

PELIGROSIDAD DE HELADAS POR INVERSIÓN TÉRMICA EN LA HUERTA DE MURCIA

David Espín Sánchez

Máster en Planificación y Gestión de Riesgos Naturales

RESUMEN

En el Sureste peninsular son frecuentes las situaciones anticiclónicas alimentadas en invierno por advecciones de aire polares/árticas continentales. Bajo estas condiciones, las cuencas y valles fluviales intrabéticos son bastante proclives al desarrollo de inversiones térmicas. Un claro ejemplo lo constituye la Vega Media del Segura en los meses de invierno. En el presente artículo se analizan tales factores y las situaciones de inversión térmica más importantes registradas en esta Vega durante el período 2000-2013. Como complemento al estudio, se realiza una propuesta de cartografía de peligrosidad de heladas en la Huerta de Murcia para los diferentes meses invernales.

Palabras claves: Inversión térmica, anticiclón, estrato cálido, Vega Media del Segura, Región de Murcia, peligrosidad.

INVERSION FROST HAZARDOUSNESS IN HUERTA DE MURCIA (MURCIA, SPAIN)

ABSTRACT

In the Southeast peninsular, anticyclonic situations and advections are fed in winter with polar / continental arctic air is common. Under these conditions, intrabetic basins and river valleys are very prone to the development of inversions breakup temperature. A clear example is the Media Vega del Segura in the winter months. In this paper these major factors and situations of inversion breakup temperature registered with Vega during the period 2000-2013 are analyzed. To complement the study, a proposal frost hazard mapping in the Huerta de Murcia for different winter months is done.

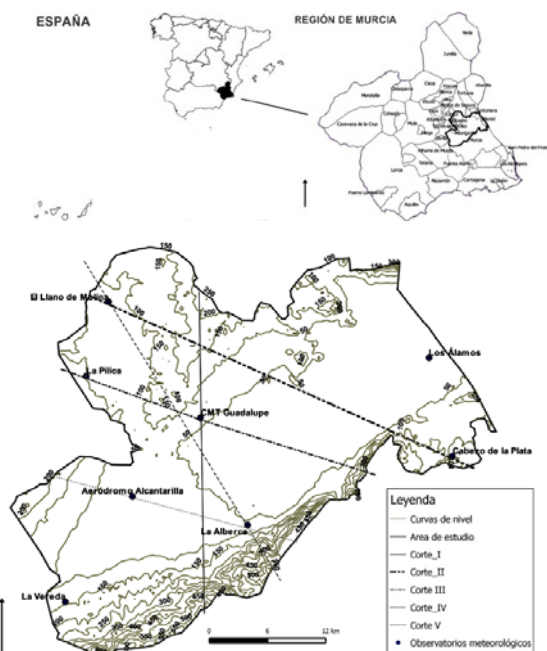
Key words: Inversion breakup temperature, high pressure, warm layer, Vega Media del Segura, Region de Murcia, hazard.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se origina con el propósito de abordar uno de los peligros atmosféricos quizás menos estudiados en el ámbito mediterráneo: las heladas. Por tratarse de un espacio del Sureste Peninsular, y más concretamente de las inmediaciones al área metropolitana de Murcia, el estudio podría carecer de interés debido a la mitificación de bonanza climática que vive la zona, pero en detrimento de la lógica, su tipología topográfica unida a determinadas configuraciones sinópticas particulares, propician que las heladas en esta zona —de gran tradición hortofrutícola— sean relevantes, especialmente asociadas a fenómenos de inversiones térmicas. De ahí la justificación de su estudio, que sin duda es novedoso y pionero en las regiones meridionales de la Península Ibérica. El área de estudio elegida es la Vega Media del Segura y sus estribaciones montañosas, ubicada en el sector oriental de la Región de Murcia, e inserta en la fosa tectónica conocida como la Depresión Prelitoral del Guadalentín-Bajo Segura (Sureste peninsular), depresión post-orogénica, rellena de materiales neógenos y cuaternarios que ya fue definida por (LÓPEZ BERMÚDEZ et al., 1986). El desnivel altitudinal varía entre los 30 y 250 m., limitando al norte con una serie de montículos moderados, inferiores a 200 m (cerros de Espinardo, Cabezo de Torres y Esparragal), y al sur con la parte oriental de la Sierra de Carrascoy, más maciza y homogénea (Cabezo del Puerto, 528 m; Relojero, 600 m) (Figura 1). La

FIGURA 1

Localización del área de estudio y de las estaciones meteorológicas utilizadas.



Fuente: Elaboración propia.

