

4

Superación de umbrales meteorológicos, con tendencia cambiante de los valores extremos

*David Espín Sánchez**

Departamento de Geografía (Universidad de Murcia)

RESUMEN

La Región de Murcia, envuelta en el contexto de aumento de la temperatura media global, registra tendencias al alza en los umbrales de extremos de temperatura máxima y mínima durante el periodo cálido (mayo-septiembre), especialmente en referencia a sus valores nocturnos (noches tropicales). Por su parte, el periodo invernal tiende a presentar un mayor confort térmico, alejándose por lo general de los umbrales de frío extremo de décadas pasadas. En la presente investigación, se analizan las tendencias estadísticas de ocho índices climáticos propuestos por el Grupo de Expertos en Detección de Cambio Climático e Índices (ETCCDI) del IPCC, de los que tres de ellos hacen referencia al periodo frío y el resto al cálido. Así mismo, se establecen comparativas en las características y tendencias estadísticas de varios de los índices climáticos con algunas de las capitales del sur peninsular, desde el año 1893. En último lugar, se establece una revisión metodológica de los umbrales oficiales de temperaturas máximas y mínimas establecidos por AEMET en la Región de Murcia, en consonancia al estudio de los percentiles P90, 95 y 98 de varios observatorios del área de estudio. En definitiva, la investigación trata de poner de relieve que los umbrales térmicos en la Región de Murcia están cambiando, especialmente aquellos que afectan a las temperaturas mínimas estivales.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las temperaturas máximas y mínimas ha sido muy cuantioso durante las últimas décadas, especialmente desde que el IPCC publicara su 1er Informe de Evaluación

* Para correspondencia, e-mail: david.espin1@um.es

del Cambio Climático en 1990. Desde entonces, aparecen diversos estudios a escala nacional sobre certezas e incertidumbres de la hipótesis de cambio climático en la Península Ibérica, con referentes tales como Toharia *et al.* (1998), Olcina Cantos *et al.* (2004, 2009), y Javier Martín Vide *et al.*, (1994, 2010), quienes fueron analizando y dando los primeros pasos en el análisis de datos meteorológicos espacio-temporales en la Península. A partir de ahí, y con una tendencia creciente de la temperatura media global, se desarrollan numerosos estudios mesoescales y de ámbito local.

Sin embargo, en la Región de Murcia, no se advierten demasiados análisis térmicos durante las últimas décadas, sólo aquellos que hacen referencia al estudio de temperaturas mínimas invernales y de génesis de heladas, principalmente desde un punto de vista agrícola, y meramente cuantitativo (Baeza Gala, 1993; Ferreras Fernández, 2003; Quiles Payá, 2011). Con el transcurso de los años, ya en fechas más recientes, aparecen los primeros estudios de análisis de tendencias y modelización climática desde el punto de vista del análisis de episodios fríos y cálidos, destacando, así mismo, los estudios de heladas de irradiación mediante procesos de inversión térmica en la Huerta de Murcia. Destacan, de igual manera, estudios temporales recientes de valores térmicos máximos extremos en la ciudad de Murcia, que determinan una especial relevancia en el aumento de las noches tropicales, pero un estancamiento de los episodios de ola de calor y los días extremos de temperatura ($>40^{\circ}\text{C}$). (Conesa García *et al.*, 2014, y Espín Sánchez, 2014, 2015, 2016).

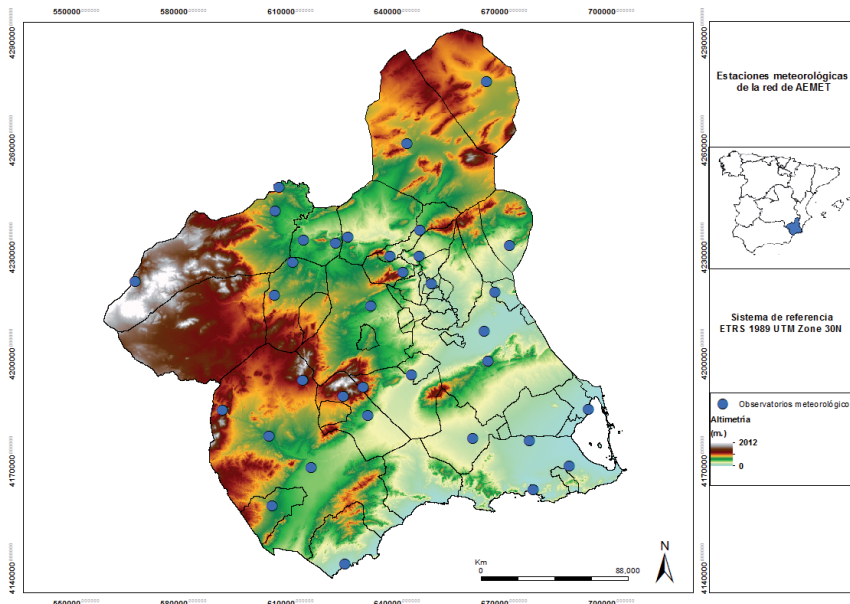


Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas de la red de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), con un periodo de referencia 1960-2016.

La Región de Murcia cuenta con un significativo número de días despejados y de horas de sol al año, lo que repercute de manera importante en el carácter extremo de las temperaturas, especialmente en zonas interiores. Las periódicas invasiones de aire frío en capas medias y altas de la atmósfera (especialmente durante los meses de invierno), propicia la aparición de frecuentes inversiones térmicas con génesis de heladas, llegándose a contabilizar valores cercanos a las 100 heladas anuales. Por su parte, el periodo estival se caracteriza por presentar valores calurosos, aunque bien es cierto que las jornadas de calor extremo son relativamente bajas en comparación con el Valle del Guadalquivir, como posteriormente se analizará. Éstas se originan principalmente por advecciones de masas de aire cálidas de origen subtropical marítima, que han sido desnaturalizadas con movimientos subsidentes, provocando un estancamiento y recalentamiento sobre la Península; o bien por advecciones subtropicales continentales, procedentes del norte del continente africano, y acompañadas por con flujo superficial del oeste, lo que genera un marcado Föhn sobre la Región de Murcia debido a las sierras de Cazorla y Segura. La temperatura media anual se sitúa en torno a 18° C, las medias de las máximas en los meses de verano superan los 30°C, y las medias de mínimas en los meses de invierno logran descender de 5°C. En resumen, el contraste térmico entre el noroeste/sureste, y norte/sur de la Región de Murcia es manifiesto, con diferencias anuales de 100 heladas (<0°C) y noches tropicales (>20° C) entre sectores litorales y valles montañosos del interior de Moratalla y Caravaca de la Cruz.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

Para la caracterización y estudio de tendencias climáticas referentes a los valores máximos y mínimos de temperaturas, se selecciona un total de 37 observatorios de la red meteorológica de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), con un periodo de referencia homogéneo para todos ellos (1960-2016), así como la de cinco observatorios nacionales (Sevilla, Badajoz, Granada, Ciudad Real y Albacete) con periodo de referencia 1894-2010. La elección de los observatorios obedece a un reparto espacial uniforme de las series de datos meteorológicos por el área de estudio, englobando los valles y cubetas interiores, zona litoral, altiplano norte de Yecla-Jumilla, así como espacios montañosos del oeste de la Región de Murcia. La temporalidad de datos, arrancando desde el año 1960 está justificada en la escasez de observatorios meteorológicos que cumplen los requisitos, pues la gran mayoría presentan series modernas, y no lo suficientemente largas para acometer investigaciones rigurosas de tendencias estadísticas. Se considera, por tanto, que la duración de 57 años, es más que suficiente para establecer una evaluación climática pertinente del último medio siglo en la Región de Murcia.

En primer lugar, se establece un proceso de homogeneización de las bases de datos meteorológicas, llevada a cabo con la versión 3.0 del paquete Climatol, desarrollado dentro del proyecto R de GNU (Guijarro, 2016). A través del citado software, se realiza una homogeneización relativa, mediante la creación de series de referencia, constituidas a través de una ponderación media de los observatorios meteorológicos más cercanos en cada uno de los lugares dónde se ubican las estaciones del estudio. Para la ponderación de cada una de las estaciones se considera el criterio de la distancia (*wd*), si bien la escasa red de estaciones

meteorológicas utilizadas en el presente estudio puede no ser el más idóneo debido al gran déficit de observatorios meteorológicos en zonas montañosas del área de estudio. Tras la posterior detección de inhomogeneidades, se vuelve a aplicar el test de homogeneidad a la serie completa, para a continuación proceder con el relleno de las lagunas de datos faltantes.

Tabla 1. Listado de los observatorios meteorológicos utilizados de la Región de Murcia, con periodo de referencia homogéneo (1960-2016).

Observatorio	Municipio	Altitud	Observatorio.	Municipio	Altitud
C.H.S	Abanilla	232	C.H.S	Lorca	309
S ^a de la Pila	Abarán	286	Emb. Puentes	Lorca	582
S ^a del Oro	Abarán	477	Emb. Valdeinfierno	Lorca	707
Diputación	Águilas	15	Zarzadilla Totana	Lorca	872
Huerta Española	Alhama M.	772	Rogativa	Moratalla	1339
H.E	Archena	94	El Chopillo	Moratalla	428
Casa Forestal	Blanca	242	Emb. Cenajo	Moratalla	410
Calasparra	Calasparra	348	Emb. Cierva	Mula	351
Emb. Alfonso XIII	Calasparra	291	Beniajam	Murcia	34
El Algar	Cartagena	40	Alfonso X	Murcia	519
Pozo Estrecho	Cartagena	50	El Sequén	Murcia	478
Puerto	Cartagena	1	C.H.S	P. Lumbreras	478
Los Rosales	Cehegín	538	La Calera	Ricote	492
Emb. Argos	Cehegín	408	Aeródromo	San Javier	2
Los Almadenes	Cieza	218	Emb. Santomera	Santomera	291
C.H.S	F. Álamo	128	Alquerías	Totana	811
I.L	Jumilla	183	Sr. Muñoz	Totana	291
C.H.S	Librilla	583	C.H.S	Yecla	582

El estudio de tendencias de las temperaturas máximas y mínimas se realiza mediante el test estadístico no paramétrico de Mann-Kendall (MK), el cual obtiene resultados de p “value” de 0.05, es decir, presenta tendencias estadísticamente significativas, bien sean positivas o negativas, siempre que el valor estadístico Z exceda 1.96 y 2.58 respectivamente, para un nivel de confianza del 95%.

