

Análisis espacial y temporal de las olas de frío en la Región de Murcia. Cartografía del riesgo de heladas en la Huerta de Murcia

D. Espín Sánchez¹

¹ Escuela Internacional de Doctorado (Universidad de Murcia). Campus de Espinardo, 30.100 Murcia.

david.espin1@um.es

RESUMEN: Las olas de frío, por su carácter extremo y periódico merecen especial consideración en una región de gran tradición hortofrutícola, como es la Región de Murcia. En la investigación se analizan tales características, su evolución temporal en las últimas décadas, así como una revisión metodológica acerca de su concepto con una justificación de umbrales térmicos máximos y mínimos (P5 y P2) que son representados espacialmente en formato cartográfico. El mayor interés de estudio de las olas de frío en la Región de Murcia subyace en el origen de potentes inversiones térmicas en zonas de valle, ocupadas por un gran mosaico de plantaciones hortofrutícolas, cítricos y vegetales. Bajo estas condiciones de estabilidad, las cuencas y valles fluviales intrabéticos son bastante proclives al desarrollo de inversiones térmicas

Palabras-clave: inversión térmica, irradiación, subsidente, catabático, cartografía de riesgo, helada, Huerta de Murcia.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las olas de frío se ha convertido recientemente en una investigación fructífera y en alza, debido fundamentalmente a su estrecha relación con la salud humana, productividad agrícola, y demás actividades asociadas a las dinámicas socioeconómicas y productivas de una región. Recientemente se ha investigado la relación de episodios de bajas temperaturas con el aumento de problemas respiratorios (Hajat y Haines, 2002). Díaz et al. (2004) comprueba que los efectos de las olas de frío no causan, por lo general, la muerte súbita, aunque pueden provocar el fallecimiento varios días después, a diferencia de los efectos de las olas de calor en verano que causan directamente más mortalidad en la población.

El aumento de la demanda de agua y la electricidad pueden dar lugar a la escasez de energía e incluso apagones. Si los cultivos y el ganado se muestran gravemente afectados durante los eventos de frío extremo, es posible que surjan problemas derivados con la seguridad alimentaria y los medios de vida. Los impactos sociales más amplios pueden incluir efectos en sectores textiles y alimentarios, servicios, turismo y seguridad (WMO, 2015).

El estudio de las características del frío de un territorio ha llevado a la revisión metodológica del concepto de ola de frío, en la que actualmente “no hay una definición generalmente aceptada y rigurosa” (Robinson, 2001, tomado de Labajo Izquierdo et al., 2012). En la gran mayoría de investigaciones científicas realizadas en el estudio de las olas de frío/calor se establecen principalmente dos criterios para su definición. La duración del episodio, en el que, por término medio se establecen dos o más jornadas consecutivas, en las que ha de superarse unos umbrales de temperaturas máximas y mínimas. En segundo lugar, la cuantificación de la intensidad, en numerosas ocasiones determinado por umbrales térmicos, según criterios estadísticos (cuartiles, percentiles, medias...). En consecuencia, para la definición de ola de frío es preciso establecer, de un lado una temperatura de corte, que clasificará los días fríos, y por otro, un grado de persistencia de varios días de duración (Folland et al., 1999).

Existe al respecto gran cantidad de definiciones. En general, una ola de frío se define como el “episodio meteorológico que, con frecuencia diversa, provoca una alteración esporádica del ritmo térmico normal en distintos ámbitos planetarios” (Olcina Cantos, 2009). Diferentes autores definen una ola de frío como el episodio de duración superior a cinco días, en el que se desarrollen dos o más tipos de tiempo fríos consecutivos dentro de un área geográfica de varias decenas de miles de kilómetros cuadrados (Gallego Martín, 2014). En relación a la frecuencia de estos eventos, hay que decir que son “episodios aislados,

aunque muy representativos de los rigores térmicos propios del invierno” (Calonge Cano, 1984). Las olas de frío no son episodios habituales pero tampoco se les puede calificar de eventos excepcionales, puesto que aparecen con un cierto ritmo que puede cifrarse cada diez o catorce años, a veces menos (Ortega Villazán, 1992). La autora concluye que “en realidad, estas olas de frío se definen por la sucesión de una serie de tipos de tiempo, que individualmente constituyen por sí solos situaciones ya muy frías y casi habituales en la secuencia anual de los inviernos”, prestando especial interés a que habitualmente un episodio de frío severo se inicia con heladas advectivas donde el viento es protagonista, acabando por lo general en un periodo de calma y deposición de frío, con heladas de irradiación. Tal y como pone de manifiesto Ginés Llorens (2013), en “muchas situaciones, sobre todo las más intensas, comienzan siendo de un tipo de tiempo y evolucionan hacia otro”.