Vega Media del Segura registra un importante número de días despejados y de horas de sol al año, lo que unido al predominio de situaciones anticiclónicas, particularmente en periodo invernal, genera importantes y frecuentes inversiones térmicas por irradiación nocturna (CALVO GARCÍA TORNEL, 1982; CONESA GARCÍA y ALONSO SARRIÁ, 2006). La temperatura media anual se sitúa en torno a 18°C, las medias de 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. Con 438.264 habitantes (INE, 2013), la mayoría de la población reside en la ciudad de Murcia. Las excelentes condiciones agrarias de sus suelos y la suavidad climática durante gran parte del año han llevado a la población de la Vega a basar su economía tradicional en la actividad agrícola. Las cosechas de plantaciones hortícolas y frutales cítricos han sido exportadas a numerosos países de toda Europa, forjando un sector económico de gran importancia.

Los objetivos del estudio, plantean una caracterización climática (régimen de heladas) de la zona de estudio, optando para ello exclusivamente por aquellas variables que hacen referencia a valores térmicos mínimos, con el fin de establecer la periodicidad e intensidad de las heladas. A continuación se analiza un periodo de inversión térmica con génesis de heladas severas en zonas del área de estudio, así como la determinación de patrones sinópticos generales que dan lugar a dichos fenómenos. Finalmente, se propone la elaboración de una cartografía de peligrosidad de heladas por irradiación, tomando como referencia factores tales como criterios físicos de inversión térmica, nº días y horas de helada, periodos de retorno...

2. METODOLOGÍA

El trabajo se inicia con un estudio de las características térmicas nocturnas en superficie, analizándose para ello los registros climáticos de seis observatorios meteorológicos pertenecientes a la red SIAM (Sistema de Información Agro-meteorológica), perteneciente al organismo del IMIDA (Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Alimentario), así como dos de la red de observatorios meteorológicos de primer orden de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). El estudio continúa con un análisis en superficie de las variables climáticas habitualmente circunscritas en el fenómeno de inversión térmica (e.g. temperaturas mínimas, amplitudes térmicas, dirección y velocidad del viento...) (Tabla 1).

De la serie de datos diarios empleada (referentes a 5.475 jornadas), se han extraído las 20 situaciones de inversión térmica más potentes de los tres últimos lustros. En su estudio se han empleado también los datos de los Sondeos Atmosféricos ejecutados por el Centro Meteorológico Territorial (CMT) de Guadalupe (Murcia) a las 00 horas (00Z). Así mismo, se ha realizado un detallado análisis sinóptico de la situación de inversión térmica más destacada y de su evolución atmosférica, así como de la caracterización de los patrones sinópticos más frecuentes. La investigación se basa en la interpretación de mapas sinópticos del Boletín Meteorológico, elaborados por el antiguo INM (Instituto Nacional de Meteorología), actual AEMET. Para la elaboración de la cartografía de peligrosidad, se ha trabajado con un Modelo Digital del Terreno (MDT) de la Región de Murcia de 25 píxeles de resolución, y la génesis de varias capas ráster.

TABLA 1.
Estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio.

Estación	Municipio	Altitud (m.)	UTM X	UTM Y	Red
Cabezo de la Plata	Murcia	128	677062	4205239	SIAM IMIDA
La Alberca	Murcia	54	663907	4200807	SIAM IMIDA
La Vereda	Murcia	142	652257	4195930	SIAM IMIDA
Base Aérea	Alcantarilla	75	656559	4206697	AEMET
CMT Guadalupe	Murcia	61	660934	4207685	AEMET
El Llano	Molina de Segura	80	655031	4215095	SIAM IMIDA
La Pilica	Torres de Cotillas	161	649024	4207948	SIAM IMIDA
Los Álamos	Beniel	27	675540	4211523	SIAM IMIDA

Fuente: Datos de las redes del SIAM-IMIDA y AEMET.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. El clima comarcal en el contexto de los valores térmicos nocturnos