Finalmente, se realiza una cartografía de tendencias (°C o días / década) en base a los diferentes índices climáticos utilizados en el estudio, y desarrollados por el Grupo de Expertos en Detección de Cambio Climático e Índices (ETCCDI) del IPCC: T^a media de las máximas (Tm), T^a máximas absolutas (TXx), jornadas con temperaturas máximas > 35°C (TX35), jornadas con temperaturas máximas >40°C (TX40), T^a media de las mínimas (Tn), T^a mínimas absolutas (TNn), jornadas con temperaturas mínimas <0°C o días de helada (aNFDs), y por último, las jornadas con temperaturas mínimas >20°C o noches tropicales (aTNs). Se elaboran, así mismo, una serie de gráficas que reflejan la evolución regional y comarcal en el área de estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Temperaturas medias de las máximas (T_m)

Las temperaturas máximas durante los meses cálidos (mayo-septiembre) en la Región de Murcia muestra un comportamiento en general ligeramente descendente ($-0,1^\circ\text{C}$ / década), si bien, el patrón espacial muestra grandes heterogeneidades territoriales, que no muestran una fácil casuística. Se pone de manifiesto en la gran mayoría de observatorios que el mes de junio es el que posee una mayor tendencia positiva ($0,3^\circ\text{C}$ / década), evidenciando un adelantamiento del periodo estival en la Región de Murcia. Mientras, en el resto de meses cálidos, a excepción de agosto que no muestra tendencia ($0,0^\circ\text{C}$ / década), descienden ligeramente ($-0,1^\circ\text{C}$). El caso más sobresaliente es el mes de septiembre, que a pesar de presentar en el año 2016 temperaturas máximas absolutas record en la Región de Murcia, presenta una tendencia significativamente negativa ($-0,3^\circ\text{C}$), siendo además palpable en un gran número de observatorios. En efecto, un total de siete observatorios meteorológicos (Aguilas, Pozo Estrecho-Cartagena, Argos-Cehegín, El Chopillo-Moratalla, Alfonso X-Murcia, Santomera, y Alquerías-Totana) presentan tendencias significativamente positivas, mientras que seis de ellos (Puerto de Cartagena, Zarzadilla de Totana-Lorca, Fuente Álamo, Embalse de la Cierva-Mula, Puerto Lumbreras, y La Calera-Ricote) descienden la media de sus temperaturas máximas durante el periodo cálido (Figura 2). Como se puede comprobar, no existe un patrón morfo-espacial que explique el contraste existente en la Región de Murcia, obedeciendo seguramente a aspectos microescalares, en referencia a las características especiales de cada sector territorial. Ni siquiera, la teoría defendida por Quereda Sala *et al.*, (2011) que argumenta un mayor aumento de las temperaturas por el crecimiento de las ciudades, en contraposición con el medio rural donde apenas crecen, es aplicable al presente estudio. En efecto, los observatorios con clara influencia urbana descienden su media de las temperaturas máximas en $-0,1^\circ\text{C}$ por década, mientras que aquellos puntos en medio rural, sin apenas relevancia en las actividades socioeconómicas de las tramas urbanas, no experimentan variaciones ($0,0^\circ\text{C}$ / década).

La evolución temporal reciente de los valores máximos en la Región de Murcia ha experimentado importantes variaciones, especialmente en la década de los 70, cuyos promedios rondaba un valor de $28,4^\circ\text{C}$. A partir de finales de la década de los 80 se producen un menor cambio en el patrón temporal de temperatura, oscilando entre 29 y $29,8^\circ\text{C}$, para alcanzar la época actual, donde el promedio se encuentra estancado (Figura 3). Por ámbitos territoriales, destaca el Noroeste y la Vega Media del Segura con tendencias positivas de $0,2^\circ\text{C}/\text{década}$, si bien la Vega Alta del Segura y el Altiplano-Oriental muestran ligeras evoluciones al alza ($0,1^\circ\text{C}/\text{década}$). Por su contra, el Alto Guadalentín y la Comarca del río Mula, experimentan leves descensos de $-0,1^\circ\text{C}/\text{década}$. La conclusión general, es que los valores medios de temperatura máxima durante el pre-verano y los meses estivales apenas muestra tendencias lo suficientemente significativas para tenerlas en consideración, tal y como muestran los estudios de Miró *et al.* (2006) y Quereda Sala *et al.* (2011) en la Comunidad Valenciana.

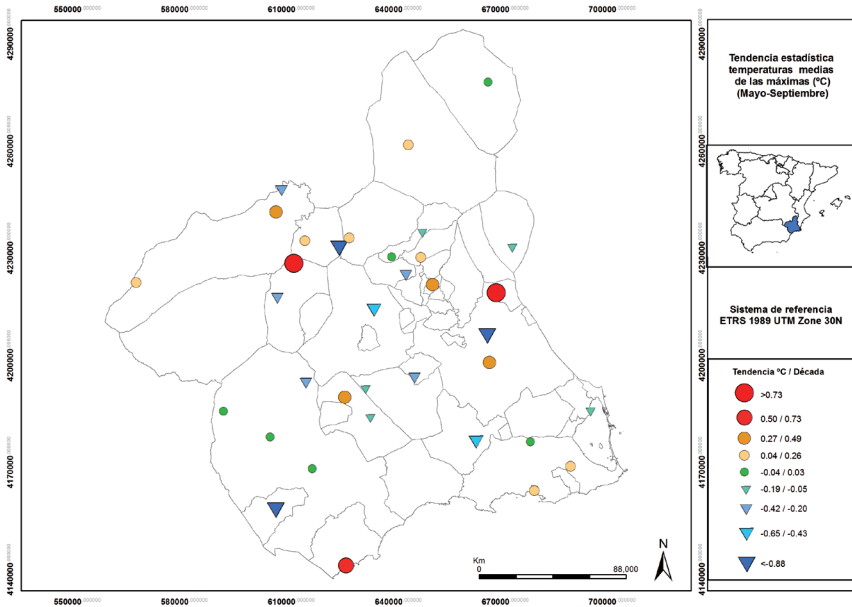


Figura 2. Tendencia estadística (°C/década) de las temperaturas medias de las máximas de los meses mayo a septiembre (1960-2016).

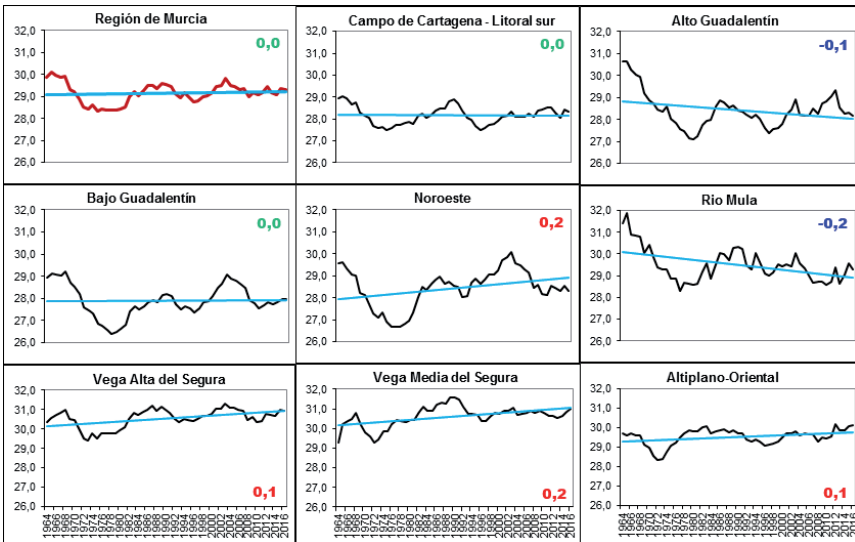


Figura 3. Evolución temporal de la temperatura media de las máximas en la Región de Murcia y sus diferentes comarcas (1960-2016) mediante medias móviles de 5 años. Tendencia °C/década en color R/V/A en negraita.

3.2 Temperaturas máximas absolutas (TXx)

Los valores extremos de temperatura máxima vienen reflejados especialmente por los valores máximos absolutos alcanzados durante cada año en los meses de verano. A nivel regional no se observa una tendencia clara, si bien existe una ligera evolución negativa de los valores máximos extremos ($-0,1^{\circ}\text{C}/\text{década}$), siendo de nuevo algo más evidentes durante los meses de mayo y junio ($0,1/\text{década}$), donde parece que en meses pre-veraniegos los extremos térmicos máximos están aumentando ligeramente. En el resto de meses se produce una ligera tendencia negativa ($-0,1^{\circ}\text{C}$), siendo el mes de julio aquel en el que las temperaturas máximas extremas experimentan un mayor descenso ($-0,2^{\circ}\text{C}$). Durante los últimos años, el mes de agosto está registrando los extremos de temperatura máxima en la Región de Murcia. A pesar de ello, el récord de temperatura máxima absoluta de la Región de Murcia corresponde a Murcia-Alfonso X con $47,2^{\circ}\text{C}$ (04/07/1994), constituyendo en la actualidad el record oficial de España. En las estaciones de 1er orden de la Región de Murcia, Alcantarilla (Base Aérea), registra un valor máximo de $46,1^{\circ}\text{C}$ el 4 de julio de 1994, siguiendo vigente 14 años después. Por su parte, el mes de agosto arroja un registro máximo que data del reciente año 2012 ($44,6^{\circ}\text{C}$, el 10 de agosto del mismo año). Tanto los meses de mayo ($42,5^{\circ}\text{C}$ en 2015), junio ($44,0^{\circ}\text{C}$ en el año 2012) como septiembre ($43,6$ en 2016) han visto superar su record en años recientes, aunque no el récord absoluto del año 1994.

