la trayectoria llevada a cabo en esta materia es amplia. Ello ha dado lugar a múltiples modificaciones metodológicas que han hecho posible la configuración actual del Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos, más conocido como Plan Meteoadvertencia (AEMET, 2022). Dicho documento recoge toda la información acerca de los distintos tipos de fenómenos meteorológicos adversos (FMA) que suelen afectar al país, los umbrales, los niveles de avisos y la zonificación de los avisos meteorológicos.

Sin embargo, a pesar de todas las actualizaciones y modificaciones realizadas, aún existen algunas cuestiones susceptibles de mejora en la metodología de este plan. La primera surge a partir de la zonificación de los avisos, ya que en ocasiones carece de sentido, si se habla de climatología, que estas áreas queden definidas a partir de unos límites administrativos. Las actuales zonas de avisos son agrupaciones de municipios con características climáticas relativamente homogéneas. En áreas de meseta, sin grandes unidades de relieve, resulta la opción más viable, ya que apenas hay diferencias en cuanto al clima, y se pueden agrupar grandes extensiones de terreno. Además, los términos municipales son muy pequeños por lo que tampoco hay variaciones intramunicipales muy notables. El problema recae, sobre todo, en áreas con un relieve más complejo, y se acentúa en términos municipales más extensos, como ocurre con mayor frecuencia en el sur de España. Ello supone, en ocasiones, una mayor heterogeneidad climática a nivel comarcal o intramunicipal, lo que implica que esa agrupación carezca de sentido.

Un ejemplo de esta anomalía se puede observar en áreas donde existen hasta tres tipos de climas distintos agrupados en una misma zona de aviso. Al activar una alerta en este territorio solo un porcentaje de este se encontrará verdaderamente en riesgo no cumpliéndose las previsiones esperadas en el resto del área (Martí-Talavera *et al.*, 2020). Esta contrariedad también ha sido detectada en otros sistemas de avisos meteorológicos como, por ejemplo, el británico, donde se pone de relieve un problema en la distribución zonal de las alertas cuando se abarca una zona geográfica muy amplia, ya que puede dar lugar a que se envíen alertas a los planificadores de emergencias y al personal sanitario y de asistencia social de zonas no afectadas, entre otras anomalías detectadas (Roberts *et al.*, 2022).

Ello conlleva que pueda haber áreas con un alto nivel de acierto en los avisos y, en cambio, mientras que en otras no se ha llegado al umbral mínimo para su activación en las últimas décadas, lo que puede generar una falta de credibilidad por parte de la población. De ahí la necesidad de llevar a cabo una nueva metodología que permita establecer unos umbrales de temperatura más adecuados, teniendo en cuenta no solo los valores térmicos, sino también la localización de las unidades poblacionales.

También hay que tener en cuenta que los encargados de la previsión de los avisos meteorológicos son los Grupos de Predicción y Vigilancia (GPV), englobados junto con otras unidades dentro del Sistema Nacional de Predicción (SNP), que renovó su estructura y funcionamiento en 2014. Según AEMET (2014a, 2014b) el territorio nacional se dividía, por un lado, en seis zonas de especialización para fenómenos adversos, y por otro, en tres zonas atendiendo a la especialización geográfica (Atlántico, Montaña y Mediterráneo). En el primer caso existe un GPV encargado de la predicción de todos los avisos del territorio del que es competente, excepto los asociados a fenómenos costeros. Por ejemplo, en el caso de Murcia esa predicción es competencia del GPV de Málaga. Sin embargo, la predicción de los fenómenos costeros depende del GPV de Palma, que se

encarga de la especialización geográfica del Mediterráneo. Ello permite una mayor adecuación y conocimiento a las condiciones climáticas particulares de cada área, pero también genera incongruencias en zonas donde intervienen varios GPV y hay una continuidad climática.

Un ejemplo de esta problemática puede ser la existencia de “islas”, es decir, un área sin aviso rodeada de zonas donde se ha activado una alerta. Como posibles casos paradigmáticos se podrían citar el Condado de Treviño, el Rincón de Ademuz o la comarca del Altiplano de Jumilla-Yecla, en Murcia, donde en unos pocos kilómetros de extensión convergen las predicciones de hasta tres GPV distintos que pueden tener criterios diferentes. También existe otro caso donde se puede apreciar esta incongruencia, que no se debe a diferentes criterios de predicción, sino a la propia distribución zonal de los avisos. En la Región de Murcia, un buen ejemplo de ello es el enclave de Lobosillo, un pequeño territorio ubicado entre Fuente Álamo, Cartagena y Torre Pacheco que depende administrativamente del municipio de Murcia. Como se ha comentado, la zonificación de AEMET se basa en la agrupación de municipios con una climatología similar, y no se puede dividir un territorio municipal en dos. Por tanto, el enclave de Lobosillo tiene diferentes umbrales de temperatura a todo el territorio que le rodea, ya que este pertenece a la zona de aviso de la Vega del Segura, y el circundante al área de Campo de Cartagena y Mazarrón.

En otras palabras, se crea un límite o discontinuidad artificial que de forma natural no existe. De ahí, la necesidad de plantear otra alternativa, donde se prioricen las diferencias térmicas por encima de los límites territoriales, aunque ello implique la división de términos municipales y su unión con áreas climáticas de otros municipios.

El objetivo de este trabajo es proponer un sistema que permita la creación de un mayor número de zonas de aviso por temperaturas máximas en la Región de Murcia, de tal manera que ofrezca una mejor adaptabilidad a las particularidades climáticas y poblacionales del territorio y, por tanto, permita una gestión más eficiente del riesgo por parte de los responsables de la protección civil.

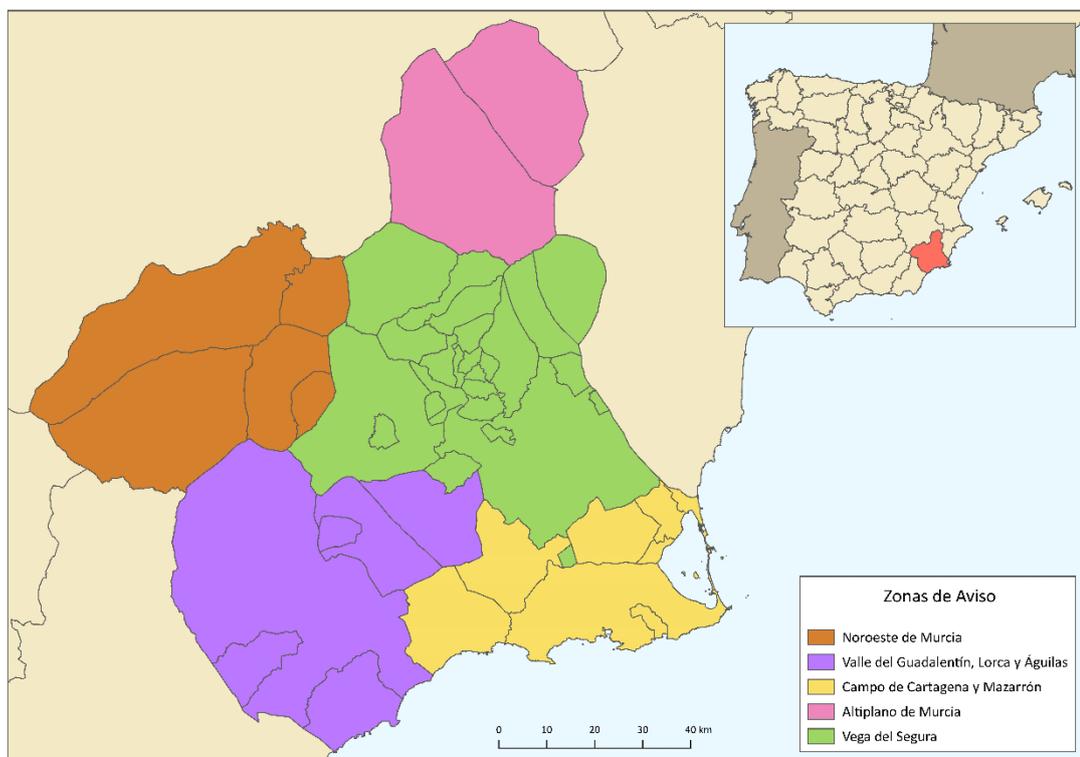
### **1.1. Estado de la cuestión**

En España no existe una alerta meteorológica por calor, o por frío, sino que se emiten avisos meteorológicos por temperaturas máximas o mínimas. Estas alertas recogen el peligro para la salud humana que supone que la población esté expuesta a estos extremos térmicos. De hecho, se cuenta con protocolos específicos destinados a la prevención y seguimiento de estos por parte de las distintas administraciones sanitarias al margen de los avisos meteorológicos. Anualmente, el Ministerio de Sanidad publica el Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud, conocido como Plan Calor, que recoge las medidas a llevar a cabo durante episodios de altas temperaturas y la metodología utilizada para su puesta en marcha (Ministerio de Sanidad, 2022).