Para determinar los umbrales térmicos en una ola de frío varios autores han optado por emplear la variable estadística de los percentiles (Labajo Izquierdo et al., 2012; Rodríguez Ballesteros, 2013). La metodología llevada a cabo por el primer autor es la de “construir series de anomalías de las temperaturas máximas diarias (ATMAD) y de anomalías de las temperaturas mínimas diarias (ATMID), para determinar umbrales térmicos que han de ser igualados o superados durante una serie de jornadas consecutivas”, y que la metodología del presente trabajo tendrá en cuenta. La investigación de Cuadrat et al (2013) describe los extremos de temperatura registrados en España desde el año 1900, analizando episodios de calor y frío definidos por el percentil 95% de temperaturas máximas y del 5% de la serie de temperaturas mínimas. Con mayor frecuencia se apoya en la consideración de periodos térmicos superiores o inferiores a un determinado umbral (Prieto et al, 2004; Díaz et al, 2005; Cony et al, 2008 y 2010), considerándose un Día de Frío Extremo (DFE) el definido por el percentil 5% de la serie de temperaturas mínimas diarias de cada observatorio de los meses de diciembre, enero y febrero. Otra definición ampliamente utilizada es la del “Cold spell duration indicator” (CSDI), concretada por una serie de al menos seis jornadas consecutivas, en los que ha de superarse una temperatura mínima por debajo del percentil 10 (Peterson, 2005).

En España se establece como referencia oficial la definición dada de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que considera una ola de frío como “un enfriamiento importante del aire o una invasión de aire muy frío sobre una zona extensa, durante tres o más días, en el que las temperaturas mínimas alcanzadas se sitúan dentro de los valores mínimos extremos” (Elizaga, 2009). Se realiza mediante una división de tres niveles de intensidad. El estudio, claramente general, propicia que toda la Región de Murcia presente los mismos valores de temperatura para emitir un boletín de aviso por bajas temperaturas o para catalogar una ola de frío, cuando las temperaturas mínimas y máximas no presentan un grado espacial homogéneo a lo largo del territorio durante un periodo frío, como posteriormente se corroborará.

1.1. Área de estudio

La Región de Murcia es el ámbito geográfico elegido para el presente estudio científico, que bien puede servir de referencia para un ámbito mayor, como es el Sureste de la Península Ibérica. Con una extensión superficial de 11.313 km², está ubicada en el sector suroriental del dominio morfoestructural de las Cordilleras Béticas. Al norte limita con la zona de transición entre la llanura manchega y las estribaciones prebéticas, lindando con la Comunidad Valenciana (Alicante) y Castilla-La Mancha (Albacete), hacia el oeste con el sector montañoso Bético correspondiente a las provincias andaluzas de Jaén, Granada y Almería. Hacia levante limita con la provincia de Alicante, pero principalmente con el Mar Mediterráneo, y en la frontera meridional con la provincia de Almería. Por tanto participa de las características levantinas, meseteñas y andaluzas, y posee una variada diversidad paisajística (Romero y Belmonte, 2002). Presenta un gran contraste orográfico con sierras más o menos aisladas que adquieren mayor altitud hacia el noroeste y alternan con valles, depresiones y llanuras (Romero, 2007). Las sierras meridionales están construidas sobre materiales del Bético (s.s), de gran complejidad tectónica, formando la alineación litoral y prelitoral, entre las que destaca la abertura que supone el Campo de Cartagena, que desciende gradualmente desde la sierra de Carrascoy hasta el Mar Menor. Destaca así mismo la gran depresión o corredor del Guadalentín. En el sector centro-septentrional se extiende otra serie de sierras formadas sobre materiales Prebéticos y Subbéticos, mientras que al noroeste se hallan las unidades montañosas más elevadas (>1500 m) formando sierras y, entre ellas, corredores intramontañosos, constituyendo, en muchos casos, cuencas surcadas por los afluentes del río Segura (Moratalla, Argos, Quipar, Mula...).

La Región cuenta con un gran número de días despejados y de horas de sol al año, lo que unido a periódicas invasiones de aire frío en capas medias y altas de la atmosfera (principalmente en meses invernales), propicia la aparición de frecuentes inversiones térmicas con génesis de heladas. La temperatura media anual se sitúa en torno a 18°C, las medias de las máximas en los meses de verano superan los 32°C, y

las medias de mínimas en los meses de invierno apenas alcanzan los 5°C. La precipitación anual es escasa (300 a 350 mm) y de extrema irregularidad (Geiger, 1973). Con 1.472.049 habitantes (INE, 2013), la mayoría de residentes en la Región de Murcia habita en núcleos urbanos, principalmente en la capital, que constituye el área más poblada.

Las buenas condiciones agronómicas de sus suelos y la bonanza climática, durante gran parte del año, han llevado a la población a basar su economía tradicional en la actividad agrícola. Las cosechas de plantaciones hortícolas y frutales de cítricos han sido exportadas a numerosos países de toda Europa, generando un sector económico de gran importancia. En los últimos años, dicha actividad agrícola ha decrecido de forma significativa, aunque todavía existen muchas explotaciones de regadío, que suelen verse afectadas por heladas ocasionales (García Martín, 2012).

1.2. Metodología

Los criterios establecidos en la investigación para la definición de ola de frío tienen en cuenta la determinación de umbrales térmicos, así como criterios de temporalidad (duración). En primer lugar la generación de los umbrales térmicos se ha establecido mediante el análisis estadístico de series de diferentes estaciones meteorológicas –un total de 49 puntos de observación– de la Región de Murcia. De cada una de las series estadísticas se han extraído los valores correspondientes al percentil 2 (P2) y percentil 5 (P5) tanto de temperaturas máximas como mínimas. En la presente investigación, se utilizará el (P5), que será el umbral mínimo para la determinación de dichos episodios. Con respecto a la duración del episodio, y siguiendo los criterios de Labajo Izquierdo et al. (2012) y Yagüe et al. (2006), se establecen al menos dos jornadas consecutivas en los que se debe superar simultáneamente los umbrales de temperaturas máximas y mínimas.