Tal y como ocurre con los promedios de la media de las máximas, no existe un patrón espacial que pueda explicar la gran heterogeneidad existente en las tendencias (Figura 4). La Comarca del Noroeste y Altiplano-Oriental presentan resultados diferentes, ya que aumentan sus extremos de calor ($0,2$ y $0,3^{\circ}\text{C}/\text{década}$), curiosamente siendo espacios interiores más vinculados al comportamiento atlántico en el aumento de episodios de calor extremo, donde se produce un evidente incremento de 0,6 olas de calor por década en el interior peninsular (Labajo *et al.*, 2014). Por su parte, en las comarcas litorales, Bajo Guadalentín y río Mula, se produce un descenso en las temperaturas máximas absolutas en las últimas décadas ($-0,2$ y $-0,3^{\circ}\text{C}/\text{Década}$) (Figura 5). Especial es el caso del litoral murciano, véase el ejemplo del Aeródromo de San Javier, donde su temperatura máxima absoluta histórica data del año 1961 con $40,5^{\circ}\text{C}$. Tal y como ocurre en la gran mayoría de observatorios regionales, durante los meses estivales no se superan en la actualidad sus valores máximos extremos, pero si durante los meses que anteceden y preceden al verano. En dicho observatorio, los records de julio y agosto datan del año 1961 y 1949 respectivamente, mientras que en mayo se bate el récord en 2015, en junio en el año 2012, mientras que en septiembre se alcanza en el pasado año 2016.

La evolución de los percentiles de temperatura máxima diaria (P90, 95 y 98) en los meses de julio y agosto experimenta cambios poco relevantes en los periodos de referencia (1960-1988) y (1989-2016), si bien por lo general tienden a descender ligeramente (Tabla 2). En años recientes, AEMET, realiza una revisión y modificación de los avisos meteorológicos por temperaturas máximas extremas en la Región de Murcia, fijando en 38°C para el aviso de nivel amarillo, 40°C para el naranja, y 44°C para el rojo, a excepción del Campo de Cartagena, cuyos umbrales son 36, 39 y 42°C respectivamente. Parece

oportuno considerar la sobredimensión de algunos de los umbrales de AEMET, a tenor de los percentiles calculados para las diferentes zonas meteorológicas, especialmente el aviso rojo cuyo umbral se encuentra 3°C por encima del P98 de amplias zonas de la Región de Murcia.

Tabla 2. Evolución del P90, 95 y 98 de las temperaturas máximas absolutas de los meses de julio y agosto, según periodo de referencia.

Observatorio	Tx (P90)		Tx (P95)		Tx (P98)	
	1960-1988	1989-2016	1960-1988	1989-2016	1960-1988	1989-2016
Yecla C.H.S	38,0	37,0	39,0	38,0	41,0	39,0
Emb. Alfonso XIII	38,0	37,6	39,0	39,0	41,0	40,0
Pozo Estrecho	34,0	35,0	35,0	36,0	36,0	37,0
Emb. Puentes	37,0	37,0	39,0	38,0	40,0	39,0
Benijam	39,0	38,0	40,0	39,5	42,0	40,6

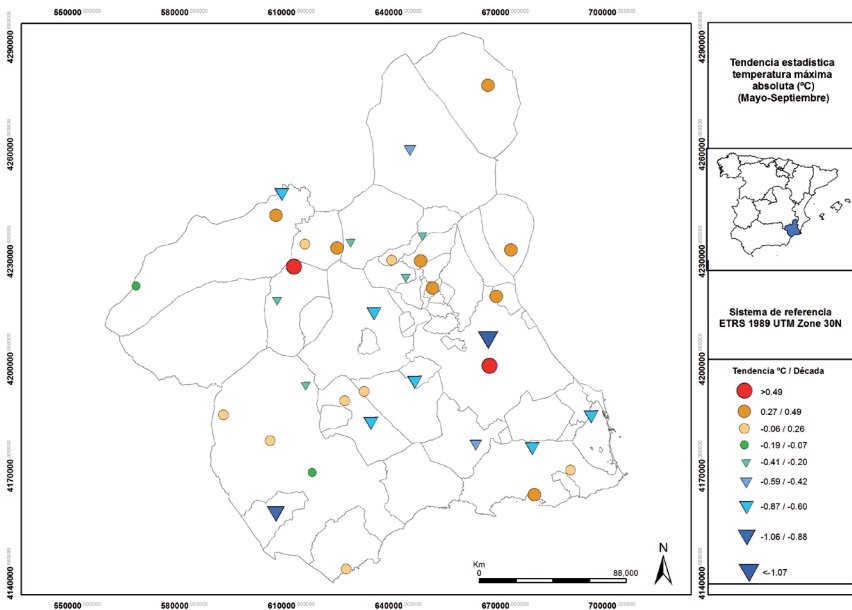


Figura 4. Tendencia estadística (°C/década) de las temperaturas máximas absolutas de los meses mayo a septiembre (1960-2016).

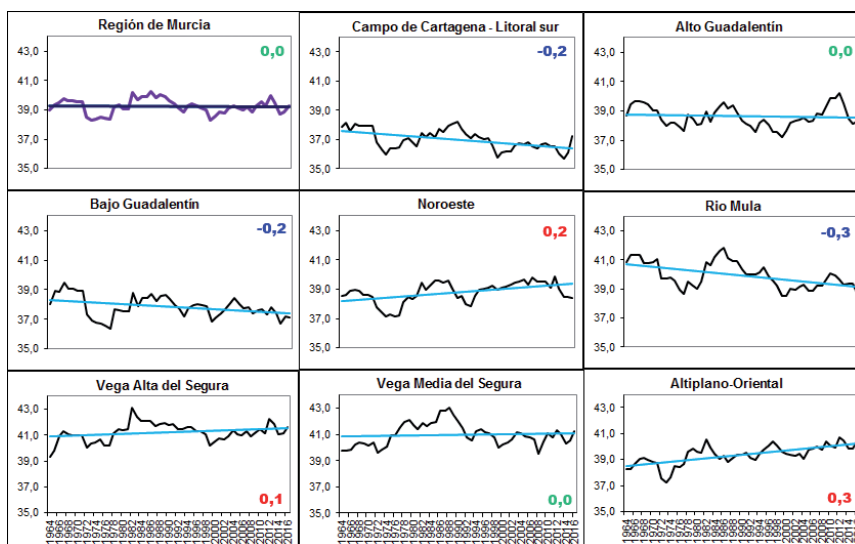


Figura 5. Evolución temporal de las temperaturas máximas absolutas en la Región de Murcia y sus diferentes comarcas (1960-2016) mediante medias móviles de 5 años. Tendencia °C/década en color R/V/A en negraita.

3.3. Número de jornadas con temperaturas máximas superiores a 35°C (TX 35°C)

Para una mejor comprensión en el estudio del calor estival extremo, es preciso recurrir a aquellas jornadas en la que la temperatura máxima diaria alcanza o supera los 35°C, umbral del que varios autores han establecido para hablar de calor intenso (Lelieveld *et al.*, 2012). Dichas jornadas están produciendo un aumento general del orden de 0,2 días/década, siendo el mes de junio el que más sufre este incremento (0,2 días/década). Por el contrario, los meses de julio y agosto muestran pocas variaciones, mientras que el mes de septiembre refleja una media ligeramente negativa (-0,1°C). Tal como ya se ha descrito se observa una importante variación espacial con hasta diez observatorios con tendencias significativamente positivas (Archená, Cehégín, Blanca, Chopillo...), pero con un total de nueve, donde se reducen significativamente estas jornadas (Puerto Cartagena, Fuente Álamo, Librilla, Zarzadilla de Totana...). Los observatorios con vinculación urbana descienden sus valores máximos estivales en -0,1°C por década, mientras que aquellos que se encuentran en espacios rurales lo hacen en -0,2°C.

Tal y como observa en la Figura 6, los mayores incrementos de los TX35 se corresponden rotundamente con la Vega Media y Baja del Segura, siguiendo el trazado del principal colector fluvial de la Region, el río Segura, y con aumentos comprendidos entre 4 y 8 días/década. Mientras, en zonas meridionales (Guadalentín y litoral) aparecen descensos

ligeros. En éstas últimas zonas (Alto y Bajo Guadalentín, Campo de Cartagena y también Río Mula) donde la evolución temporal es manifiestamente negativa desde el año 1960 a la actualidad (-1,0 y -1,7 días/década). Por el contrario, se establece una tendencia claramente positiva en el ascenso de los TX35 en la Comarca del Altiplano-Oriental (1,1 días/década), Vega Alta del Segura (2,6 días/década), Vega Media (2,0) y finalmente el Noroeste (4,6), si bien experimenta un retroceso durante los últimos años (Figura 7), espacios más alejados del litoral murciano.

A continuación, se establece una comparativa entre la ciudad de Murcia, la cual ve ascender el número de jornadas anuales de TX35 en 3,7 días/década, con respecto a cinco capitales del interior sur peninsular, a fin de poder tener una visión más completa e integral. En efecto, la ciudad de Murcia, máximo exponente del calor extremo junto a la Vega Alta a su paso por Calasparra (alrededor de 30 días anuales), está muy lejos de los valores registrados en las Vegas del Guadalquivir y del Guadiana, donde Sevilla alcanza casi 53 días con valores máximos por encima de los 35°C. Incluso, Badajoz o la propia Ciudad Real, vegas interiores a baja altitud, y con clara influencia a tiempos atlánticos estivales, superan en número de días calurosos a la ciudad de Murcia, rompiendo el falso mito de calor severo prorrogado que se le atribuye a la capital murciana al nivel de Córdoba o Sevilla. Si bien, en temperaturas máximas absolutas si rivaliza con los observatorios del Guadalquivir, pero no en recurrencia de días de calor extremo al año. Los seis observatorios analizados muestran tendencias al alza en las jornadas de TX35, presentando todos ellos menos Sevilla, una tendencia significativamente positiva desde el año 1960 a la actualidad, con valores que se sitúan con aumentos entre 2,6 y 3,8 días/década. Tan sólo Sevilla, quien ya de por sí posee un número tremendamente elevado, ve acrecentar en “sólo” 1,3 días/década sus jornadas calurosas en verano (Tabla 3).