Dentro del marco de ese plan, desde el año 2017 se está llevando a cabo un proyecto piloto para dividir el territorio según sus valores isotérmicos, siendo utilizado en la actualidad en varias provincias. Para la Región de Murcia esta distribución compuesta por cinco áreas de aviso es la misma distribución que la del plan Meteocalor, la cual se expone en la Figura 1, aunque los umbrales son sustancialmente diferentes como muestra la Tabla 1. El cálculo de estos valores se obtiene a partir de las temperaturas “de disparo” de la mortalidad siguiendo la metodología propuesta por Díaz-Jiménez *et al.* (2015).

Sin embargo, la gran diferencia, con respecto al sistema de AEMET, es que se tienen en cuenta también las temperaturas mínimas, que también cuentan con su umbral pertinente, y que el nivel de riesgo viene dado por la persistencia de las temperaturas durante una o varias jornadas. Este hecho es importante, ya que hay que tener en cuenta el efecto de todas las variables meteorológicas relevantes para el estrés térmico, como la temperatura mínima y máxima, la humedad, la velocidad del viento e incluso la radiación solar (Matthews, 2018). No obstante, se presenta la misma problemática comentada anteriormente, a pesar de que son unos umbrales más realistas, en cuanto a las características térmicas de las áreas. Estas temperaturas no se distribuyen de forma homogénea por el territorio y siguen existiendo áreas donde esas cifras son muy poco representativas.

Figura 1. Áreas de aviso establecidas por la Agencia Estatal de Meteorología.



Fuente: Plan Meteoalerta. Elaboración propia.

Tabla 1. Comparativa entre los umbrales de temperatura del Plan Meteoalerta y del Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.

ZONAS DE AVISO	PLAN CALOR	PLAN METEOALERTA
Altiplano de Murcia	36 °C	38 °C - 42 °C - 44 °C
Vega del Segura	34 °C	38 °C - 42 °C - 44 °C
Campo de Cartagena y Mazarrón	41 °C	36 °C - 39 °C - 42 °C
Noroeste de Murcia	31,3 °C	38 °C - 42 °C - 44 °C
Valle del Guadalentín, Lorca y Águilas	36,8 °C	38 °C - 42 °C - 44 °C

Leyenda: Los umbrales del Plan Meteoalerta hacen referencia a los tres niveles de aviso meteorológico que implican un riesgo amarillo, naranja y rojo.

Fuente: Plan Meteoalerta y Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud. Elaboración propia.

Como se ha expuesto, la metodología oficial tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Sin embargo, no existen publicaciones destinadas a la mejora de ésta o a la propuesta de otras alternativas, lo que dificulta el debate y la discusión de resultados. Sí hay constancia de otros sistemas utilizados por distintos organismos. Por ejemplo, el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) desarrolló un sistema de avisos para olas de calor en el ámbito de la Comunidad Valenciana. Para la realización de esta metodología, expuesta por Estrela-Navarro *et al.* (2007), se lleva a cabo un análisis sinóptico, geográfico y estadístico, a partir del cual se obtiene la división termoclimática del territorio y unos umbrales de aviso. Un aspecto a destacar es que no se han utilizado las temperaturas máximas para la obtención de los resultados, sino los valores medios. La validación de este sistema ha mostrado un gran número de aciertos, aunque dentro de los fallos predomina la sobreestimación de las predicciones (Pastor, 2013).

Otra propuesta es la realizada por Peña-Rabadán y Raso-Nadal (2008), sectorizando Cataluña en 9 áreas de aviso teniendo en cuenta como umbral de referencia el percentil 98 para los meses del verano meteorológico. El uso de los percentiles es de gran utilidad para conocer la rareza de un episodio particular, de ahí que sea utilizado con frecuencia para la realización de umbrales. Varios ejemplos de ello son la metodología utilizada por la AEMET para la definición de olas de calor y de frío (Rodríguez-Ballesteros, 2012), la estimación de umbrales de precipitaciones extremas llevada a cabo por el Servicio Nacional de Meteorología del Perú (Alfaro-Lozano, 2014) y la realización de los umbrales de precipitación y viento para la emisión de alertas dentro Servicio Meteorológico Nacional argentino (Anaya *et al.*, 2018).

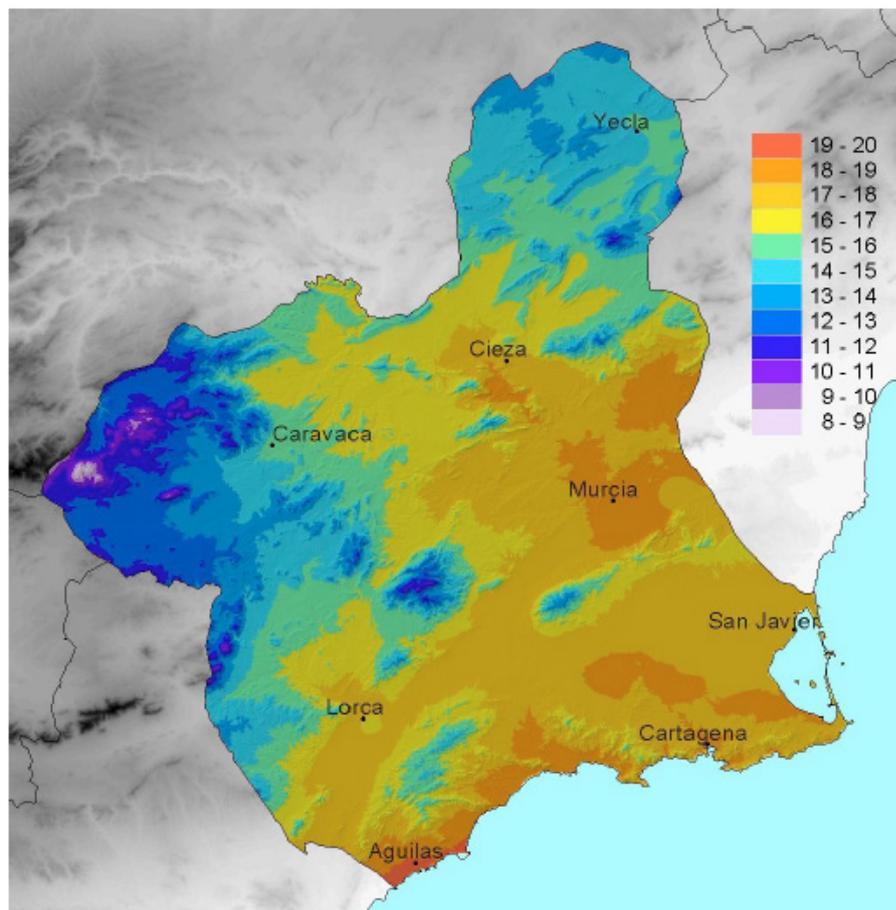
En lo que se refiere a la verificación y análisis de los avisos meteorológicos, probablemente la aportación más importante es la realizada por Del Pino-Corredera (2016). En ella se analizan las alertas relacionadas con las precipitaciones, nevadas, tormentas y rachas máximas de viento, estableciendo que, en episodios donde hay una situación meteorológica adversa y, por tanto un mayor número de FMA, como puede ser la sucesión de una Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA), los resultados obtenidos tras la verificación son mejores. Otro trabajo relevante es el de Torrijo-Murciano y Lomas-González (2018), donde se puede observar a partir de dos índices de verificación, la Probabilidad de Falsas Alarmas (PFA) y la Probabilidad de Detección (PD), y el tamaño relativo medio del área de las comarcas de aviso, si existe una mejora en la calidad de estas predicciones con respecto a la extensión del territorio tratado. Los resultados arrojan datos pocos significativos, pero indican una leve mejoría cuando el área donde se emite el aviso es mayor. Peñuela-Palma *et al.* (2019), se centran únicamente en analizar los avisos activados para la provincia de Sevilla entre 2011 y 2018, y posteriormente los comparan con los datos meteorológicos registrados en varios observatorios. Los resultados muestran un porcentaje de acierto del 33,49 %, que varía en función de cada fenómeno, siendo el más alto el cosechado en las nevadas, con un 66,67 %. Martí Talavera *et al.* (2020) analizan únicamente los avisos por temperaturas máximas en la Región de Murcia entre los años 2010 y 2017 aplicando distintos índices de verificación. A partir de esta información confeccionan una serie de mapas que sirven para distinguir las áreas donde hay una mayor sobreestimación de los avisos, que es la principal problemática de estas predicciones. Ello es debido, en gran parte, a un exceso de generalización de las áreas de aviso propuestas por AEMET, ya que, a pesar de englobar zonas que son climáticamente similares, siguen existiendo diferencias internas importantes que hacen que los umbrales establecidos estén por encima de los extremos térmicos de esos lugares.

## 1.2. Área de estudio

La Región de Murcia está ubicada en el sureste de la península ibérica, en una zona de fuertes contrastes térmicos (Conesa-García y Alonso-Sarria, 2006). La influencia del mar Mediterráneo, la diferencia altitudinal, la orientación de las cadenas montañosas y la exposición a determinados vientos condicionan una diversidad climática muy singular. Según Garrido-Abenza *et al.* (2014), y atendiendo a la clasificación climática de Köppen, existen en la región hasta 4 tipos de clima distintos, que transcurren desde el clima mediterráneo típico hasta el clima semiárido cálido.