En la elaboración de la cartografía de distribución de umbrales térmicos se han utilizado los datos de temperatura de 49 observatorios meteorológicos, los cuales han sido tratados mediante procesos de interpolación (kriging), con el propósito de generar los diferentes mapas de umbrales máximos y mínimos.

Para la elaboración de la cartografía de riesgo de helada se ha trabajado con dos tipos de criterios (peligrosidad y vulnerabilidad). La peligrosidad es analizada mediante valores del número de días de heladas por mes, nº horas de helada, temperaturas medias de las mínimas absolutas... Para el análisis de la vulnerabilidad se estudian umbrales críticos de temperaturas y valor económico del diferente mosaico agrícola de la zona de estudio. Finalmente se genera la capa de riesgo por heladas, elaborada para los diferentes meses de invierno.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS OLAS DE FRÍO EN LA REGIÓN DE MURCIA

2.1. Distribución espacial de los umbrales térmicos de ola de frío

Tras el análisis de las variables térmicas de los 49 puntos de observación meteorológica repartidos por la geografía de la Región de Murcia, se determinan para cada uno de ellos los umbrales térmicos (P5) tanto de temperaturas máximas como de temperaturas mínimas. A continuación se expone la distribución espacial de los valores de temperatura máxima (Figura 1).

Analizando la distribución espacial de las temperaturas máximas, destaca especialmente la gran heterogeneidad territorial de las variables, en la que en las zonas más cálidas de la región llegan a registrar valores máximos de 12,6 °C en Santiago de la Ribera (San Javier), 12,3 °C en Cañada Gallego (Mazarrón) o 12,0°C en La Vereda (Murcia), correspondiendo a zonas del Área Metropolitana de Murcia y zona litoral (Figura 1). Por el contrario, en las tierras altas de la Comarca del Noroeste y Altiplano (zona norte), los umbrales máximos son considerablemente más bajos, destacando los 2,6 °C de Casas del Rey (Moratalla) situado en el altiplano de Moratalla (>1200 m.), 4,4 °C en Barranda (Caravaca de la Cruz) o 5,6°C en Las Moratillas (Yecla). El promedio regional se sitúa, por tanto, en 9,8 °C (con una diferencia térmica entre los extremos de 10°C).

Al tomarse como referencia la variable de las temperaturas mínimas, también se aprecia un gran contraste entre zonas interiores y litorales/prelitorales (Figura 2). La baja probabilidad de registrarse heladas o temperaturas mínimas extremas en sectores litorales, provoca que los umbrales no desciendan de 4,5 °C en Cañada Gallego (Mazarrón) o 4,3 °C en La Pilica (Águilas), constatando que los citados umbrales son muy altos para los sectores costeros, realmente abrigados en el sur de la Región de Murcia. Por el contrario, en zonas interiores y especialmente de valle, los umbrales de temperatura mínima llegan a ser negativos, destacando los -5,3 °C en El Chaparral (Cehegín) o los -5,0 °C de Barranda (Caravaca de la Cruz). El promedio regional se sitúa en -0,2 °C (con una diferencia térmica entre los extremos de 9,8°C).