Tabla 3. Evolución del número de días anuales (TX35°C) en diferentes capitales del sur peninsular. En negrita, tendencia significativa para un nivel de confianza del 95%.

Variable	Murcia	Sevilla	Badajoz	Ciudad Real	Granada	Albacete
Promedio (1981-2010)	28,8	52,8	43,0	35,2	27,3	19,2
Promedio (1951-1980)	17,9	49,0	35,6	25,5	23,0	11,9
Promedio (1921-1950)	17,7	41,3	38,4	27,4	23,7	12,5
Promedio (1894-1920)	13,8	42,1	32,5	19,1	15,5	8,9
Tendencia (1960-2016)	3,7	1,3	2,8	3,8	2,6	3,1

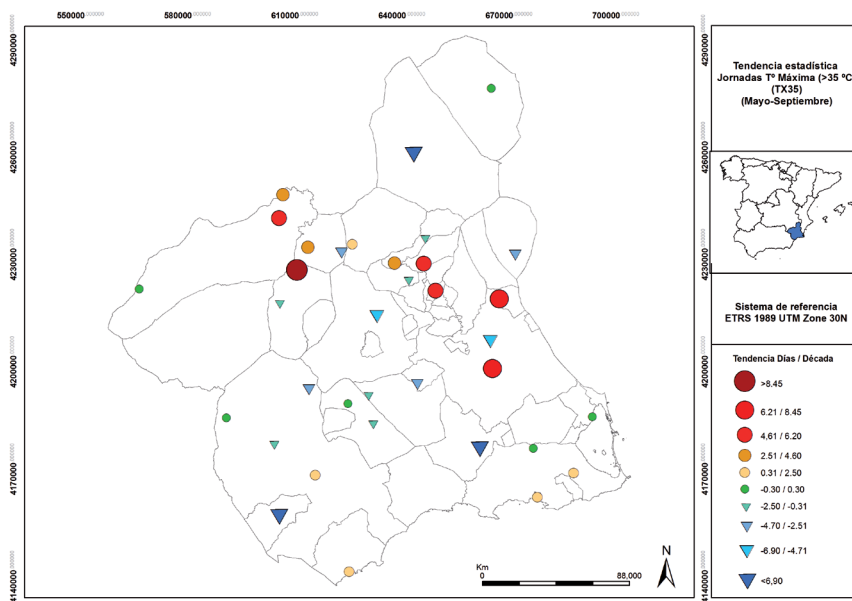


Figura 6. Tendencia estadística (días/década) de las jornadas con temperatura máxima superior a 35°C de los meses mayo a septiembre (1960-2016).

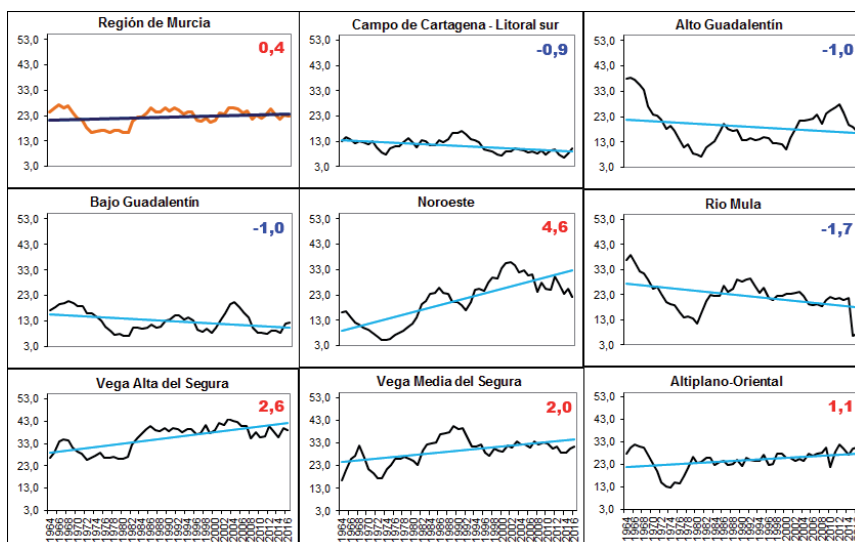


Figura 7. Evolución temporal de las jornadas TX35 en la Región de Murcia y sus diferentes comarcas (1960-2016) mediante medias móviles de 5 años. Tendencia °C/década en color R/V/A en negrita.

3.4. Nº jornadas con temperaturas máximas superiores a 40°C (TX40°C)

El calor severo viene marcado tradicionalmente en la Península Ibérica por temperaturas máximas absolutas por encima del umbral de 40°C, aunque es preciso considerar que no hay una metodología clara al respecto. En definitiva, es un término muy asentado en la sociedad y en los medios de comunicación de nuestro país, si bien, fisiológicamente el umbral de temperatura de disparo de la mortalidad por calor extremo se sitúa en 34°C en la ciudad de Murcia, lejos de los 40°C establecidos para Sevilla o Córdoba, lo que refrenda un mayor hábito al calor extremo por parte de la población en éstas ciudades (Díaz Jiménez *et al.*, 2015).

En la Región de Murcia, los valores extremos superiores a 40°C no son especialmente frecuentes, si bien si suelen registrarse por término medio en cada periodo estival. Por tanto, a nivel de significación estadística los resultados arrojados son poco ilustrativos, ya que no se advierte una variación general importante (-0,1 días/década) en los 37 observatorios analizados. Tan sólo en ciertos observatorios, especialmente de las Vegas del Segura, se señalan tendencias significativamente positivas (de 0,4 a 1,0 jornada/década) como es el caso de Archena, Cehegín, Blanca, Embalse del Argos o El Chopillo. Pero también es preciso destacar, que existen ciertos observatorios, del centro y sur regional, en el que los TX40 descienden de forma significativa (Pozo Estrecho, Zarzadilla de Totana, o el Embalse de la Cierva) (Figura 8). A nivel comarcal, el Noroeste (0,5 días/década) y la Vega Alta del Segura (0,2 días/década) presentan tendencias positivas, aunque en los últimos años la comarca del Noroeste experimenta descensos (Figura 9). A excepción del Altiplano, donde no se advierten variaciones, en el resto de la Región de Murcia se produce un descenso en los días de calor extremo, especialmente en la comarca del Río Mula y la Vega Media del Segura (-0,3 días/década)

Es oportuno señalar, que los valores más elevados de TX40 en la Región de Murcia no corresponden al Área Metropolitana de Murcia (la capital apenas llega a 1,5 días al año), sino a la Vega Alta del Segura (Calasparra), donde se alcanzan valores de 4,4 días al año en Rotas (Calasparra), siendo con una importante seguridad el ámbito regional con los valores extremos de temperatura máxima más recurrentes de la Región de Murcia (Espín Sánchez y Conesa García, 2016).

A pesar de ostentar varios días de temperaturas extremas por encima de 40°C, los registros alcanzados en la Vega Alta del Segura distan mucho de poder acercarse a los alcanzados en otros ámbitos interiores del sur peninsular. Así pues, tal y como se aprecia en la Tabla 4, tanto en Sevilla (8,3) como en Badajoz (5,1) se anotan un número más elevado de días extremos de calor que en cualquier ámbito de la Región de Murcia. Incluso, Ciudad Real y Granada, poseen registros similares a la ciudad de Murcia, que vuelve a romper el falso mito sobre la recurrencia de su calor extremo. En Espín Sánchez y Conesa García (2016) se determinan valores del TX40 extremadamente elevados en el Valle del Guadalquivir, concretamente con 16,1 días al año en El Carpio (Córdoba), o los 12,7 de Écija (Sevilla). Finalmente, se pone de relevancia, que la tendencia temporal en los TX40 es significativamente positiva durante las últimas décadas en Sevilla y Badajoz (1,4 y 1,0 días/década). En ámbitos de clara influencia

atlántica, las jornadas extremas de calor aumentan con especial importancia, mientras que en los demás observatorios expuestos de marcado carácter mediterráneo, se producen igualmente ascensos, pero muy ligeros, como es el caso de Granada, Murcia o Albacete (0,1 a 0,2 días/década).

Tabla 4. Evolución del número de días anuales (TX40°C) en diferentes capitales del sur peninsular. En negrita, tendencia significativa para un nivel de confianza del 95%.

Variable	Murcia	Sevilla	Badajoz	Ciudad Real	Granada	Albacete
Promedio (1981-2010)	1,5	8,3	5,1	1,8	1,3	0,3
Promedio (1951-1980)	0,9	5,1	2,8	0,6	0,8	0,3
Promedio (1921-1950)	1,0	5,2	4,6	0,8	0,6	0,1
Promedio (1894-1920)	0,6	5,0	3,4	0,4	0,3	0,0
Tendencia (1960-2016)	0,2	1,4	1,0	0,5	0,2	0,1

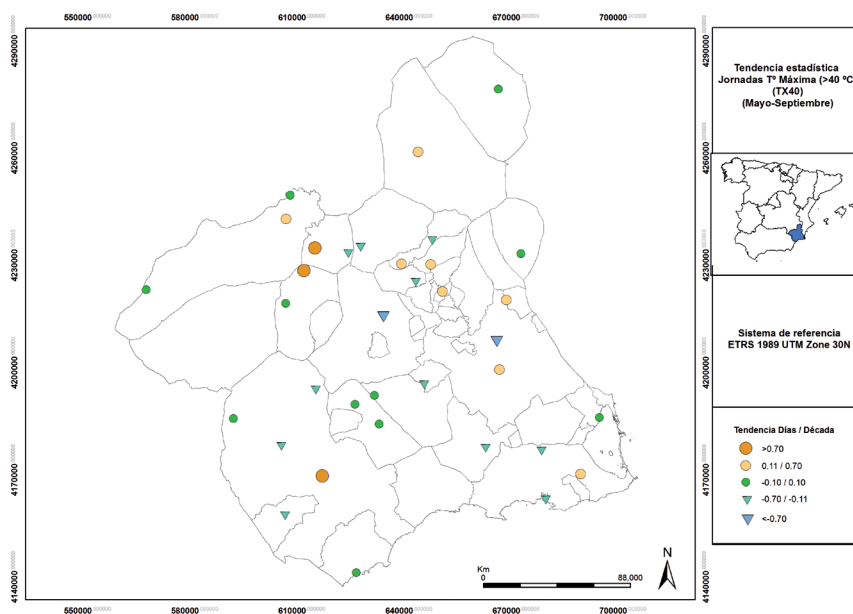


Figura 8. Tendencia estadística (días/década) de las jornadas con temperatura máxima superior a 40°C de los meses mayo a septiembre (1960-2016).