En el mapa de temperaturas medias (Figura 2) se puede observar cómo los valores más bajos se registran en el extremo occidental, en las áreas de mayor altitud, con unos promedios anuales que rondan los 10 °C. En los dos altiplanos existentes, el primero compuesto por Moratalla, Campo de Caravaca y Tierras Altas de Lorca, y el segundo por Jumilla y Yecla, las temperaturas medias no sobrepasan los 15 °C, siendo las heladas muy frecuentes en invierno, con temperaturas que, en algunos puntos propensos a las inversiones térmicas, se observan temperaturas por debajo de los -10 °C (Espín Sánchez, 2021). Por el contrario, los valores más altos se registran en la costa, áreas prelitorales y algunas cuencas interiores donde se sobrepasan los 17 °C de media, siendo habitual alcanzar los 40 °C, y de forma puntual los 42 °C en algunas zonas de la Vega del Segura. Como resultado, y a pesar de ser un territorio de reducida extensión, existen unas diferencias y unos extremos térmicos notables, que sirven para reseñar la complejidad climática tan particular del sureste peninsular.

Figura 2. Distribución de las temperaturas medias anuales en la Región de Murcia (1971-2000).



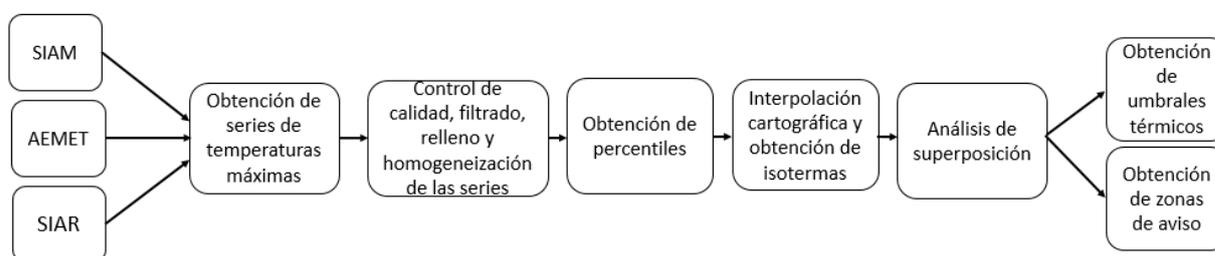
Fuente: Atlas Climático de la Región de Murcia. Garrido Abenza *et al.* (2014, p.23).

Otro aspecto a destacar es la superficie municipal y la distribución de la población en la Región de Murcia. La extensión de los 45 municipios en los que se divide la región es muy heterogénea, contando con algunos de los términos municipales más extensos de España como ocurre en los casos de Lorca (1.675 km<sup>2</sup>), Jumilla, Moratalla, Murcia o Caravaca de la Cruz (superando los 800 km<sup>2</sup>), mientras que en otros casos no llegan ni a los 15 km<sup>2</sup>, como ocurre con Beniel, Ceutí y Villanueva del Río Segura (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2014). Es precisamente en los municipios más extensos donde existen una mayor cantidad de entidades de población, en muchos casos con un número de habitantes importante. Ello se puede comprobar a partir de las estadísticas de “hábitat rural” del Atlas Nacional de España, que define a este término como el conjunto de entidades de población (aldeas, pueblos, barrios, etc), existentes en los municipios menores de 10.000 habitantes. Según esta fuente existen 949 entidades de población distribuidas por el territorio regional, habitando en el diseminado un 7,5% de la población total, más del doble del promedio nacional, que se halla en un 3,5% (IGN, 2022). Por tanto, la Región de Murcia no solo cuenta con una gran complejidad climática, sino también territorial y poblacional.

## 2. Metodología

La metodología utilizada para alcanzar los objetivos de este trabajo ha constado de varias fases, como se puede observar en la Figura 3. En primer lugar, se han obtenido las series de datos de observatorios meteorológicos pertenecientes a la Región de Murcia, seleccionando exclusivamente aquellas con un periodo de datos continuos entre los años 2000 y 2019. Posteriormente, se ha realizado un control de calidad de las series de temperaturas, donde se han corregido las homogeneidades presentes y se han rellenado los datos faltantes. Tras este paso, se han calculado los percentiles 95, 97 y 99 para las temperaturas máximas diarias de cada observatorio, ya que, a partir de este método, se puede obtener una cifra que sirva de umbral para definir la extrañeza de una situación, y en este caso de la temperatura máxima. Con los percentiles calculados, se han creado tres mapas térmicos mediante interpolación por *kriging* universal. Finalmente, tras realizar un análisis espacial de superposición teniendo en cuenta las áreas térmicas previamente generadas, la zonificación de los códigos postales y la ubicación de entidades de población, se han establecido nuevas áreas de aviso con sus respectivos umbrales térmicos.

Figura 3. Esquema metodológico.



Fuente: Elaboración propia.

### 2.1. Obtención y tratamiento de las series climáticas

Se ha optado por la utilización de tres bases de datos meteorológicos correspondientes a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), al Sistema de Información Agraria de Murcia (SIAM) del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental, y al Sistema de In-

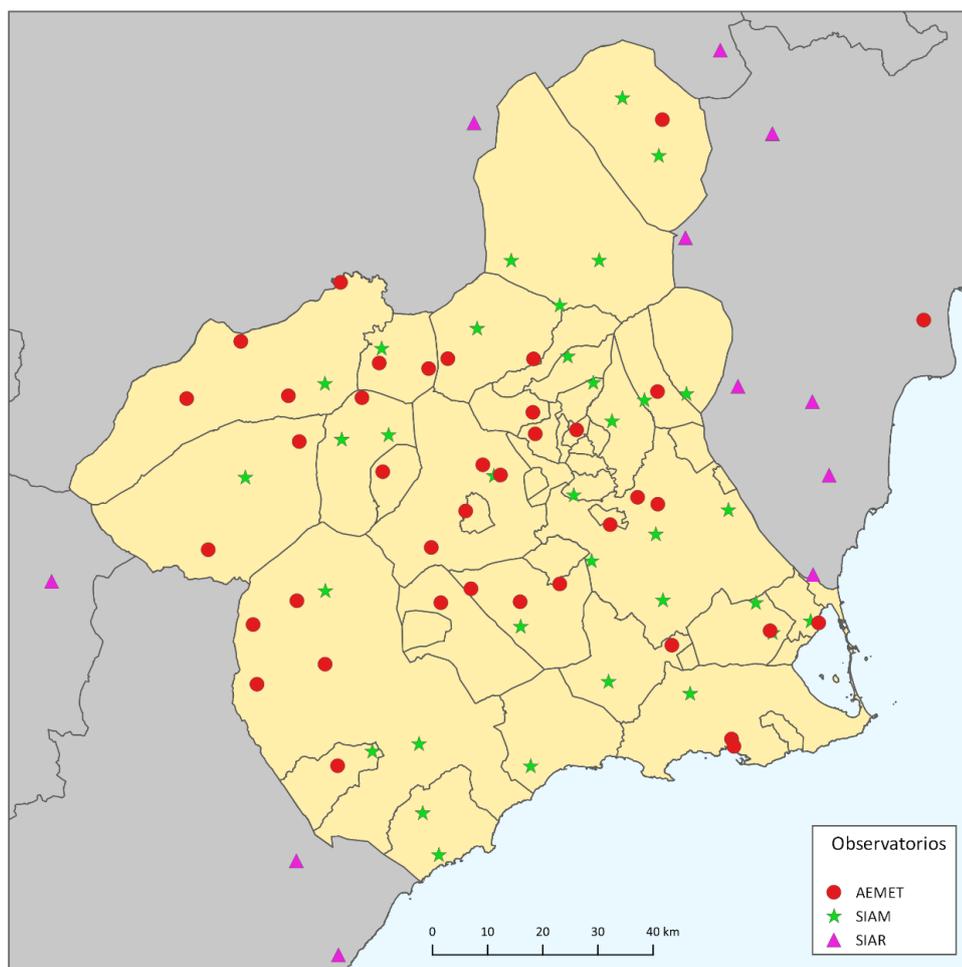
formación Agroclimática para el Regadío (SIAR) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El empleo de estas tres fuentes de datos se debe a varios hechos. En primer lugar, a pesar del alto número de series climáticas con las que cuenta AEMET, no todas son válidas debido a que se encuentran incompletas o no tienen un rango de fechas acorde al requerido. En este caso se pretende utilizar series de temperaturas máximas comprendidas entre los años 2000 y 2019, con menos de un 10% de datos diarios faltantes. Si solo se utilizará esta base, habría únicamente 46 observatorios para toda la Región de Murcia, y existirían zonas amplias sin referencias climáticas. La red SIAM permite completar esos huecos y proporciona información de áreas más remotas dando más robustez al proceso de interpolación. En segundo lugar, los datos de los observatorios de la red SIAR, localizados en provincias adyacentes pero cercanos a la Región de Murcia, han sido añadidos para obtener unos mejores resultados en la interpolación de las temperaturas umbrales.