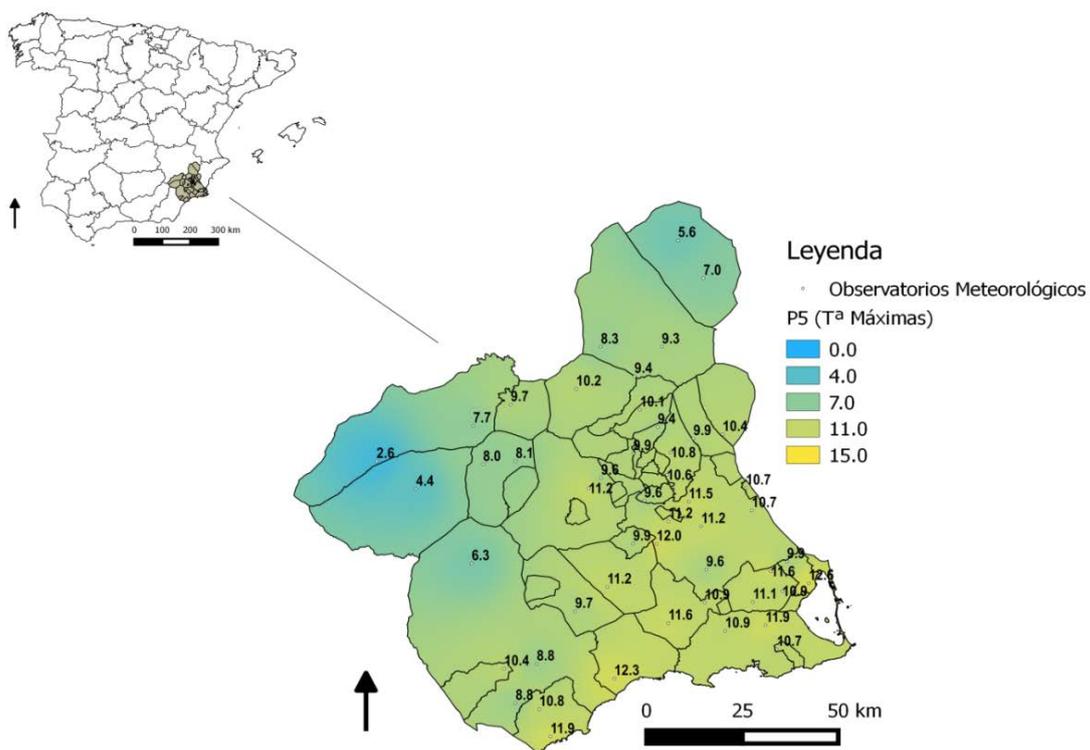


Figura 1. Umbrales de temperatura máxima (P5).

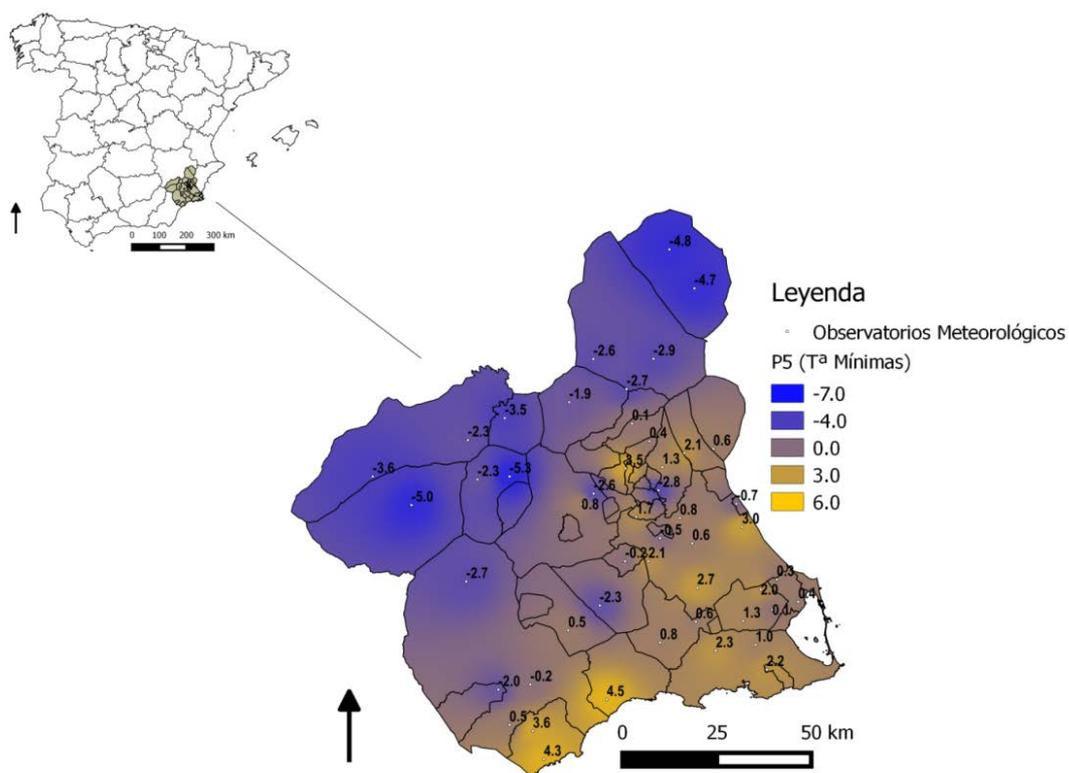


Figura 2. Umbrales de temperatura mínima (P5).

2.2. Evolución temporal del número de olas de frío

Tras el análisis de la distribución espacial de los umbrales térmicos, con el propósito de definir una ola de frío, es necesario un estudio de la evolución temporal, a fin de determinar cual está siendo la tendencia del frío durante las últimas décadas. Para un estudio más amplio se ha elegido el observatorio meteorológico del Aeródromo de Alcantarilla, con una serie estadística de 75 años. Como se muestra posteriormente (Figura 3), y sin dejar en consideración el comportamiento irregular del número de olas de frío propio de los climas mediterráneos, los valores más elevados del número de olas de frío se dieron en la década de los 40 con 1,1 situaciones por año. A partir de ahí, durante las décadas siguientes (50 y 60) se muestra un claro receso en el número de las invasiones de aire frío extremo, pasando a 0,6 en la década de los 50 y a 0,7 en la década de los 60. Posteriormente, tras el descenso de la década de los 70 (0,3) se produce un repunte de los episodios en la década de los 80 (0,7). Durante las décadas siguientes (90 y 00) se establecen los valores más bajos de la serie, llegando a 0,3. Durante los últimos años correspondientes a la década de los 10 se establece un repunte en el número de episodios (1,1). Según el Test de Mann-Kendall se evidencia una tendencia decreciente significativa en el número de episodios de olas de frío durante las últimas siete décadas y media ($Z = -1,65$) con un valor de la S de Kendall de $-348,0$. Diferentes estudios enfocados en la materia, muestran una ligera tendencia a la baja en el número de días con $T^a < 0$ °C durante el período de 1910 a 1998, aunque con una considerable variabilidad regional (Easterling et al. 2000). De Gaetano, (1996) igualmente corrobora la tendencia del descenso de los episodios de frío extremo en EE.UU y Canadá.