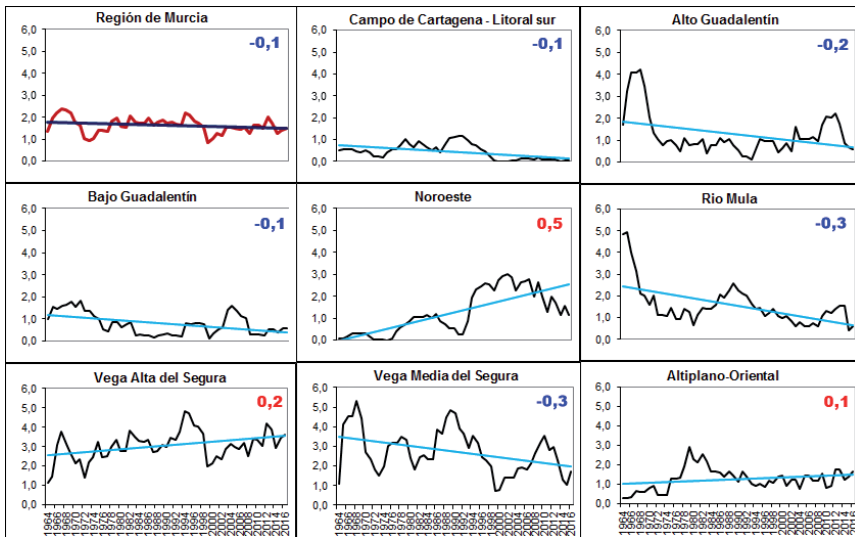


Figura 9. Evolución temporal de las jornadas TX40 en la Región de Murcia y sus diferentes comarcas (1960-2016) mediante medias móviles de 5 años. Tendencia °C/década en color R/V/A en negrita.

3.5. Temperaturas medias de las mínimas (Tn)

Tras el análisis del calor y sus temperaturas extremas durante los meses de mayo a septiembre, se estudia la evolución de las temperaturas mínimas registradas durante las últimas décadas del periodo frío (noviembre a marzo). En ese sentido, el frío nocturno invernal está experimentando importantes variaciones en el contexto global de la Región de Murcia, si bien existen algunos territorios interiores “serranos” con un comportamiento diferente al de la mayoría de observatorios.

En el contexto regional, se advierte una clara tendencia creciente de las temperaturas medias de las mínimas en el periodo frío (0,2°C/década), siendo positiva en todos los meses (0,2°C / década) e incluso siendo superior en el mes diciembre (0,3°C/década). Se trata, sin duda, de una variable muy homogénea desde el punto de vista espacial, con una gran mayoría de observatorios en claro ascenso, eso si, a excepción de algunos territorios muy localizados en zonas interiores y montañosos (Cehegín, Embalse Alfonso XIII, Zarzadilla de Totana y La Rogativa), con variaciones negativas significativas (-0,4 a -0,2°C / década), y ligeras en los Embalses de Valdeinferno y Puentes (-0,1°C / década).

En observatorios litorales como el de Águilas o el Puerto de Cartagena se producen los ascensos más significativos, entre 0,7 y 0,9°C / década, valores realmente elevados que confirman la modificación del cada vez más suave invierno litoral murciano. Del mismo modo, se

registran aumentos significativos importantes en espacios interiores del centro de la Región de Murcia, como Jumilla (0,6°C / década), el Embalse de la Cierva (0,7 / década) o Sr. Muñoz de Totana con un aumento de 0,8°C / década) (Figura 10).

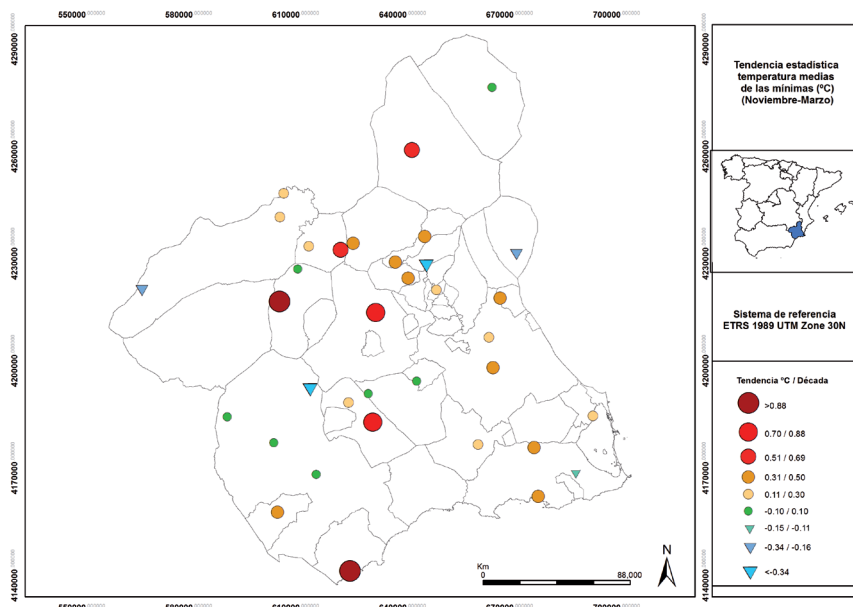


Figura 10. Tendencia estadística (°C/década) de las temperaturas medias de las mínimas de los meses noviembre a marzo (1960-2016).

La evolución regional del promedio de las medias de las mínimas (marzo-noviembre), sigue un indudable ascenso sosegado y sin alteración de tendencias durante las últimas décadas, evolucionando de una media de 5,5°C en los años 60, para pasar en la actualidad a 6,2°C. Por comarcas, salvo en las del Noroeste, Altiplano y Alto Guadalentín, donde la evolución se encuentra estancada (0,0°C / década), el resto de comarcas se caracterizan por sus importantes ascensos, en especial el Campo de Cartagena y litoral sur (0,5°C / década), con incrementos muy significativos en lo que transcurre de s. XXI (aumento desde 6,5°C en la década de los 60 hasta alcanzar casi un promedio de 10°C en la actualidad) (Figura 11). El resto de territorios regionales presentan igualmente valores al alza, destacando el Bajo Guadalentín y las Vegas del Segura (0,2 y 0,3°C / década).

En definitiva, y en clara consonancia con el ámbito mediterráneo peninsular, se produce en la Región de Murcia un claro cambio de patrón climático durante las noches de invierno, especialmente en zonas del litoral y prelitoral. Tal y como concluye Miro *et al.*, (2016), la estación invernal en la vertiente mediterránea será la que obtenga mayor confort térmico según las proyecciones climáticas utilizadas en el estudio para el periodo de referencia 2071-2100, con un aumento total de 2,5 a 4,5°C durante las próximas décadas. A pesar del evidente

descenso de la peligrosidad por frío extremo en la Región de Murcia, y que parece será la tónica a seguir en el futuro más inmediato, se pone de manifiesto un aumento de la sobremortalidad atribuible a las olas de frío, con un total adicional de 17 fallecidos por ola de frío en el contexto regional, debido principalmente a una mayor vulnerabilidad invernal de las ciudades durante el invierno (Carmona *et al.*, 2016).

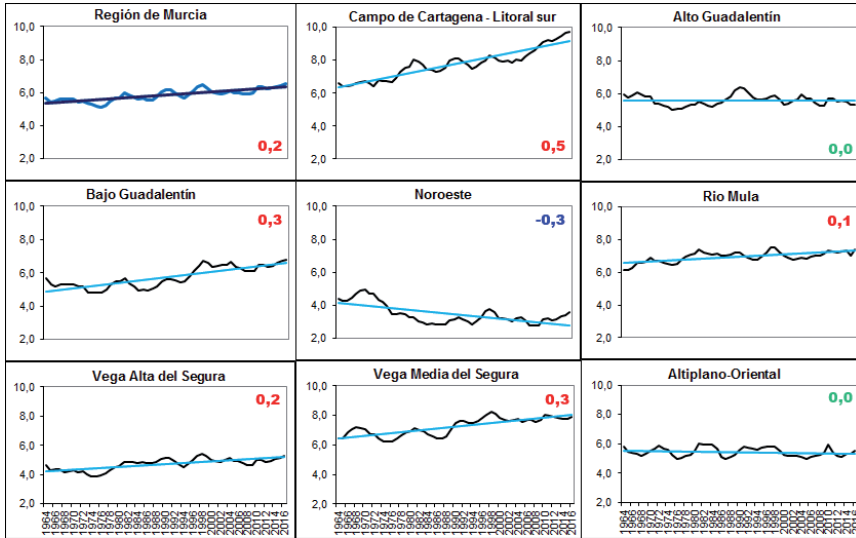


Figura 11. Evolución temporal de las temperaturas medias de las mínimas en la Región de Murcia y sus diferentes comarcas (1960-2016) mediante medias móviles de 5 años. Tendencia °C/década en color R/V/A en negrita.

3.6. Temperaturas mínimas absolutas (TNn)

Los valores de temperatura mínimos absolutos durante la época fría están experimentando igualmente ascensos significativos en la Región de Murcia, del orden de 0,2°C/década. El mes de febrero es el que registra los ascensos más significativos (0,3°C/década) poniendo de manifiesto que las temperaturas mínimas de frío nocturno se reducen de forma más significativa. Curiosamente, el mes más frío del año a efectos estadísticos, enero, no experimenta variaciones (0,0°C / década), aunque si lo hacen el resto de meses (noviembre, diciembre y marzo) con valores que oscilan en aumentos entre 0,1 y 0,2°C / década. Cabe pensar, por tanto, que los records de temperatura mínima en la Región de Murcia serán más complicados de superar, si bien, observatorios montañosos y del interior regional presentan tendencias significativamente negativas, como es el caso de La Rogativa (-1,3°C / década) o el Embalse de Valdeinfierno (-0,9°C / década) (Figura 12). Concretamente, en el Valle de la Rogativa (Beteta), se registró el valor mínimo absoluto oficial de la Región de Murcia con -27,0°C (20/01/1946), valor que continúa estando vigente en la actualidad, transcurridos 71 años.