A diferencia de otros avisos meteorológicos que pueden ser activados en cualquier momento del año, como los avisos por viento o precipitaciones, las alertas por temperaturas máximas o mínimas tienen un periodo de inactividad. Ello es debido a que están concebidas, para avisar de la superación de un determinado umbral y no sobre la anomalía de ese fenómeno. Es decir, tener unas temperaturas máximas de 10 °C por encima de la media no implica un aviso, si no se prevé que superen los 38 °C, por ejemplo. Ante esta tesitura, se ha optado por utilizar únicamente los datos del verano meteorológico, que discurre desde el 1 de junio al 31 de agosto, periodo que suele abarcar la mayoría de avisos por temperaturas máximas.

Por tanto, se parte de una base de datos de 95 estaciones meteorológicas localizadas en la Región de Murcia y próximas a ésta. Tras desechar aquellas con un porcentaje de datos diarios faltantes superior al 10 %, la muestra se redujo a 84 observatorios, de los cuales 39 pertenecen a AEMET, 34 a SIAM y 11 a SIAR, tal y como se expone en la Figura 4.

Con los observatorios seleccionados para el estudio, se procedió a realizar un ajuste individual de cada uno de ellos con el objetivo de detectar y corregir las inhomogeneidades existentes, así como el relleno de datos diarios faltantes (siempre que cumplan el requisito previo de ser inferiores al 10% del conjunto de la serie) o corregir posibles *outliers* es decir, valores atípicos dentro de las series de temperaturas máximas observadas. Estas inhomogeneidades se pueden producir por numerosos motivos como el cambio de localización de una estación, cambios en los instrumentos de medición, cambios en el entorno local, cambios en el observador y su método de observación, así como errores de digitalización de las bases de datos (Organización Meteorológica Mundial, 2020).

Figura 3. Ubicación de los observatorios meteorológicos utilizados



Fuente: AEMET, SIAM y SIAR. Elaboración propia.

Para comprobar la calidad de la serie se ha utilizado el software ClimPACT2 (Alexander y Herald, 2016), mientras que para solventar las inhomogeneidades en la serie y el relleno de los datos faltantes se ha utilizado el paquete Climatol para el software de programación R. La principal utilidad de éste es la homogeneización relativa de series mediante un análisis que utiliza todos los observatorios a la vez mediante comparaciones entre sí (Gujarro, 2019; 2021). Climatol crea series de referencia artificial a partir de las series reales próximas, realizando después una comparación mediante el test de Alexandersson, el cual permite detectar las anomalías existentes en las series climáticas fruto de esa inhomogeneidad (Alexandersson, 1986). Con base en los resultados obtenidos, solo se han utilizado las series propuestas por Climatol que respetan más del 95 % del porcentaje de dato original, de cara a evitar una desvirtualización de los resultados y la pérdida de extremos.

Tras el ajuste de las series climáticas de los observatorios incluidos en el estudio, se ha procedido al cálculo de percentiles para cada uno de ellos. Los percentiles 95, 97 y 99 de las series de temperaturas máximas se relacionan con tres niveles de aviso, identificables también mediante colores según el riesgo que entrañan a la población (amarillo, naranja y rojo, de menor a mayor). De esta manera se obtiene el 5%, 3% y 1%, respectivamente, de los días más cálidos para el periodo anteriormente citado en cada una de las estaciones. Normalmente, el establecimiento de estos niveles se basa en criterios climatológicos para definir su grado de anormalidad, y de ahí su riesgo

para la población, pero no existen unos umbrales que definan la extrañeza de un fenómeno. Por ejemplo, AEMET establece el aviso amarillo para aquellas situaciones donde “No existe riesgo meteorológico para la población, en general, aunque sí para alguna actividad concreta” (AEMET, 2015, p. 9).

## 2.2. Interpolación de las series y obtención de mapas térmicos

Con los valores obtenidos anteriormente, y utilizando un Modelo Digital de Terreno (MDT) con una resolución de 500 metros como variable externa, se ha realizado un mapa interpolado utilizando un krigeado universal para cada percentil. Se ha usado este método de interpolación por los buenos resultados cosechados en estudios previos, como los realizados por Chazarra-Bernabé (2014) para la interpolación espacial de la temperatura media diaria de España, y por Núñez-Corchero *et al.* (2014) para las temperaturas y precipitaciones mensuales de Extremadura. Este método también ha sido usado con diferentes aplicaciones en otros países, donde destacan su uso para la obtención de cartografías de temperaturas en Escocia (Hudson y Wackernagel, 1994), para el cálculo de temperaturas en zonas de alta montaña como los Alpes (Jabot *et al.*, 2012), y para conocer la distribución de la temperatura del subsuelo en Alemania (Agemar *et al.*, 2012).

El MDT sirve como base para el cálculo de las temperaturas a partir de su correlación, de tal forma que las áreas de montaña tengan una menor temperatura que las zonas de valle. La resolución del MDT conlleva una serie de decisiones. Si se utiliza una resolución muy pequeña, de 5 metros, por ejemplo, se asume el riesgo de crear diferencias térmicas en zonas donde probablemente no existan, dando lugar a datos irreales. Todo lo contrario, ocurre si se utiliza un tamaño de celda muy grande, ya que impediría conocer la existencia de microclimas o de diferenciar áreas con distinto gradiente térmico. Debido a ello, se ha optado por utilizar un tamaño de celda de 500 metros, que permite conseguir una solución intermedia. Para la realización de las simulaciones se ha utilizado el software SAGA (*System for Automated Geoscientific Analyses*), el cual permite la obtención de mapas de error y visualizar mediante cartografía las zonas donde ha habido una mayor o menor desviación.

## 2.3. Establecimiento de áreas de aviso y umbrales de riesgo

Para generar la zonificación de los avisos se han utilizado los territorios que integran cada código postal, ya que permite responder a los objetivos iniciales de esta investigación. Por un lado, existe una mayor división espacial que con los términos municipales, 250 polígonos de códigos postales frente a 45 municipios, lo que permite amoldarse mejor a las condiciones climáticas de cada lugar y evitar generalidades, como ocurre, por ejemplo, con el sistema de avisos oficial.

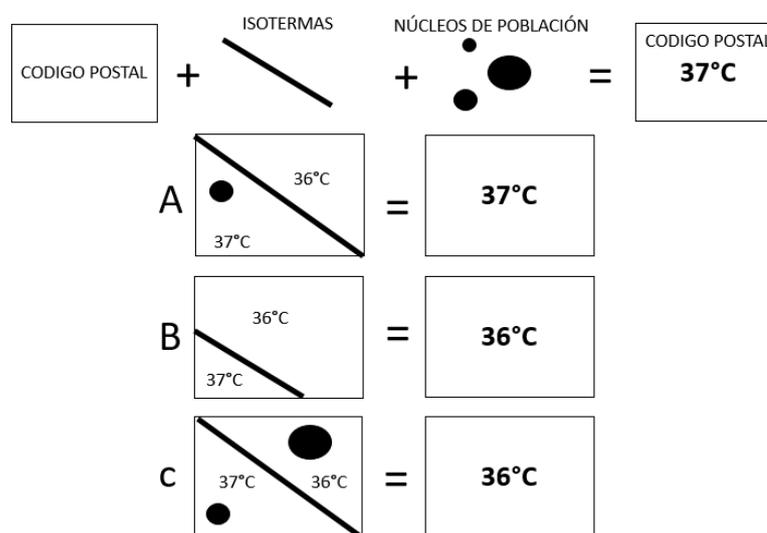
Para establecer qué temperatura le corresponde a cada código postal se realiza un análisis espacial de superposición por entidades a partir de varios criterios. Se han calculado las isotermas 0,5 °C en los mapas de aviso amarillo, aviso naranja y aviso rojo. Se ha utilizado esta cifra para un mejor entendimiento, ya que las áreas situadas por encima del 37,5 °C guardan más relación con la isoterma 38 °C, que con la de 37 °C. De esta manera, tenemos unas áreas térmicas que contienen un intervalo de 1 °C, donde, si seguimos el caso anterior, se agruparía al territorio cuyas temperaturas se mueven entre 37,5 °C y 38,5 °C. Además, se ha tenido en cuenta la ubicación de todos los núcleos poblacionales con más de 100 habitantes, ya que es un condicionante importante, puesto que su localización será determinante a la hora del análisis de superposición para determinar un

umbral de temperatura u otro. Por tanto, hay un territorio dividido en códigos postales y áreas térmicas homogéneas, añadiendo además la ubicación de los núcleos poblacionales.

A partir de la superposición de estos núcleos pueden darse tres situaciones que han sido esquematizadas en la Figura 5 para una mejor comprensión:

- Situación A. Cuando el territorio de un código postal está dividido por varias áreas térmicas, la temperatura que definirá el umbral será la del área térmica donde se ubica el núcleo de población.
- Situación B. Cuando no exista ningún núcleo de población dentro del territorio del código postal, la temperatura que definirá el umbral será la del área térmica que tenga mayor presencia en el polígono.
- Situación C. Cuando existan varios núcleos de población y varias áreas térmicas, tendrá preferencia el área que contenga una mayor cantidad de población.

Figura 5. Condiciones para establecer una temperatura umbral.



Fuente: Elaboración propia.