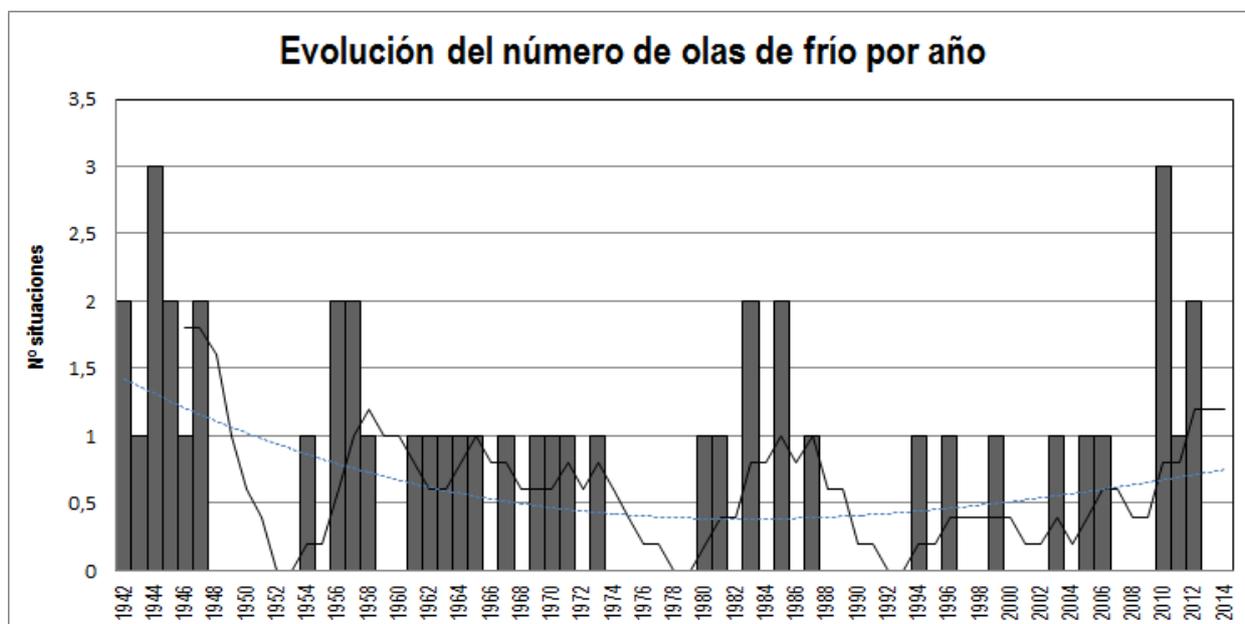


Figura 3. Evolución del número de olas de frío en el Observatorio Meteorológico de 1er Orden Alcantarilla - Aeródromo (1942-2014). Línea continua, media móvil de 5 años; discontinua media logarítmica. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. Elaboración propia.

Para un análisis más pormenorizado de las últimas décadas es preciso el estudio de observatorios meteorológicos de diferentes comarcas de la Región de Murcia, repartidos por la geografía regional con el objetivo de estudiar las diferencias espaciales (Figura 4). La evolución temporal en época reciente se realiza durante las últimas dos décadas (1994-2014) en seis estaciones meteorológicas de las comarcas del Noroeste (La Torrecica), Altiplano (Las Encebras), Vega Media del Segura (Guadalupe), Guadalentín (La Calavera), Campo de Cartagena (Campillo de Abajo) y sector costero del sur de la Región de Murcia (Tébar). (Figura 4).

Se evidencia cómo la gran mayoría de estaciones meteorológicas presenta un incremento de los episodios de olas de frío durante los últimos años (según el Test de Sen), siendo especialmente destacado el ascenso en las Encebras (Jumilla), situado en el norte de la Región de Murcia (Altiplano), y el Campillo de Abajo (Fuente Álamo), en el Campo de Cartagena, y La Calavera (Alhama de Murcia), en el Bajo Guadalentín (centro de la Región de Murcia). La Torrecica (Cehegín) en el sector occidental de la Región también presentan una tendencia creciente lineal durante los últimos años, aunque menos marcada que en los tres casos anteriormente expuestos. En el ejemplo litoral de Tébar (Águilas) y el observatorio meteorológico

de Guadalupe (Murcia), presenta una tendencia casi neutra en el promedio de olas de frío. Al aplicar el Test no paramétrico de Mann-Kendall arroja una tendencia al ascenso, si bien sólo tres observatorios presentan un grado de significación suficientemente elevado para ser confiable (Encebras, Calavera y C. Abajo), tal y como concluyen diversos estudios donde se observa un repunte de los episodios fríos en los últimos años (Miró et al 2006; Brunet et al 2007; Rodríguez Puebla et al 2008; Sigró et al 2012 y Yagüe et al, 2006) (Tabla 1).