Por su parte, el Observatorio de Alcantarilla (AEMET) ostenta su valor mínimo de temperatura en diciembre de 1941 con $-6,0^{\circ}\text{C}$, vigente en la actualidad transcurridos la importante cifra de 76 años. A excepción del mes de enero con su record actual en 1991, el resto de meses de noviembre (1976), febrero (1956) y marzo (1955) continúan con sus records de temperatura mínima con más de 40 años de vigencia. Tal y como ocurre en el observatorio de San Javier, las temperaturas mínimas absolutas se registran varias décadas atrás, concretamente su valor mínimo absoluto de $-5,4^{\circ}\text{C}$ data del mes de diciembre de 1970, y el resto de meses fríos ven perdurar sus records desde los años 1966, 1971, 1956, y 1955. Parece, que los valores mínimos absolutos en zonas litorales y prelitorales distan mucho de los que puedan ser registrados en próximos años y décadas, sin descartar, por supuesto, que puedan ser superados en alguna advección fría extraordinaria de origen Polar continental (Pc).

Se analiza la evolución de los percentiles de las temperaturas mínimas invernales P10, 5 y 2 en los diferentes observatorios meteorológicos elegidos para cada zona meteorológica de AEMET. En el observatorio de Yecla se advierte un descenso del P10 de -2 a -3°C en el último periodo de referencia escogido (1989-2016), mientras que los valores más extremos asociados al P5 y 2 se mantienen sin variaciones. Sin embargo, en el resto de observatorios se produce un aumento de 1°C por término medio, siendo incluso mayor en Beniajam para los P10 y 5, con incrementos de 3 y $2,5^{\circ}\text{C}$ respectivamente (Tabla 5). De ahí, que los umbrales por temperaturas mínimas que establece AEMET para la Región de Murcia puedan estar sobreestimados y mal categorizados según nuestro punto de vista. El aviso amarillo fijado en -4°C para toda la Región de Murcia, a excepción del Campo de Cartagena con -1°C , quizá sólo sea adecuado aplicarlo en las comarcas del Noroeste y Altiplano. Dicho umbral parece ser realmente bajo en las Vegas del Segura o el Guadalentín, al menos en la mayor parte de su territorio. Incluso el umbral naranja (-8°C) duplica los -4°C establecidos para el P5 en Yecla y Alfonso XIII. De forma sorprendente, el P2 de -5°C para el Noroeste y Altiplano dista mucho del umbral rojo establecido por AEMET en -12°C , rara vez superado en zonas habitadas de la Región de Murcia. Municipios como Caravaca, Bullas o Moratalla no la han registrado en su serie histórica.

Tabla 5. Evolución del P10, 5 y 2 de las temperaturas mínimas absolutas de los meses de enero y febrero, según periodo de referencia.

Observatorio	Tn (P10)		Tn (P5)		Tn (P2)	
	1960-1988	1989-2016	1960-1988	1989-2016	1960-1988	1989-2016
Yecla C.H.S	-2,0	-3,0	-4,0	-4,0	-5,0	-5,0
Emb. Alfonso XIII	-2,3	-2,0	-4,0	-3,0	-5,0	-4,0
Pozo Estrecho	3,0	4,0	2,0	3,0	1,0	2,0
Emb. Puentes	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-3,0	-2,0
Beniajam	1,0	3,9	0,0	2,5	-1,0	1,0

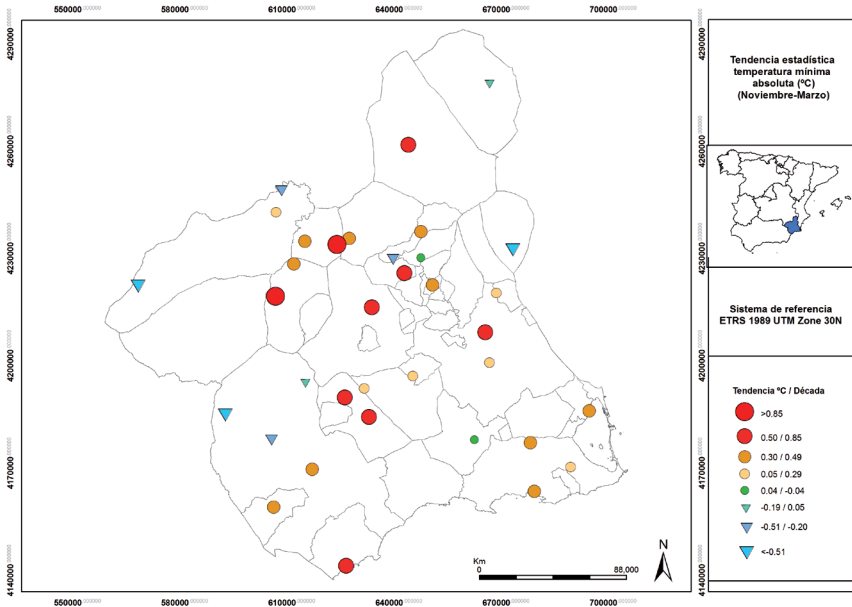


Figura 12. Tendencia estadística (°C/década) de las temperaturas mínimas absolutas de los meses noviembre a marzo (1960-2016).

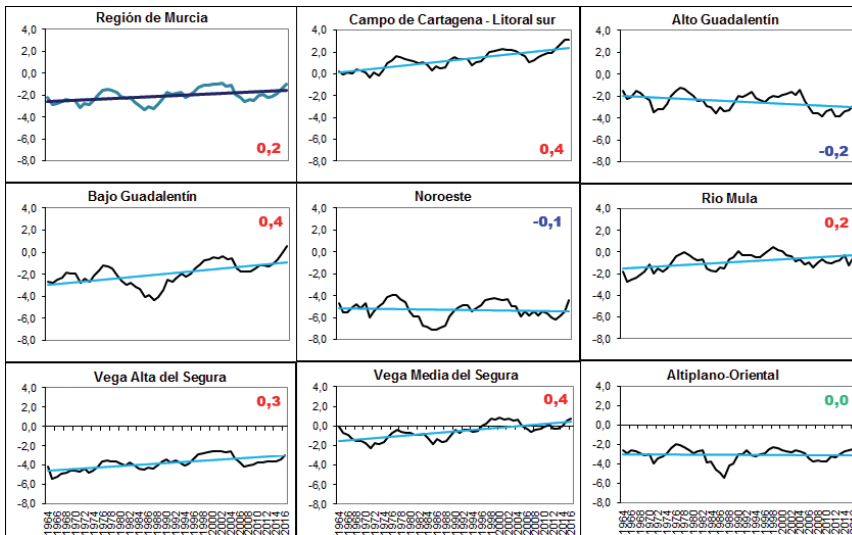


Figura 13. Evolución temporal de las temperaturas mínimas absolutas en la Región de Murcia y sus diferentes comarcas (1960-2016) mediante medias móviles de 5 años. Tendencia °C/década en color R/V/A en negraita.

3.7. Jornadas con temperaturas mínimas inferiores a 0°C (aNFDs)

Las heladas en la vertiente mediterránea, y más concretamente en el sureste peninsular, están experimentando descensos importantes, como es el caso de la Región de Murcia con un descenso significativo de -1,1 días/década. Son los meses de diciembre, enero y febrero (-0,3 días/década) los que experimentan las mayores caídas, especialmente significativas en sectores centrales de la Región de Murcia. Salvo algunos observatorios, principalmente del oeste de la Región de Murcia, todos los demás observatorios experimentan importantes descensos, con tendencias negativas significativas que llegan alcanzar valores entre -8 y -3 días por década, en observatorios próximos a la Vega Alta del río Segura (Almadenes, Calasparra, Jumilla o Embalse de la Cierva). Los ámbitos geográficos, anteriormente expuestos, que ven aumentar los aNFDs se establecen en espacios montañosos occidentales, especialmente en La Rogativa-Beteta (2,3 días/década), Embalse de Valdeinfierno (2,6 días/década) o El Chopillo y Zarzadilla de Totana con 0,8 días/década, lo que manifiesta una mayor predisposición a heladas invernales en aquellos sectores que se encuentran más expuestos a los tiempos atlánticos invernales (Figura 14). Efectivamente, los mayores promedios de aNFDs, se han registrado con valores positivos del patrón de variabilidad de baja frecuencia europea, el North Atlantic Oscillation (NAO), entre 0,0 y 0,4, tendiendo a ser cada vez significativamente más positivo durante los últimos años. Quizás, la tendencia al alza en el día de heladas de los citados espacios montañosos murcianos, pueda deberse principalmente a un mayor protagonismo de las noches despejadas y poco ventosas durante el invierno, efectos generados por el NAOi, y corroborados en Turquía con fases positivas del AOi (Erlat y Turkes, 2011).

El descenso medio normalizado (medias móviles quinquenales) es de -0,3°C / década en la Región de Murcia, si bien por comarcas, se advierte un claro descenso en todos los ámbitos territoriales regionales a excepción del Noroeste y Alto Guadalentín (3,4 y 1,4 días/década) (Figura 15). Por el contrario, el resto de Comarcas experimentan un descenso entre -0,5 y -1,7 días/décadas, especialmente significativo en el Bajo Guadalentín o la Vega Alta del Segura, ambas de gran tradición hortofrutícola, y expuestas a heladas recurrentes cada año.

En términos comparativos, tal y como muestra la Tabla 6, se produce un descenso en la evolución de los aNFDs en las diferentes capitales del interior sur peninsular, sólo a excepción de Granada, que, aunque muy ligeramente, gana días de helada con respecto al periodo de referencia (1894-1920), en consonancia con los observatorios más occidentales de la Región de Murcia. El resto de observatorios, y en especial Sevilla y Albacete reducen significativamente el número de días de helada anuales en -1,4 y 1,6 días por década, siguiendo la tendencia de claro descenso a nivel nacional como se concluye en el informe "Proyecciones climáticas para el siglo XXI" (AEMET, 2015).