Todo este proceso se realiza para cada uno de los niveles de aviso, de tal manera que tenemos tres temperaturas para cada código postal: una se corresponde con el umbral mínimo del aviso amarillo, otra con el umbral mínimo del aviso naranja, y la última hace referencia al umbral del aviso rojo. Sin embargo, tras la realización de estas condiciones es posible encontrar algunas incongruencias que deben ser corregidas antes de configurar las áreas de aviso.

En algunos casos puntuales, puede ocurrir que la temperatura umbral sea la misma para dos niveles de aviso. Un ejemplo de ello sería que el territorio de un código postal en el que podemos tener un umbral para el aviso amarillo de 37 °C y un umbral para el aviso naranja en 37 °C. A partir de observar los valores establecidos para los códigos postales contiguos esta incongruencia puede ser corregida, resolviéndose en la totalidad de las ocasiones con el aumento de un grado al umbral de aviso más alto. Por tanto, si se sigue con el ejemplo anterior, el umbral del aviso naranja pasaría de 37 °C a 38 °C.

La creación de áreas de aviso se basa en la agrupación de códigos postales con umbrales de temperatura idénticos o similares. Hay que tener en cuenta que el área debe ser la misma para todos

los niveles de aviso y que no puede haber islas o discontinuidades, por lo que se tienen que de realizar ajustes en las temperaturas umbrales. Para esta reestructuración se utilizan como apoyo los percentiles calculados anteriormente para la toma de decisiones.

### 3. Resultados

Tras la corrección de las series climáticas de los observatorios incluidos en este estudio, el cálculo de los percentiles muestra unos resultados que revelan la disparidad entre los extremos reales y las temperaturas tomadas como umbrales para los avisos meteorológicos. En la Tabla 2 se puede apreciar cómo dos de las tres estaciones con los percentiles más bajos (las pertenecientes a Cartagena) no llegan a superar el umbral de aviso amarillo de la zona climática propuesta por AEMET, que es de 36 °C. En cambio, en los observatorios con los percentiles más altos, la situación es distinta. Las temperaturas del percentil 95 están dentro del umbral de aviso naranja de sus respectivas áreas, es decir 40 °C, por lo que en este caso habría que hablar de un caso de infraestimación. Estos ejemplos ilustran la necesidad de desarrollar una nueva propuesta de zonificación más centrada en las condiciones climáticas de cada lugar.

Tabla 2. Observatorios meteorológicos con los percentiles más altos y más bajos de las series analizadas.

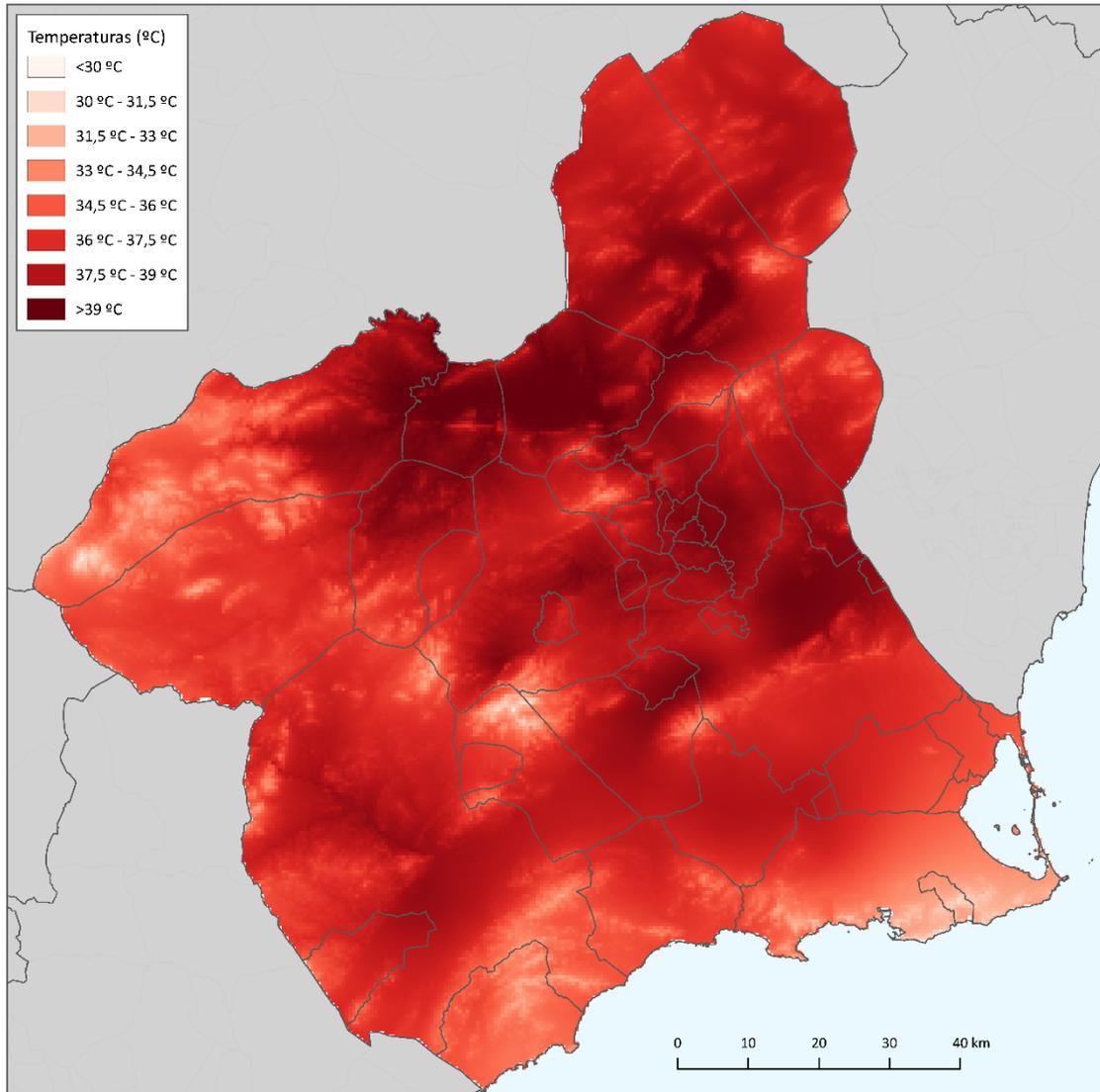
OBSERVATORIO	MUNICIPIO	PERCENTIL 95	PERCENTIL 97	PERCENTIL 99
Cartagena-Puerto*	Cartagena	31,1°C	31,5 °C	32,5 °C
La Pilica*	Águilas	32,6 °C	33,3 °C	34,7 °C
Cartagena*	Cartagena	33 °C	33,6 °C	34,6 °C
Las Encebras**	Jumilla	40,6 °C	41,4 °C	42,9 °C
Rotas**	Calasparra	40,1 °C	41 °C	42,3 °C
Casas Nuevas**	Mula	40 °C	40 °C	42 °C

Leyenda: Las tres primeras filas se corresponden con los observatorios que tienen los percentiles más bajos (\*), y las tres siguientes filas con los observatorios que tienen los percentiles más altos (\*\*).

Fuente: AEMET, SIAM y SIAR. Elaboración y cálculo propio.

Tras el proceso de interpolación mediante el krigado universal se han obtenido unos resultados que permiten disponer de una simulación de los valores térmicos añadiendo además una variable externa, como es el MDT, el cual permite la modelización del gradiente vertical determinado por la altitud. En el mapa mostrado en la Figura 6 se puede observar la simulación realizada para las temperaturas calculadas a partir del percentil 95. El área más cálida no se ubica en el entorno de la ciudad de Murcia (que tiene una temperatura media anual más elevada), sino en los municipios de Calasparra y Cieza al norte de la región, en el valle que conforma el río Segura. Los extremos térmicos observados durante los meses de verano denotan un carácter geográfico muy particular en apenas decenas de kilómetros de distancia que depende de la lejanía a la costa, la altitud y la orografía local.