Para el análisis térmico de una Comarca en relación a la caracterización de heladas es preciso un estudio exhaustivo sobre los valores térmicos mínimos registrados, pues son lo que verdaderamente reflejan el frío de un modo mucho más claro que las medias mensuales. Atendiendo a las temperaturas mínimas medias, la Vega Media del Segura presenta una clara gradación altitudinal, pudiendo determinar por tanto tres sectores diferentes. Las temperaturas más bajas se registran en aquellos enclaves deprimidos y donde los procesos de inversión térmica (IT) son más notorios: El Llano de Molina (2,4°C), única **mínima media** inferior a 3°C; y Alcantarilla y Los Álamos (4,1°C). Las mínimas más elevadas de enero se dan precisamente en enclaves de resalte topográfico, en el eje del piedemonte noroccidental de la Sierra de Carrascos (La Vereda y Cabeza de la Plata) con 6,7° y 7,3 °C respectivamente. Se analiza a continuación, un aspecto clave a la hora de determinar el grado e intensidad de recurrencia de los valores mínimos extremos. Habría que considerar para tal fin a las **temperaturas medias de las mínimas absolutas**. Destaca primordialmente El Llano de Molina con un valor de -3,8°C. También son importantes los registros mínimos de Alcantarilla, Murcia CMT y Los Álamos, con valores comprendidos entre -0,7° y -1,5°C, todos estos observatorios localizados en el fondo de valle. Desde otro punto de vista parece interesante la aportación del periodo de retorno para valores térmicos de -3°C, que ha sido establecido en un periodo de retorno de 6 años para Alcantarilla y 5 para la Alberca (FERRERAS FERNÁNDEZ *et al*, 2003). Contrariamente, los situados en enclaves marginales (Cabezo de la Plata, Vereda...) presentan valores positivos, y además con solvencia (entre 0,7 y 2,3 °C) lo cual empieza a poner de evidencia que serán sectores donde las heladas apenas van a tener incidencia. Las **temperaturas mínimas absolutas** registradas en el área de estudio también muestran resultados muy interesantes. El valor

térmico más bajo registrado en la Huerta de Murcia, tuvo lugar en El Llano de Molina el 28 de enero de 2005, con una temperatura mínima de $-8,5^{\circ}\text{C}$. Aunque superiores a éstas, también destacan de forma substancial las mínimas absolutas de Alcantarilla ($-6,0^{\circ}\text{C}$), registrada el 11 de enero de 1985; Murcia CMT ($-4,3^{\circ}\text{C}$) el 12 de enero de 1985; Los Álamos ($-3,4^{\circ}\text{C}$) el 10 de enero de 2010 o La Alberca ($-3,3^{\circ}\text{C}$) durante la jornada del 27 de diciembre de 2003. Por el contrario, las efemérides de valores mínimos en observatorios de relieves periféricos marginales muestran temperaturas de $-1,1^{\circ}\text{C}$ en Cabezo de la Plata y $-1,7^{\circ}\text{C}$ en La Vereda. Es preciso complementar, en la que sin duda es uno de los indicadores más ilustrativos en materia de heladas, que el **número de días con temperaturas inferiores a 0°C** es bastante reducido en el sector marginal periférico, donde los observatorios de Cabezo de la Plata, La Vereda y la Pilica apenas registran un día de helada al año, con lo cual el riesgo por heladas es prácticamente nulo en estas zonas. Posteriormente tanto los observatorios de Murcia CMT y La Alberca registran valores igualmente bajos (4,4 y 2,7 días). Coincidiendo con aquellos sectores que presentaban los registros mínimos medios más bajos, los observatorios de Alcantarilla y Los Álamos registran valores superiores en los días de helada (entre 9,7 y 7,8 días respectivamente), mientras que para El Llano de Molina el número medio de días de helada llega a 19,9. Sorprendente resulta comparar sus resultados con sectores del interior de la Región de Murcia, tales como los del «Chopillo» en Moratalla con 24,5 días. (GONZÁLEZ ORTÍZ, 1984). Finalmente, se establece como prioritario analizar la intensidad de las heladas, utilizando para ello el criterio del número total de **horas al año por debajo de 0°C** . Se evidencia todavía más la supremacía que ejerce en este sentido El Llano de Molina con casi 93 horas de helada, lo que además supone el ratio más elevado con 4,7 horas por debajo de 0°C por noche de helada. Inmediatamente destaca el observatorio de Los Álamos con 27,1 horas de heladas al año, con un ratio por tanto algo inferior (3,5), similar al observatorio de La Pilica, pero solamente con 4,4 horas de heladas por año. Sorprendente es el resultado que arroja La Alberca con tan sólo 7,4 horas, y un ratio bastante escaso de 2,7, valores próximos a la Pilica (enclave situado en zonas periféricas), si tenemos en cuenta que nos referimos a un sector ubicado en el fondo de valle. En suma, destacar que tanto en el Cabezo de la Plata como La Vereda, enfatizan su condición de bonanza nocturna por sus ínfimos valores registrados, entre 0.5 y 1.5 horas de helada al año.