Tabla 6. Evolución del número de días anuales (aNFDs) en diferentes capitales del sur peninsular.

Variable	Murcia	Sevilla	Badajoz	Ciudad Real	Granada	Albacete
Promedio (1981-2010)	6,2	3,5	20,0	36,4	31,6	53,4
Promedio (1951-1980)	6,8	6,6	20,9	37,1	32,5	60,8
Promedio (1921-1950)	12,6	4,8	20,4	39,8	30,0	68,6
Promedio (1894-1920)	7,2	3,4	21,6	40,9	28,6	66,6
Tendencia (1960-2016)	-0,5	-1,4	-0,4	-0,7	0,1	-1,6

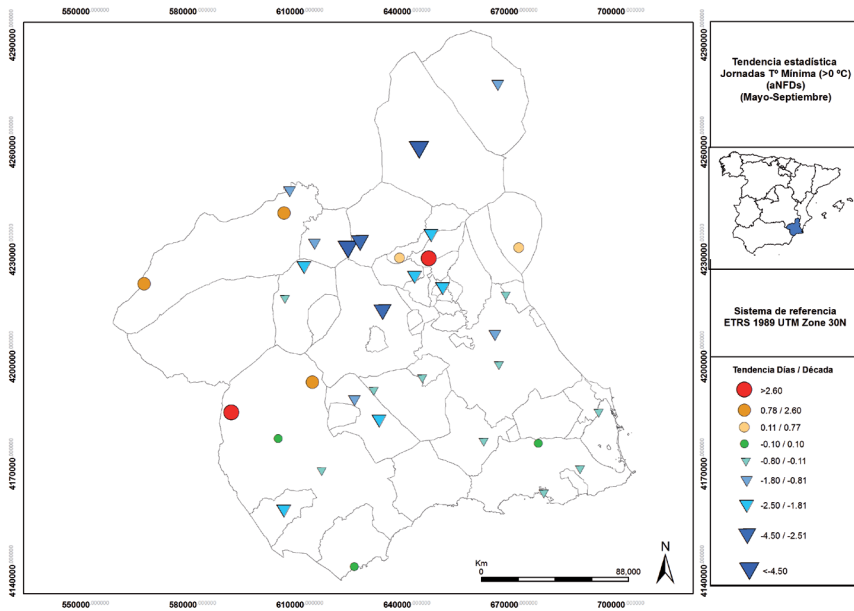


Figura 14. Tendencia estadística (Días/Década) de las jornadas aNFDs de los meses noviembre a marzo (1960-2016).

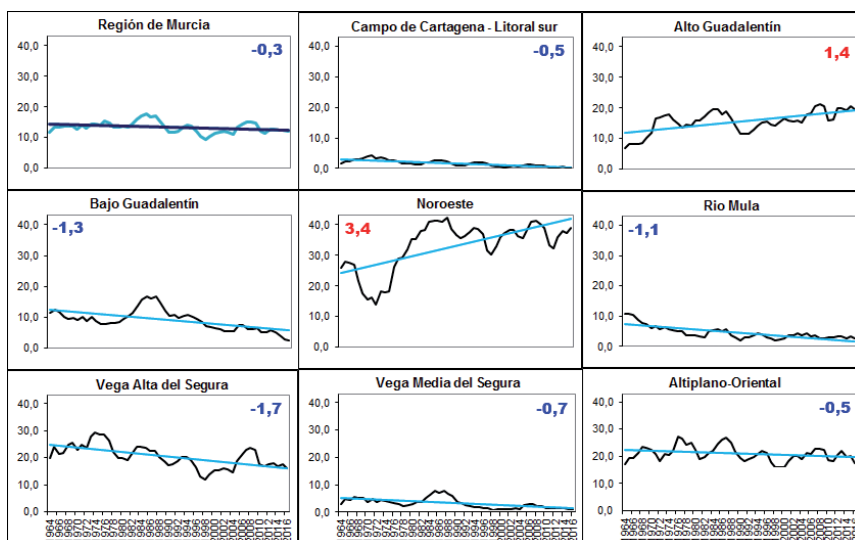


Figura 15. Evolución temporal de los aNFDs en la Región de Murcia y sus diferentes comarcas (1960-2016) mediante medias móviles de 5 años. Tendencia días/década en color R/V/A en negrita.

3.8. Jornadas con temperaturas mínimas superiores a 20°C (aNNTs)

Sin duda, las temperaturas mínimas de los meses cálidos (mayo a septiembre) en la Región de Murcia, así como en el contexto nacional, están experimentando la mayor variación positiva de todas las variables meteorológicas en referencia al periodo cálido. El índice de noche tropical (NT) o temperatura mínima superior a 20°C está experimentando una tendencia significativamente muy importante en el área de estudio, tal y como ocurre en otras zonas de la Península Ibérica.

En la Región de Murcia se produce un claro aumento de las aNNTs durante el periodo (mayo-septiembre) de 4,6 noches/década, siendo especialmente relevante en los meses de julio (1,6 noches/década) y agosto (1,6 noches/década), aunque igualmente con un importante crecimiento durante los meses de junio y septiembre (0,9 y 0,5). La práctica totalidad de los observatorios meteorológicos analizados muestran tendencias crecientes muy significativas, destacando especialmente a Águilas, Pozo Estrecho, Lorca o el Embalse de Santomera, con registros superiores a 12 noches/década (Figura 16). Uno de los ejemplos más importantes, el Puerto de Cartagena, ve pasar de un promedio alrededor de las 60 noches tropicales al año durante la década de los 70, a registrar en la actualidad un valor medio de 105 noches anuales (2001-2016), sin conseguir de descender de las 100 en los últimos 16 años. Sin duda, el cambio está siendo incuestionable y asombroso.

Tan sólo algunos observatorios regionales experimentan descensos de las noches cálidas estivales, dentro del contexto de ascenso regional, destacando especialmente la Sierra del Oro (-4,9 noche/década), Yecla (-4,6) o el Embalse de Puentes (-1,3). Sin duda, la explicación a tal fenómeno es compleja, con una distribución espacial irregular, pero con un común denominador, se trata de zonas topográficas deprimidas donde los procesos de inversión térmica, incluso en verano, son eficientes. Quizás, pueda ser la causa de que las madrugadas tropicales, al menos se mantenga, como ocurre con La Rogativa (0,1 noche/década) o Embalse de Valdeinfierno (-0,3), dos emplazamientos muy fríos en las noches de invierno.

Por entidades comarcales, destaca sobremanera los ascensos experimentados durante las últimas décadas en el Campo de Cartagena-Litoral Sur (9,7 noches/década), Vega Media del Segura (9,4) o Bajo Guadalentín (9,1), con ascensos realmente sorprendentes, arrojando aumentos absolutos del orden de 50-60 noches tropicales en espacios litorales y prelitorales de la Región de Murcia. Tan sólo, en la Comarca del Altiplano-Oriental, se produce un descenso de -1,1 noches/década, debido probablemente a la combinación de la escasa influencia del Mar Mediterráneo, flujos catabáticos de montaña, zona de inversión térmica, y acumulación de aire más fresco. La Comarca del Noroeste y el Alto Guadalentín, las otras dos comarcas que bien se pudieran caracterizar por lo expuesto anteriormente, son los siguientes dos ámbitos comarcales donde menos crecen las NT (Figura 17).

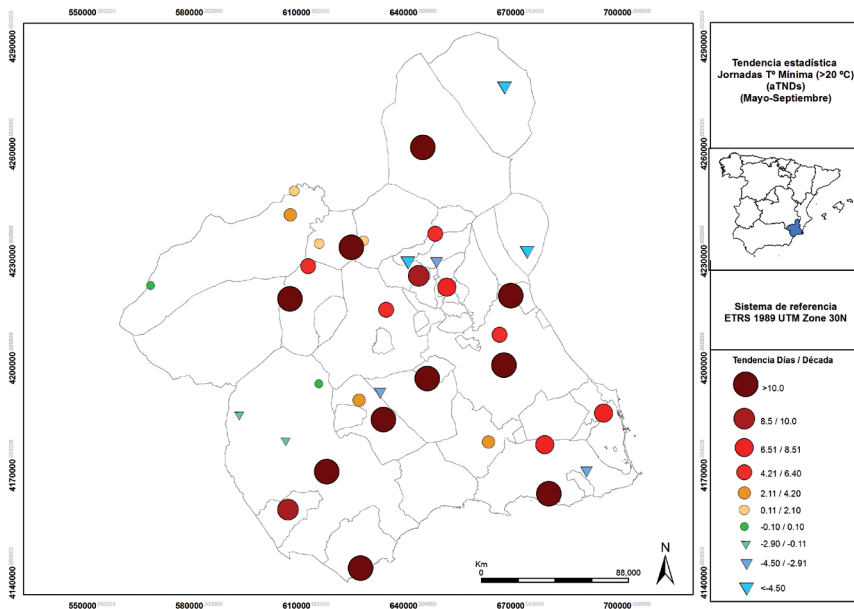


Figura 16. Tendencia estadística (Días/Década) de aTNs de los meses mayo a septiembre (1960-2016).