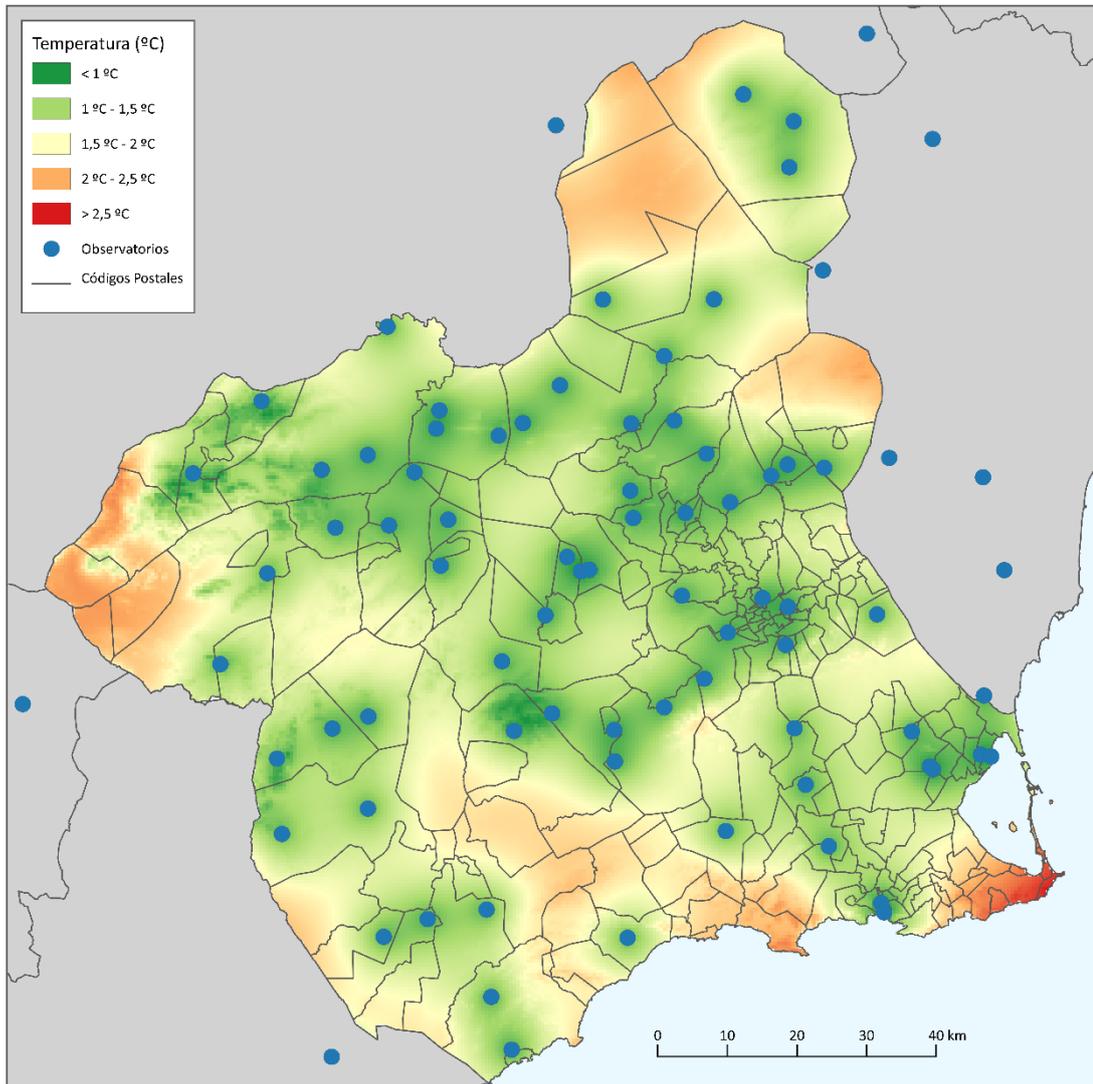
Figura 7. Resultado de la interpolación del percentil 95.



Fuente: Elaboración propia.

Al hablar de simulaciones el resultado obtenido son datos ficticios que llevan asociados un mayor o menor error después de realizar la interpolación. La Figura 7 muestra el mapa de errores de la interpolación del percentil 95, donde se pueden apreciar algunas diferencias dependiendo de la zona. Se observa cómo las áreas con mayor desviación se ubican precisamente donde hay una carencia de observatorios meteorológicos. Algunas de estas zonas son la comarca del Altiplano de Jumilla-Yecla, al norte de la Región de Murcia, donde los observatorios meteorológicos se concentran en una pequeña área, dejando una gran extensión del territorio con unos valores de error muy altos, y al extremo occidental de la región, entre los municipios de Caravaca y Moratalla. También destaca en la mitad sur de la región, el entorno del Cabo de Palos y el área de Cabo Tiñoso. Ante la ausencia de información climática, la simulación genera unos datos menos rigurosos, lo que podría derivar posteriormente es el establecimiento de unos umbrales poco adecuados, de ahí la necesidad de utilizar una gran cantidad de series climáticas y, a ser posible, procedentes de distintas fuentes.

Figura 7. Estimación de error tras la simulación de temperaturas del percentil 95.

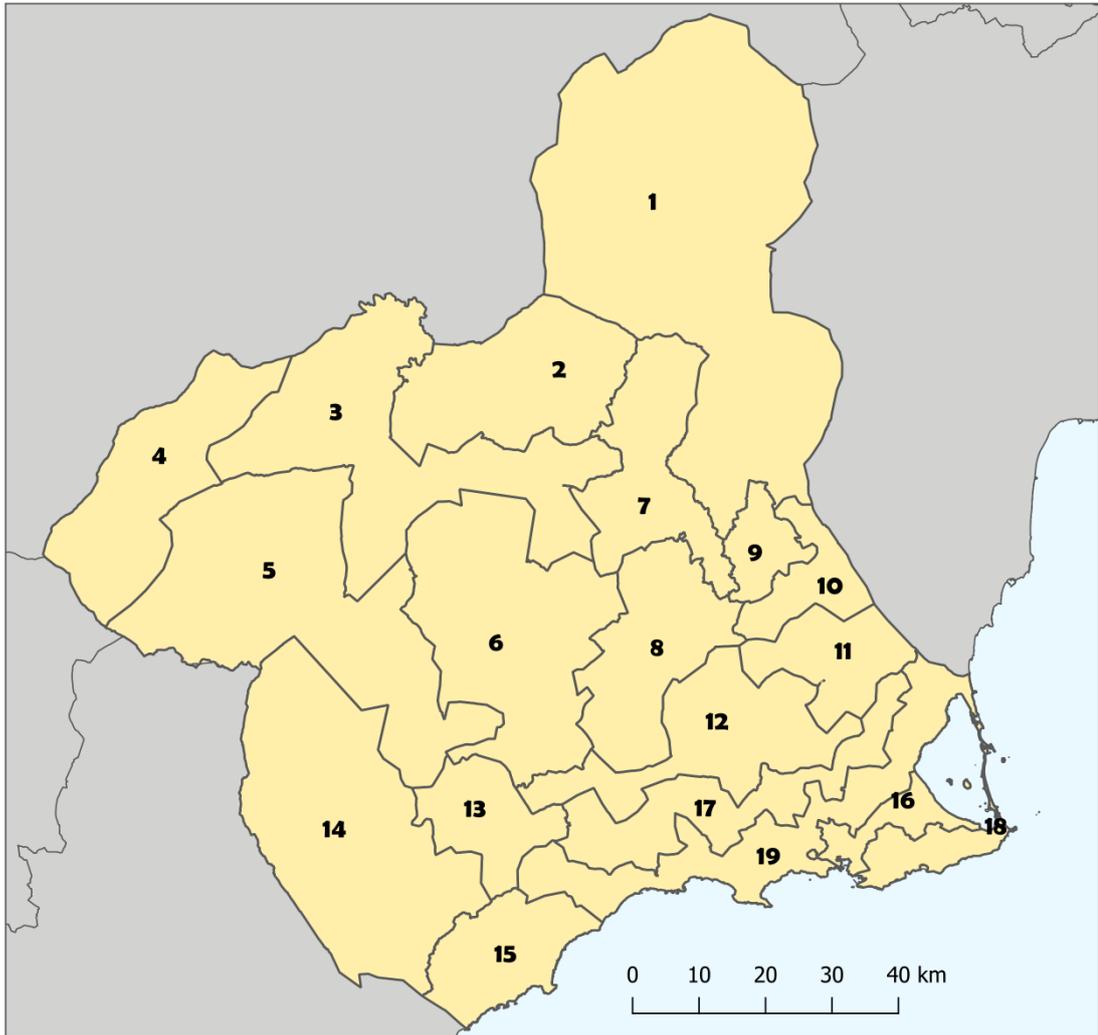


Fuente: Elaboración propia.

Tras el proceso de agrupación de los distintos códigos postales en áreas que cuentan con los mismos umbrales de temperatura siguiendo los criterios del análisis de superposición, se han obtenido 19 zonas que dividen el territorio de la Región de Murcia (Figura 8). Las áreas que concentran un mayor número de códigos postales se corresponden con las áreas metropolitanas de Murcia y Cartagena, donde hay una mayor cantidad de entidades de población. Además, con esta nueva distribución son varios los municipios que se encuentran divididos en varias áreas, siendo probablemente el más característico el municipio de Lorca, que ha sido repartido en 5 zonas de aviso, o Cartagena, que cuenta con 4 zonas distintas dentro de su municipio.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, el área 18 concentra a los códigos postales donde se dan las temperaturas más bajas, siendo el umbral amarillo de 32 °C. El naranja se ha establecido en los 33 °C y el rojo en los 34 °C. De forma contraria, se puede observar como las áreas con los umbrales más altos son la 2 y la 9, donde el umbral del aviso rojo se establece en los 41 °C.

Figura 8. Propuesta de áreas de aviso para temperaturas máximas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Umbrales de avisos propuestos.

ÁREA	AMARILLO	NARANJA	ROJO
1	38 °C	39 °C	40 °C
2	39 °C	40 °C	41 °C
3	38 °C	39 °C	40 °C
4	35 °C	36 °C	37 °C
5	36 °C	37 °C	38 °C
6	37 °C	38 °C	40 °C
7	38 °C	39 °C	41 °C
8	38 °C	39 °C	40 °C
9	39 °C	40 °C	41 °C
10	38 °C	39 °C	41 °C
11	36 °C	37 °C	39 °C
12	37 °C	38 °C	39 °C
13	38 °C	39 °C	40 °C

ÁREA	AMARILLO	NARANJA	ROJO
14	37 °C	39 °C	40 °C
15	34 °C	35 °C	36 °C
16	33 °C	34 °C	35 °C
17	36 °C	37 °C	38 °C
18	32 °C	33 °C	34 °C
19	35 °C	36 °C	37 °C

Fuente: Elaboración propia.