3.2. Estudio físico de los fenómenos de inversión térmica

Los **sondeos aerológicos** del Centro Meteorológico Territorial (CMT) de Guadalupe (Murcia), registrados a medianoche (00Z) e insertos en el fondo de valle de la zona de estudio, arrojan resultados de gran relevancia. La media resultante en superficie es de $4,6^{\circ}\text{C}$, que si la contraponemos a los valores térmicos que arroja el estrato cálido ($7,4^{\circ}\text{C}$) se observa una inversión media de $2,8^{\circ}\text{C}$ en apenas 246,1 m., altitud media a la que se encuentra el estrato cálido. Dicho contraste es mucho más acusado en determinadas situaciones de inversión térmica (SIT), como en las del 15-17 de noviembre de 2004 y 16-18 de noviembre de 2007, registrándose diferencias de $5,5$ y $4,1^{\circ}\text{C}$ respectivamente entre ambos niveles. En cuanto al esquema de temperatura media en el geopotencial de 850 hPa, es bastante significativo —que los valores a unos 1500 m. aproximadamente, registran

temperaturas muy frías ($-0,6^{\circ}\text{C}$ frente a los $4,0^{\circ}\text{C}$ de media invernal en los últimos 30 años), registrándose hasta en siete situaciones valores medios por debajo de -3°C (Tabla 2).

TABLA 2.
Temperaturas mínimas absolutas ($^{\circ}\text{C}$)
del día del valor térmico más bajo en los periodos analizados.

Situaciones SIT	TS ($^{\circ}\text{C}$)	TEC ($^{\circ}\text{C}$)	AEC (m.)	Ratio $^{\circ}\text{C}/100\text{ m.}$	Δ (TEC-TS) ($^{\circ}\text{C}$)	T ^a 850 hPa ($^{\circ}\text{C}$)	T ^a 500 hPa ($^{\circ}\text{C}$)
25 enero – 1 febrero 2005	3.8	5.9	168.9	1.2	2.1	-3.8	-27.4
18-25 febrero 2005	7.4	9.6	181.0	1.2	2.3	0.6	-24.9
1-2 febrero 1999	1.4	4.9	202.5	1.8	3.5	-3.9	-26.8
24-27 diciembre 2010	6.4	8.8	299.8	0.6	2.4	2.1	-18.7
22-23 enero 2011	2.5	4.8	153.5	1.5	2.3	-4.1	-25.5
15-17 diciembre 2010	4.7	7.9	206.0	1.6	3.2	0.6	-23.4
15-17 febrero 1999	5.8	7.3	189.0	0.7	1.5	-0.6	-25.7
2-3 marzo 2004	3.7	6.1	204.5	1.4	2.4	-4.3	-28.5
8-10 enero 2000	4.9	8.4	252.7	1.7	3.5	3.5	*
12-16 enero 2003	3.9	7.2	289.3	1.2	3.3	-2.2	-26.6
15-17 noviembre 2004	4.8	10.3	537.5	1.1	5.5	3.5	-16.2
16-18 noviembre 2007	7.7	11.9	286.3	1.6	4.1	4.0	-19.6
29-31 enero 2006	3.1	5.3	338.7	0.9	2.2	-1.3	-27.0
7-10 enero 2006	5.2	6.9	137.5	1.1	1.7	-2.1	-24.2
29-30 noviembre 2013	4.0	7.8	336.5	1.2	3.8	0.0	-21.0
16-19 diciembre 2001	3.1	4.7	279.5	0.4	1.6	-1.5	-20.2
9-19 febrero 2012	4.2	7.4	219.2	1.7	3.2	-1.2	-25.1
9-10 enero 2009	3.8	4.9	193.5	0.5	1.1	-3.0	-29.9
24-26 diciembre 1998	5.9	9.4	309.3	1.2	3.5	0.3	-19.8
20-28 noviembre 1999	6.2	9.0	135.5	2.2	2.8	2.4	-20.9
Media	4.6	7.4	246.1	1.2	2.8	-0.6	-23.8

TS = Temperatura en superficie; TEC = Temperatura del estrato cálido; AEC = Altitud del estrato cálido; Δ (TEC-TS) = Incremento de temperatura entre superficie y estrato cálido. Fuente: elaboración propia a partir de datos de sondeos aerológicos realizados por el Centro Meteorológico Territorial (CMT) de Guadalupe (Murcia).