Tabla 1. Aplicación del Test no paramétrico de Mann-Kendall para diferentes observatorios meteorológicos de la Región de Murcia. Elaboración propia.

Observatorios	S de Kendall	Z	Resultado tendencia
La Torrecica (Cehegín)	40,0	1,29	Estable/Neutra
Las Encebras (Jumilla)	71,0	2,35	Incremento significativo
La Calavera (Alhama M)	12,0	2,01	Incremento significativo
Guadalupe (Murcia)	60,0	0,37	Estable/Neutra
Tébar (Águilas)	17,0	0,51	Estable/Neutra
Campillo Abajo (F. Alamo)	63,0	2,02	Incremento significativo

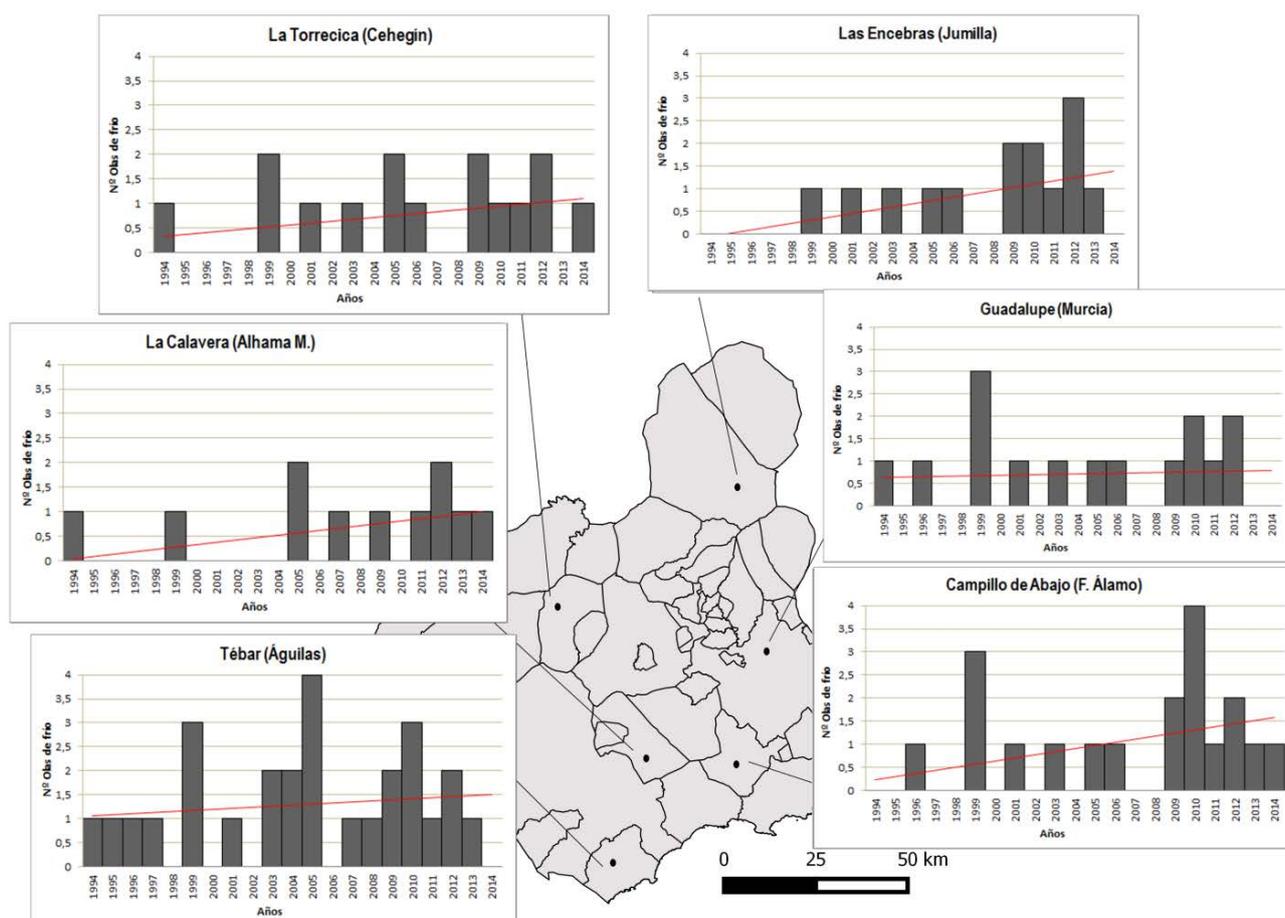


Figura 4. Evolución del número de olas de frío en diferentes observatorios de la Región de Murcia. Línea roja, tendencia lineal. Fuente: Sistema Información Agrometeorológica (SIAM). Elaboración propia.