## 4. Discusión

Este trabajo de investigación que genera una propuesta de zonificación más detallada de áreas de aviso por altas temperaturas, es el primero que se realiza en la Región de Murcia intentando responder con mayor precisión a las particularidades climáticas de su territorio.

Los contrastes con respecto a la zonificación utilizada por AEMET son notables, ya no solo por la distribución espacial, sino por haber una mayor horquilla en cuanto a los umbrales de temperatura. En la metodología oficial, la diferencia en el aviso amarillo entre el área con mayor y menor temperatura es de solo 2 °C (36 °C en el Campo de Cartagena y 38 °C en el resto), mientras que en esta propuesta hay distancias de hasta 7 °C entre unas zonas y otras (32 °C en la Zona 18 y 39 °C en la Zona 2). Este hecho permite acotar los umbrales a unos valores más concretos, salvando solo 4 °C de diferencia entre los avisos amarillos y rojos, lo que supone 2 °C menos que el planteamiento realizado en el Plan Meteoaleta.

La división territorial expuesta repercute en una mejor respuesta ante el riesgo, tanto por parte de la población en general, como de los responsables encargados de la protección civil. Por ejemplo, la activación de un aviso en el Área 13 ya no implicaría que territorios donde no existe riesgo alguno, como ocurre en las áreas 5 y 15, con umbrales de temperaturas inferiores, se encuentren bajo una alerta meteorológica. Además, esta propuesta solucionaría, en muchas zonas, uno de los grandes problemas que tienen los avisos meteorológicos emitidos por AEMET, que es su elevado porcentaje de sobreestimación, lo que da lugar a falsas alarmas y, en definitiva, a desconfianza en la población, insensibilidad ante el riesgo y una fatiga por el gran número de alertas (Mackey, 2014).

Sin embargo, el estudio realizado cuenta con algunas limitaciones. El hecho de contar con pocas series proporcionadas por AEMET, que cumplan los requisitos de selección ha provocado que la muestra de estaciones sea reducida, teniendo que hacer uso de otras fuentes de datos y de series climáticas más cortas.

Además, la aplicación de esta zonificación en otros tipos de peligros atmosféricos como pueden ser las rachas de viento, las precipitaciones y las nevadas supondría dificultades metodológicas, y daría lugar a distribuciones de las áreas de aviso totalmente distintas. No obstante, existen casos como, por ejemplo, el protocolo en el cual se basan los avisos meteorológicos de la Agencia Vasca de Meteorología (Euskalmet), donde cada riesgo tiene una distribución espacial de los avisos distinta en base a diferentes criterios (Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología, 2018).

Sin embargo, el presente estudio también presenta ventajas, como el uso de los percentiles para determinar el grado de anormalidad de los valores térmicos y poder instaurar así unos umbrales de temperatura más adecuados, evitando caer de esta manera, en unos umbrales triviales que

tengan poca representación en buena parte del territorio y, por tanto, generen un excesivo número de falsas alarmas. De hecho, el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) define una Situació Meteorològica de Perill, en el caso de las temperaturas máximas, cuando la temperatura prevista es superior al percentil 98 de la temperatura máxima diaria. (Servei Meteorològic de Catalunya, 2022). Asimismo, hay que tener en cuenta que el hecho de realizar una zonificación a partir de percentiles no es nuevo, ya se había realizado previamente para Cataluña, dando lugar a 9 áreas utilizando las comarcas para la distribución zonal de los avisos (Peña Rabadán y Raso Nadal, 2008).

Otra ventaja que aporta este estudio es el uso de una metodología accesible y fácilmente extrapolable, e incluso podría ser utilizada ya no sólo para establecer una zonificación y unos umbrales de aviso, sino simplemente para conocer la distribución espacial y afectación en el territorio, y en la población, de un extremo meteorológico. El hecho de que este sistema tenga en cuenta la distribución real de la población en el territorio, es un factor que hace que se puede exportar esta metodología a otras provincias o territorios con una distribución heterogénea de la población y diversidad climática, como podrían ser las provincias gallegas, Asturias o Canarias, Málaga o Huesca, entre otros.

Como también se ha comentado, esta metodología permite una mejor gestión del riesgo por parte de los responsables de protección civil. Esta propuesta de división se centra en áreas más concretas y no abarcan territorios muy extensos, por lo que es más fácil aunar esfuerzos y rentabilizar el despliegue de medios, evitando así tomar medidas en áreas donde se no se espera que exista riesgo. Además, los encargados de la gestión de la preemergencia tienen constancia de todos los núcleos de población e infraestructuras que hay a un nivel más local. Por el lado de la sociedad, la división partiendo de códigos postales presenta el aliciente de que la población residente en un núcleo de población suele tener conocimiento de cuál es su código postal, lo que facilitaría también las labores de información a la hora de comunicar alertas desde los órganos responsables.

Para finalizar, hay que destacar algunas líneas de investigación como continuación o derivada de este estudio. En primer lugar, esta propuesta debería ser validada y comparada con la metodología oficial de AEMET, de cara a conocer las diferencias entre las temperaturas umbrales, así como las ventajas e inconvenientes de cada sistema. Para ello es necesario realizar un estudio de las distintas series térmicas y su posterior adecuación a un rango de umbrales u otro. En segundo lugar, se podría analizar la idoneidad de las áreas climáticas propuestas en este estudio aplicándolas a avisos por temperaturas mínimas. Por último, se podría aplicar esta metodología a otro tipo de divisiones territoriales más detalladas, como puede ser el uso de las secciones censales, o incluso explorar la utilización de otros métodos para la generación de áreas homogéneas, como puede ser el análisis de los componentes principales.

## 5. Conclusiones

En este estudio se presenta una metodología que ha permitido dividir el territorio de la Región de Murcia en 19 zonas climáticas de avisos por temperaturas máximas, frente a las 5 que propone el organismo oficial. La agrupación de los códigos postales con unos mismos umbrales térmicos ha permitido la creación de esas áreas climáticas más homogéneas, sin tener en cuenta otros límites administrativos y permitiendo realizar una división intramunicipal. Se trata, por tanto, de una metodología que ofrece como resultado una mejor adaptabilidad a las particularidades climáticas y poblacionales del territorio, especialmente heterogénea en el caso de la Región de Murcia, y

que permitiría reducir los niveles de sobreestimación de las alertas oficiales. Además, esta nueva división permite una gestión más eficiente del riesgo por parte de los responsables de protección civil, que podrían centrar su acción en áreas concretas donde existe un verdadero peligro, y no destinar esfuerzos en áreas donde por sus condiciones climáticas no existe ese riesgo.

## Bibliografía

- AEMET. (2014a). *Nuevo Sistema Nacional de Predicción*. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/3192228/>
- AEMET. (2014b). *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos. METEOALERTA*. Jornadas Técnica Sobre Riesgo de Inundaciones Madrid 1-2 de abril de 2014. Recuperado de <https://www.proteccioncivil.es/catalogo/naturales/jornadaRiesgoInundaciones2014/presentaciones/p505.pdf>
- AEMET. (2015). *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos. METEOALERTA*. Recuperado de [https://www.proteccioncivil.es/catalogo/naturales/gestion-riesgos\\_hidrometeorologicos/documentacion/Meteoalerta\\_v6.pdf](https://www.proteccioncivil.es/catalogo/naturales/gestion-riesgos_hidrometeorologicos/documentacion/Meteoalerta_v6.pdf)
- AEMET. (2022). *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos. Meteoalerta*. Recuperado de [https://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/prediccion/avisos/plan\\_meteoalerta/plan\\_meteoalerta.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/prediccion/avisos/plan_meteoalerta/plan_meteoalerta.pdf)
- Agemar, T., Schellschmidt, R., & Schulz, R. (2012). Subsurface temperature distribution in Germany. *Geothermics*, 44, 65-77. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2012.07.002>
- Alexander, L., & Herold, N. (2016). *ClimPACT2: Indices and software*. Recuperado de [https://awi.eprints-hosting.org/id/eprint/49274/1/ClimPACTv2\\_manual.pdf](https://awi.eprints-hosting.org/id/eprint/49274/1/ClimPACTv2_manual.pdf)
- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6, 661– 675.
- Alfaro Lozano, L. (2014). *Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológico*. Nota Técnica N° 001 SENAMHI-DGM-2014. Recuperado de <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/345>
- Anaya, D., Palavecino, M. A., D'Amen, D., Menalled, M., Marcos, S., & Julia, C. (2018). “Generación de umbrales meteorológicos para la emisión de alertas en el Servicio Meteorológico Nacional: lineamientos para avanzar en el pronóstico por impacto”. En *Eventos Extremos de tiempo y clima: integración de conocimientos para la gestión de riesgo*. Actas del XIII CONGREGMET. Rosario, 16 al 19 de octubre de 2018. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12160/866>.
- Centro Regional de Estadística de Murcia. (2014). Municipios en cifras. En *Portal estadístico de la Región de Murcia*. Recuperado de <https://econet.carm.es/municipios-en-cifras>
- Chazarra Bernabé, A. (2014). “Interpolación espacial de la temperatura mínima diaria mediante Krigeado universal”. En *XXXIII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española*. Agencia Estatal de Meteorología y el XIV Encuentro Hispano Luso de Meteorología. Oviedo, 7 al 9 de abril de 2014. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/5891>
- Conesa García, C., & Alonso Sarria, F. (2006). El Clima de la Región de Murcia. En C. Conesa García (Ed.), *El Medio Físico de la Región de Murcia* (pp. 95–127). Servicio de publicaciones Universidad de Murcia.
- Del Pino Corredera, J.D. (2016). “Análisis del uso operativo de los indicadores de verificación basados en tablas de contingencia en el pronóstico de fenómenos meteorológicos adversos”. En *XXXIV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española* (p. 10). Actas de las XXXIV Jornadas Científicas de la AME y el XVII Encuentro Hispano Luso de Meteorología. Teruel, February 29–March 2. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/6098>
- Díaz Jiménez, J., Carmona Alférez, R., & Linares Gil, C. (2015). *Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al calor en España en el periodo 2000-2009*. Madrid, España: Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Sanidad. Recuperado de <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=24/07/2015-fe69310aba>
- Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología. (2018). *Predicción, vigilancia y actuación ante fenómenos meteorológicos adversos* (p. 36). Recuperado de [https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/proto\\_meteo/es\\_proto/adjuntos/PE-005- Avisos de Meteorología Adversa\\_V10\\_es.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/proto_meteo/es_proto/adjuntos/PE-005- Avisos de Meteorología Adversa_V10_es.pdf)