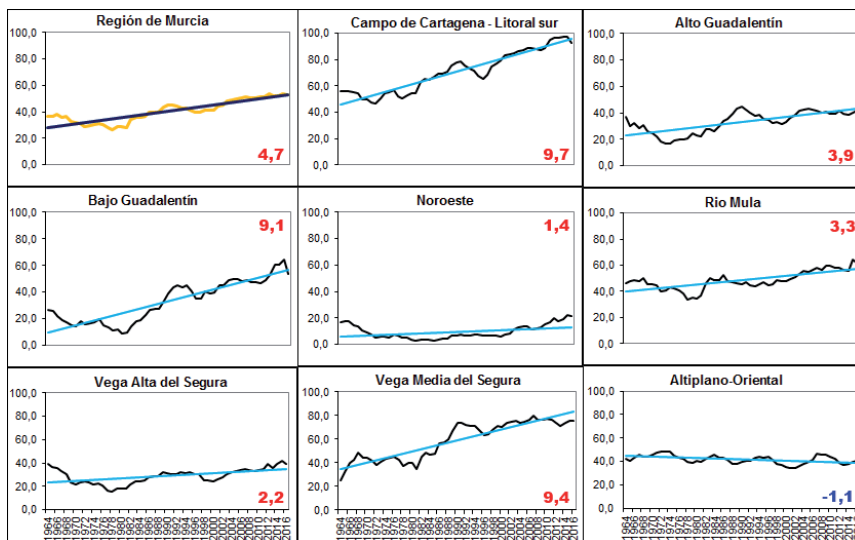


Figura 17. Evolución temporal de los aTNs en la Región de Murcia y sus diferentes comarcas (1960-2016) mediante medias móviles de 5 años. Tendencia días/década en color R/V/A en negrita.

En la actualidad, se produce un aumento significativo de las madrugadas cálidas y tropicales a lo largo y ancho del litoral peninsular, tanto en la vertiente atlántica como mediterránea. En efecto, son las ciudades de Barcelona y Palma de Mallorca donde más aumentan, ratificando, por tanto, que se trata de una variable más que consolidada en su crecimiento, y siendo un claro indicador de cambio climático en nuestras latitudes (Royé y Martí, 2015; Gil Olcina y Olcina Cantos, 2017). En la Tabla 7, se muestra la tendencia al alza en las NT en las capitales interiores del sur de España, destacando especialmente Murcia y Sevilla con incremento de 15 a 11 noches/década respectivamente.

Tabla 7. Evolución del número de días anuales (aNTs) en diferentes capitales del sur peninsular. En negrita, tendencia significativa para un nivel de confianza del 95%.

Variable	Murcia	Sevilla	Badajoz	Ciudad Real	Granada	Albacete
Promedio (1981-2010)	55,0	45,6	11,8	21,6	9,5	4,2
Promedio (1951-1980)	21,5	20,5	6,6	10,4	4,2	1,2
Promedio (1921-1950)	20,6	25,4	10,0	14,7	5,1	2,2
Promedio (1894-1920)	28,0	20,4	8,7	9,2	5,8	1,4
Tendencia (1960-2016)	14,8	11,3	2,1	5,5	2,0	1,1

En definitiva, se pone de manifiesto, a tenor de los resultados anteriormente expuestos, que los umbrales térmicos en la Región de Murcia están cambiando, especialmente las temperaturas mínimas de verano, tal y como se muestra en la Tabla 8, donde los espacios prelitorales y litorales ven aumentar sus percentiles de valores mínimos estivales 90, 95 y 98 de forma evidente durante el último periodo de referencia. Se requiere, desde nuestro punto de vista, el establecimiento a corto plazo, por parte de AEMET, de un nuevo sistema de avisos meteorológicos por temperaturas mínimas elevadas durante el periodo estival.

Tabla 8. Evolución del P90, 95 y 98 de las temperaturas mínimas absolutas de los meses de julio y agosto, según periodo de referencia.

Observatorio	TN (P90)		TN (P95)		TN (P98)	
	1960-1988	1989-2016	1960-1988	1989-2016	1960-1988	1989-2016
Yecla C.H.S	21,0	20,0	22,0	21,0	22,0	21,8
Emb. Alfonso XIII	22,0	21,0	23,0	22,0	24,0	22,3
Pozo Estrecho	22,0	24,0	23,0	24,0	23,0	25,0
Emb. Puentes	21,0	21,0	22,0	22,0	23,0	22,0
Benijam	22,0	25,0	23,0	25,5	24,0	26,1

CONCLUSIÓN

Las temperaturas máximas estivales (mayo a septiembre) en la Región de Murcia, no muestran, en general, tendencias significativas temporales, si bien si se producen ascensos (temperaturas medias de las máximas, máximas absolutas y TX35 y 40 en las comarcas del Noroeste, Vega Alta y Altiplano, confirmando en estos sectores un incremento del calor extremo estival probablemente por una menor influencia mediterránea. Por el contrario, las comarcas del Bajo Guadalentín, río Mula y Campo de Cartagena-Litoral sur, enmarcados en el centro-meridional regional experimentan ligeros descensos de las temperaturas máximas en el periodo cálido.

Los valores térmicos nocturnos en época fría (noviembre a marzo) experimentan tendencias positivas significativas, salvo en el Noroeste y Alto Guadalentín, las cuales se mantienen aisladas del contexto de ascenso regional, seguramente por la influencia de la cada vez mayor fase positiva del NAOi. El resto de la Región de Murcia, denota un claro ascenso de los valores mínimos medios y absolutos, conformando por lo general inviernos cada vez más suaves, especialmente en los ámbitos prelitorales y litorales. Sin duda, las temperaturas mínimas durante la época cálida, y especialmente las estivales reflejadas por las noches tropicales (NT), son las que mayor ascenso experimentan en el área de estudio, con tendencias tremendamente significativas en el Campo de Cartagena-Litoral Sur, Bajo Guadalentín y Vega Media del Segura (prelitoral y litoral) con ascensos de más de 9 noches por década.

REFERENCIAS

- Baeza Gala, F. (1993): Las heladas y su incidencia económica en la agricultura de Murcia. *Papeles de geografía*, (19), 37-51.
- Carmona Alférez, R., Díaz Jiménez, J., León Gómez, I., Luna Rico, Y., Mirón Pérez, I. J., Ortiz Burgos, C., y Linares Gil, C. (2016): *Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009. Comparación con la mortalidad atribuible al calor*. Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Sanidad: Madrid,
- Conesa García, C., Espín Sánchez, D., García Marín, R., Castejón Porcel, G., y Moreno Muñoz, D. (2014): Inversiones térmicas con advección cálida inferior en la Vega Media del Segura (Región de Murcia). *Estudios Geográficos*, 75(277), 521-552.
- 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*. Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Sanidad: Madrid.
- Erlat, E. y Türkeş, M. (2012): Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950–2010. *International Journal of Climatology*, 32(12), 1889-1898.
- Espín Sánchez, D. (2014): Análisis espacial y temporal de las olas de frío en la Región de Murcia. Cartografía del riesgo de heladas en la Huerta de Murcia. En de la Riva, J., Ibarra, P., Montorio, R., Rodrigues, M (Eds.), Universidad de Zaragoza-AGE.
- Espín Sánchez, D. (2015): Riesgo de heladas por inversión térmica en la Huerta de Murcia: incidencia. *Investigaciones geográficas*, (64), 73-86.
- Espín Sánchez, D. (2016): Aumento de la peligrosidad por calor extremo en el Área Metropolitana de Murcia: estudio de índices térmicos y olas de calor. En García Marín, R., y Alonso Sarriá, F. (Eds.), No-viembre 2016, Murcia, 148-158.
- Espín Sánchez, D. y Conesa García C. (2016): Extreme heat in the Guadalquivir and Segura River Valleys (Spain): contrasts and a case study of the summers in 2015-2016. Comparison using the high-resolution mesoscale model AROME 1.3 km. En Conference: Joint Congress of the 6th International Conference on Meteorology and Climatology of the Mediterranean & Challenges in Meteorology 5 (Zagreb – Croacia).
- Ferreras Fernández, C., Porras Castillo, I., y García Lidón, A. (2003): *Las heladas en la zona citrícola de la huerta Murciana*. Consejería de Agricultura. Región de Murcia.
- Gil Olcina A. y Olcina Cantos, J. (2017): *Tratado de Climatología*. Publicacions Universitat d'Alacant, 949 pp.
- Guijarro, J. A. (2016): Homogenization of climatological series with Climatol 3.0. *9th Seminar for homogenization and quality control in climatological databases and 4th conference on spatial interpolation techniques in climatology and meteorology* (Budapest, 3-7 April 2017)
- Labajo, Á. L., Egido, M., Martín, Q., Labajo, J., y Labajo, J. L. (2014): Definition and temporal evolution of the heat and cold waves over the Spanish Central Plateau from 1961 to 2010. *Atmósfera*, 27(3), 273-286.
- Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C. y Xoplaki, E. (2012): Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, 114(3-4), 667-687.
- Martín Vide, F. J., y Moreno García, M. C. (1994): Algunos indicadores no usuales en el estudio del

cambio climático. In Cambios y Variaciones Climáticas en España: Asociación de Geógrafos Españoles Grupo de Climatología Reunión 1a 1994 Santa María de la Rábida (pp. 65-76).

Martín Vide, F. J. (2010): Singularidad pluviométrica y cambio climático en el interior de España. In *Territorio, paisaje y sostenibilidad: un mundo cambiante* (pp. 157-178). Ediciones del Serbal.

Miró Pérez, J. J., Estrela, M. J., y Millán, M. (2006): Summer temperature trends in a Mediterranean area (Valencia region). *International Journal of Climatology*, 26(8), 1051-1073.

Miro Pérez, J., Cantos, J. O., Navarro, M. J. E., y Miralles, V. C. (2015): Confort climático, cambio climático y actividad turística en Alicante. In *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio* (pp. 667-678).

Olcina Cantos, J. (2004): Cambio climático: informe 2004. *Meda: Medio ambiente, biodiversidad y desarrollo sostenible*, (27), 50 pp.

Olcina Cantos, J. (2009): Cambio climático y riesgos climáticos en España. *Investigaciones Geográficas*, 49: 197-220.

Quereda Sala, J., Montón Chiva, E., y Escrig Barbera, J. (2011): A' Trojan' in Climatic Change: The Urban Effect. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 5(11). 1526-1536.

Royé, D. y Ezpeleta, A. M. (2015): Análisis de las noches tropicales en la fachada atlántica de la Península Ibérica. Una propuesta metodológica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (69).

Toharia Cortés, M., Olcina Cantos, J., Rico Amorós, A.M (1998): Certezas e incertidumbres sobre la hipótesis del cambio climático por efecto invernadero y sus posibles consecuencias en la Península Ibérica. *Investigaciones geográficas* 20, 63-97.