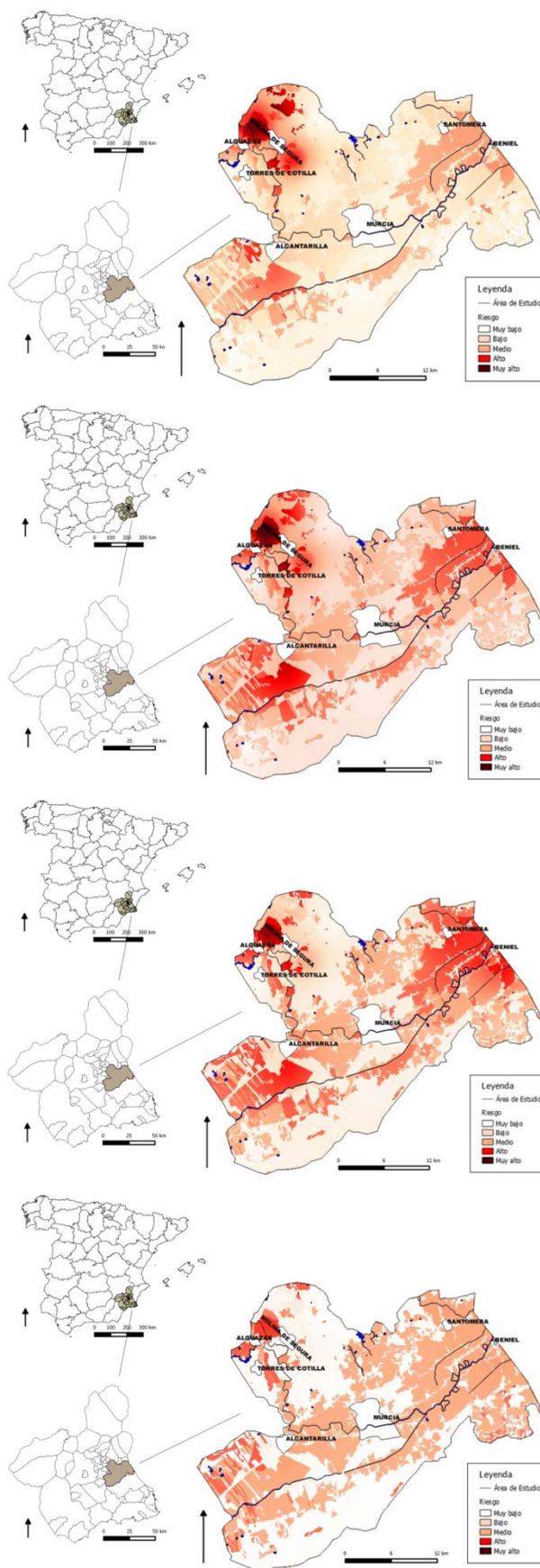


Figura 5. Cartografía del riesgo de helada en la Huerta de Murcia a) diciembre; b) enero; c) febrero y d) marzo. Fuente: Elaboración propia.

3. RIESGO DE HELADAS EN LA HUERTA DE MURCIA

Con la génesis de la cartografía de riesgo de heladas en la Huerta de Murcia, se pueden obtener datos muy interesantes acerca de los sectores con la mayor probabilidad de pérdidas económicas (Figura 5). El frío generado y acumulado durante noches estables en el fondo de la Huerta de Murcia, provoca temperaturas mínimas negativas que interfieren claramente en el desarrollo de vegetales, cítricos, frutales... Por ejemplo las temperaturas en los meses de enero y febrero en el corredor de Molina de Segura puedan alcanzar valores extremos de -8°C , con más de 10 días de heladas entre ambos meses, y con medias de las mínimas absolutas de $-3,8^{\circ}\text{C}$ y $-2,1^{\circ}\text{C}$ respectivamente (Espín Sánchez, 2014).

En el mes de diciembre destaca sobremanera el citado corredor de Molina de Segura, concretamente al norte de los municipios de Alguazas y Molina de Segura, como la zona donde se presenta el mayor riesgo. En general, los mayores índices –riesgo alto y muy alto– se concentran en el sector más septentrional del área de estudio. Otros dos sectores, con riesgo medio-alto se encuentran al oeste de Alcantarilla y en menor medida entre Santomera y Beniel, mientras que por lo general en el resto de la Huerta de Murcia el riesgo es medio-bajo.

Durante los meses de enero y febrero, con cartografías muy parecidas, vuelve a evidenciarse el mayor protagonismo del corredor del Segura a su paso entre Molina de Segura y Alguazas, aunque a menor distancia aparecen zonas del sur de Alcantarilla y Beniel-Santomera, con un riesgo alto. A nivel general se aprecia cómo durante los citados meses se produce el mayor riesgo de helada en la Huerta de Murcia, complementándose el predominio el factor peligrosidad en enero y de vulnerabilidad en febrero.

Finalmente, el mes de marzo aparece como el mes con menor riesgo por heladas en la zona de estudio. A pesar de tratarse con diferencia del mes más vulnerable, la disminución ostensible de la peligrosidad determina unos valores de riesgo bajos. A pesar de ello aparecen zonas muy localizadas en la repetida Molina de Segura con riesgo alto, aunque es preciso considerar que el amplio territorio murciano presenta un riesgo medio-bajo.

4. CONCLUSIONES

La distribución espacial de los umbrales de temperatura máxima y mínima en la Región de Murcia presenta un gran contraste entre las zonas de interior y el litoral/prelitoral. A nivel regional, para catalogar una ola de frío, se requieren valores máximos inferiores o iguales a $9,8^{\circ}\text{C}$ y mínimos de $-0,2^{\circ}\text{C}$ durante al menos dos o más jornadas consecutivas.