- Dirección General de Seguridad Ciudadana y Emergencias. (2015). *Protocolo de aviso y seguimiento ante meteorología adversa en la Región de Murcia*. METEOMUR. Recuperado de <https://www.112rmurcia.es/attachments/article/7/meteomur2015.pdf>
- Espín Sánchez, D. (2021). *Riesgo de heladas por inversión térmica e incidencia agrícola en la Demarcación Hidrográfica del Segura (DHS)* (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia: Murcia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10201/102361>
- Estrela Navarro, M.J., Pastor Guzmán, J., Miró Pérez, J.J., Gómez Domenech, I., & Barberá Bisbal, M.J. (2007). Diseño de un sistema de predicción operativa de niveles de riesgo por temperaturas extremas para la Comunidad Valenciana. Olas de calor. En M. J. Estrela Navarro (Coord.), *Riesgos climáticos y cambio global en el Mediterráneo español* (pp. 235-252.). Valencia, España: Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo.
- Garrido Abenza, R., Palenzuela Cruz, J.E., & Bañon Peregrín, L.M. (2014). *Atlas climático de la Región de Murcia*. Agencia Estatal de Meteorología. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/13220>
- Guijarro, J. A. (2019). *Package "climatol"* (p. 35). Recuperado de <http://www.climatol.eu/>
- Guijarro, J. A. (2021). *Homogenization of climatic series with Climatol* (p. 20). Recuperado de [https://climatol.eu/homog\\_climatol-en.pdf](https://climatol.eu/homog_climatol-en.pdf)
- Hudson, G. & Wackernagel, H. (1994). Mapping temperature using kriging with external drift: Theory and an example from Scotland. *International Journal of Climatology*, 14, 77-91. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.3370140107>
- IGN. (2022). Hábitat rural. En *Atlas Nacional de España*. Recuperado en [http://atlasnacional.ign.es/index.php?title=Hábitat\\_rural&oldid=54979](http://atlasnacional.ign.es/index.php?title=Hábitat_rural&oldid=54979)
- Jabot, E., Zin, I., Lebel, T., Gautheron, A. & Obled, C. (2012). Spatial interpolation of sub-daily air temperatures for snow and hydrologic applications in mesoscale Alpine catchments. *Hydrological Processes*, 26, 2618-2630. doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.9423>
- Luther, J., Andrioli, M., Honoré, C. & Tang, X. (2019). Cómo contribuir a crear una sociedad resiliente y sostenible que esté preparada para las diferentes condiciones meteorológicas. *Boletín de la Organización Meteorológica Mundial*, 68(1), 29-37. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/10830>
- Mackie, B. (2014). *Warning fatigue: Insights from the Australian bushfire context*. (Tesis Doctoral). University of Canterbury: Christchurch. doi: <http://dx.doi.org/10.26021/4033>
- Martí Talavera, J., Moltó Mantero, E., & Sánchez Almodóvar, E. (2020). Análisis de la verificación de los avisos meteorológicos por temperaturas máximas en la Región de Murcia (2010-2017). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 86, 32. doi: <https://doi.org/10.21138/bage.2958>
- Matthews, T. (2018). Humid heat and climate change. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 42, 391-405. doi: <https://doi.org/10.1177/0309133318776490>
- Ministerio de Agricultura, Agricultura y Pesca (n.d.). Gestión sostenible de regadío. En *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado de <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/sistema-informacion-agroclimatica-regadio/presentacion.aspx>
- Ministerio de Sanidad. (2022). *Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud. 2022*. Recuperado de [https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltas-Temp/2022/docs/Plan\\_Calor\\_2022.pdf](https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltas-Temp/2022/docs/Plan_Calor_2022.pdf)
- Núñez Corchero, M., Del Puerto Centeno, M., Leal Cidoncha, C. & Lázaro, C. (2014). "Análisis de dos métodos de interpolación y sus parámetros, para temperaturas y precipitación mensuales, en Extremadura". En *XXXIII Actas de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española*. Agencia Estatal de Meteorología y el XIV Encuentro Hispano Luso de Meteorología. Oviedo, 7 al 9 de abril de 2014. Recuperado de <https://pub.ame-web.org/index.php/JRD/article/view/2043>
- Organización Meteorológica Mundial. (2015). Hacia una reducción considerable del riesgo de desastres en 2030. *Boletín de La Organización Meteorológica Mundial*, 64(2), 3-8. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/3900>
- Organización Meteorológica Mundial. (2020). *Directrices sobre homogeneización*. Recuperado de [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10384](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10384)
- Pastor, F. (2013). *Sistema de vigilancia de temperaturas extremas en la Comunitat Valenciana*. Recuperado de [http://www.ceam.es/ClimactRegions\\_8/presentaciones/Onades\\_v2.pdf](http://www.ceam.es/ClimactRegions_8/presentaciones/Onades_v2.pdf)
- Peña Rabadán, J. C. & Raso Nadal, J. M. (2008). "Sectorización territorial de los avisos de calor emitidos por el Servei Meteorològic de Catalunya. Aplicación de un análisis en componentes principales a la temperatura máxima diaria.". En J. Sigró Rodríguez, M. Brunet India, & E. Aguilar Anfrons (Eds.), *Cambio climático regional y*

*sus impactos* (p. 401-412.). Tarragona, España: Asociación Española de Climatología. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8652>

- Peñuela Palma, A., Vallejo Villalta, I. & Camarillo Naranjo, J. M. (2019). Análisis de los avisos de la AEMET en la provincia de Sevilla entre los años 2011 y 2017. *Investigaciones Geográficas*, (71), 55-74. doi: <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.71.03>
- Rivera, Á. (2002). Las situaciones de lluvias torrenciales en el área mediterránea española y el Plan PREVIMET (I). *Revista del Aficionado a la Meteorología*, 6, 15. Recuperado de <https://www.divulgameteo.es/uploads/Previmet-I.pdf>
- Roberts, T., Seymour, V., Brooks, K., Thompson, R., Petrokofsky, C. & Landeg, O. (2022). Stakeholder perspectives on extreme hot and cold weather alerts in England and the proposed move towards an impact-based approach. *Environmental Science & Policy*, 136, 467-475. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.07.012>
- Rodríguez Ballesteros, C. (2012). *Olas de calor y de frío en España desde 1975*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/2533>
- Servei Meteorològic de Catalunya. (2022). Situació Meteorològica de Perill. En *Meteocat*. Recuperado de <https://www.meteo.cat/wpweb/divulgacio/la-prediccio-meteorologica/situacio-meteorologica-de-perill/#smp>
- Torrijo Murciano, R. & Lomas González, A. (2018). "La dependencia de la calidad de los avisos con el tamaño del área en el que se emiten.". En *XXXV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española* (pp. 131-138). Actas de las XXXV Jornadas Científicas de la AME y el XIX Encuentro Hispano Luso de Meteorología. León, 5 al 7 de marzo de 2018. doi: <https://dx.doi.org/10.30859/ameJrCn35p131>

## Agradecimientos

Aquí se especificará, de manera breve, el tipo de aportaciones que ha realizado cada autor durante la investigación y elaboración del trabajo.

## Contribución de autorías

La redacción del estudio, planteamiento metodológico, tratamiento de la información y la realización de estadísticas y cartografía ha correspondido a Javier Martí Talavera. Enrique Moltó Mantero, Germán Sánchez Díaz y Esther Sánchez Almodóvar se han encargado de la supervisión del estudio y de dar marco teórico y metodológico.

## Financiación

Este trabajo de investigación no ha contado con ayudas ni financiación.

## Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.