La evolución del número de olas de frío durante las últimas décadas ha sufrido en general una clara recesión. Desde la década de los años 50 a las de los 90 se produce un importante descenso de 1,1 a 0,3 situaciones por año. Durante las últimas dos décadas, se evidencia un ascenso en el número de olas de frío en la Región de Murcia, siendo tal ascenso significativo en algunos sectores de la Región de Murcia (Altiplano, Guadalentín y Campo de Cartagena).

En la elaboración de la cartografía de riesgo, donde se han tenido en cuenta criterios de peligrosidad y vulnerabilidad, se pone de manifiesto que los tres sectores con el riesgo más alto de heladas en la Huerta de Murcia corresponden especialmente al corredor del río Segura entre Molina de Segura y Alguazas, a los sectores oeste y sur de la cabecera municipal de Alcantarilla y a los cultivos principalmente cítricos ubicados entre los municipios de Santomera y Beniel.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Brunet, M.; Jones, P.; Sigró, J.; Saladié, O.; Aguilar, E.; Moberg, A.; Della-Marta, P.; Lister, D.; Walter, A. y López, D. (2007): “Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005”. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, pp. 112.
- Calogne Cano, G. (1984): *Climatología de los inviernos de Valladolid*. Valladolid. Universidad de Valladolid. 357 pp.
- DeGaetano A. T., (1996): “Recent trends in minimum and maximum temperature threshold exceedences in the North-Eastern United States”. *J. Climate* 9, pp. 1646-1660.
- Easterling, D. R.; Evans, P. Y.; Groisman, T. R.; Karl, K.; Kunkel E, y. AmbenjeP. (2000): “Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review”. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 81, pp. 417-425.

- Espín Sánchez, D. (2014). Peligrosidad de heladas por inversión térmica en la huerta de Murcia. *Papeles de Geografía*, nº 59-60.
- Folland, C. K., Miller, C., Bader, D., Crowe, M., Jones, P., Plummer, N., Richman, M., Parker, D.E., Rogers, J. y Scholefield, P. (1999): Breakout group C: Temperature indices for climate extremes. *Climatic Change* 4, 31-43.
- Gallego Martín, C. (2014): Las olas de frío en Castilla y León (1970-2009): estudio sinóptico e histórico. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Valladolid. 92 pp.
- García Martín, F.M. (2012): “Dinámicas de crecimiento de la Huerta de Murcia y similitudes con el Véneto italiano”. *V Jornadas de Introducción a la Investigación de la UPCT* 5, pp. 21-23.
- Geiger, F. (1973): “El Sureste español y los problemas de la aridez”. *Revista de Geografía*, 7 (1-2), pp. 166-209.
- Ginés Llorens, F. (2013): Olas de aire frío y temporales de nieve en Castellón. Universitat Jaume I. 45 pp.
- Labajo Izquierdo, A.L; Martín Martín, Q; Labajo Montero, M.; Egido Manzano, M.; y Labajo Salazar, J. (2012): “Tendencia de las frecuencias de las olas de frío en la Meseta Central Española, entre 1961 y 2010”. *VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología*. Salamanca, 2, 432-439.
- Miró, J.; Estrela, M.J. y Millán, M. (2006). “Summer temperature trends in Mediterranean area (Valencia region)”. *International Journal of Climatology*, 26, pp. 1051-1073.
- Olcina Cantos, J. (2009): “Cambio climático y riesgos climáticos en España”. *Investigaciones geográficas*, 49, pp. 197-220.
- Ortega Villazán, M.T. (1992): El clima del sector norte de la Cordillera Ibérica. Estudio geográfico de la Sierra de la Demanda a la del Moncayo. Valladolid. Publicaciones Universidad de Valladolid. 359 pp.
- Peterson, T.C., (2005): Climate Change Indices. *WMO Bulletin*, 54 (2), pp. 83-86.
- Robinson, P.J. (2001): “On the Definition of a Heat Wave”. *Journal of Applied Meteorology*, 40, pp. 762-775.
- Rodríguez Ballesteros, C. (2013): “Olas de Calor y de Frío en España desde 1975”. Calendario Meteorológico 2013 de AEMET, pp. 20-26.
- Rodríguez Puebla, C.; Encinas, A. y García Casado, L. (2008): “Trend of warm days and cold nights in the Iberian Peninsula”. Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica.
- Romero Díaz, A., Belmonte Serrato, F. (2002): “Los paisajes geomorfológicos de la Región de Murcia como recurso turístico”. *Cuadernos de Turismo*, 9, pp. 123-142.
- Romero Díaz, A. (2007): El relieve. In A. Romero Díaz y F. Alonso Sarria (Coords.) Atlas Global de la Región de Murcia. La Verdad CMM S.A., pp. 136-145.
- Sigró, J.; Brunet, M. y Aguilar, E. (2012): “Los extremos térmicos en el litoral mediterráneo: evolución y factores de forzamiento”. *Territoris*, 8, pp. 265-281.
- WMO (2015): Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development, 114 pp.
- Yagüe, C., Martija, M., Torres, J., Maldonado, A. I., y Zurita, E. (2006). “Análisis estadístico de las olas de calor y frío en España”. *XXIX Jornadas Científicas de la AME*, pp. 20-26.