En el análisis del parámetro de los **valores mínimos de temperatura** registrados en el área de estudio durante las SIT escogidas, el primer aspecto notable a tener en cuenta es la gran diferencia espacial existente en la zona, máxime cuando no existe una gran irregularidad topográfica ni un importante desnivel altitudinal (apenas 120 m.), independientemente de la ejercida por la Sierra de Carrascoy. De los datos analizados, y habiendo sido elegidas las SIT por esta variable térmica, se deduce que de las 20 SIT más intensas en el periodo 1998-2013, la gran mayoría tiene lugar en invierno, salvo las registradas en el mes de noviembre, aunque próximas al inicio del invierno meteorológico. Se coincide

así con los resultados obtenidos por MARTÍ EZPELETA (1990), donde concluye que la mayor frecuencia de inversiones térmicas se produce en episodio invernal. Al centrar el análisis en el estudio de los valores térmicos mínimos absolutos, en la jornada más intensa de cada SIT, de nuevo los más bajos de la zona de estudio se corresponden con El Llano ($-4,9^{\circ}\text{C}$). En contraste, las temperaturas mínimas absolutas más elevadas, se corresponden, al igual que las medias, con los sectores laterales y fuera del dominio que ejercen las SIT en el fondo de valle. Este es el caso de las estaciones de Cabezo de la Plata ($1,5^{\circ}\text{C}$) y La Vereda ($0,2^{\circ}\text{C}$) (Tabla 3). El análisis de la **amplitud térmica diaria** (ATD) durante las SIT de estudio, proporciona una información complementaria esencial para determinar la magnitud e intensidad de éstas, afirmadas además por las temperaturas máximas alcanzadas horas después. Al tratarse pues, de inversiones térmicas en capas bajas atmosféricas, se suele producir un importante ascenso de las temperaturas máximas durante el día. Este hecho ya fue aportado por LÓPEZ GÓMEZ (1975) al considerar que el aire calentado en contacto con el suelo durante el día asciende solo hasta el nivel de inversión, conformando

TABLA 3.
Temperaturas mínimas absolutas ($^{\circ}\text{C}$)
del día del valor térmico más bajo en los periodos analizados

Situaciones SIT	C.Plata	Vereda	Pilica	CMT	Alberca	Alcan- tarilla	Álamos	El LLano	Dif T ^a
28 enero 2005	*	0.2	-1.9	-3.8	-2.4	-3.2	-2.7	-8.5	8.7
22 febrero 2005	2.0	-1.6	0.5	-1.0	-0.5	-1.2	-2.1	-6.5	8.5
2 febrero 1999	0.1	-1.6	*	-2.0	-1.6	-4.2	*	-6.3	6.4
27 diciembre 2010	-1.1	1.0	-1.8	-2.4	-3.3	-4.2	-2.9	-5.7	4.7
22 enero 2011	-1.0	0.6	-1.3	-2.6	-2.8	-4.7	-2.5	-5.5	6.1
17 diciembre 2010	-1.0	-1.4	-2.6	-2.7	-2.6	-4.4	-2.8	-5.5	4.5
15 febrero 1999	1.8	-0.6	*	-1.4	-1.2	-4.2	*	-5.5	7.3
3 marzo 2004	2.1	-0.9	0.1	-1.5	-2.2	-3.0	-1.7	-4.9	7.0
8 enero 2000	2.5	0.7	0.9	0.4	*	-2.2	*	-4.5	7.0
14 enero 2003	1.6	0.4	-0.4	-1.0	-1.4	-1.8	-1.7	-4.5	6.1
16 noviembre 2004	4.4	2.5	1.2	0.6	0.3	-1.2	-1.5	-4.2	8.6
18 noviembre 2007	5.3	2.1	0.9	0.2	-0.1	-1.6	-0.8	-4.2	9.5
29 enero 2006	-0.7	-0.6	-1.4	-2.4	-1.9	-2.2	-1.8	-4.0	3.4
10 enero 2010	-0.5	-0.3	-1.1	-2.1	-1.9	-2.8	-3.4	-4.0	3.7
30 noviembre 2013	1.5	1.5	0.5	*	-0.9	*	0.1	-3.9	5.4
17 diciembre 2001	2.1	0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-2.0	-1.8	-3.9	6.0
12 febrero 2012	0.1	0.5	-1.9	-2.4	-1.7	-3.0	-3.5	*	4.0
10 enero 2009	1.7	1.9	0.8	-1.2	-0.1	-1.6	-0.2	-3.8	5.7
26 diciembre 1998	3.3	-0.1	*	0.0	0.1	-2.0	*	-3.7	7.0
24 noviembre 1999	4.6	0.4	1.1	0.0	0.5	-2.0	*	-3.7	8.3
Media	1.5	0.2	-0.4	-1.5	-1.3	-2.7	-2.0	-4.9	6.4

Fuente: elaboración propia a partir de datos de observatorios del SIAM-IMIDA y de AEMET.

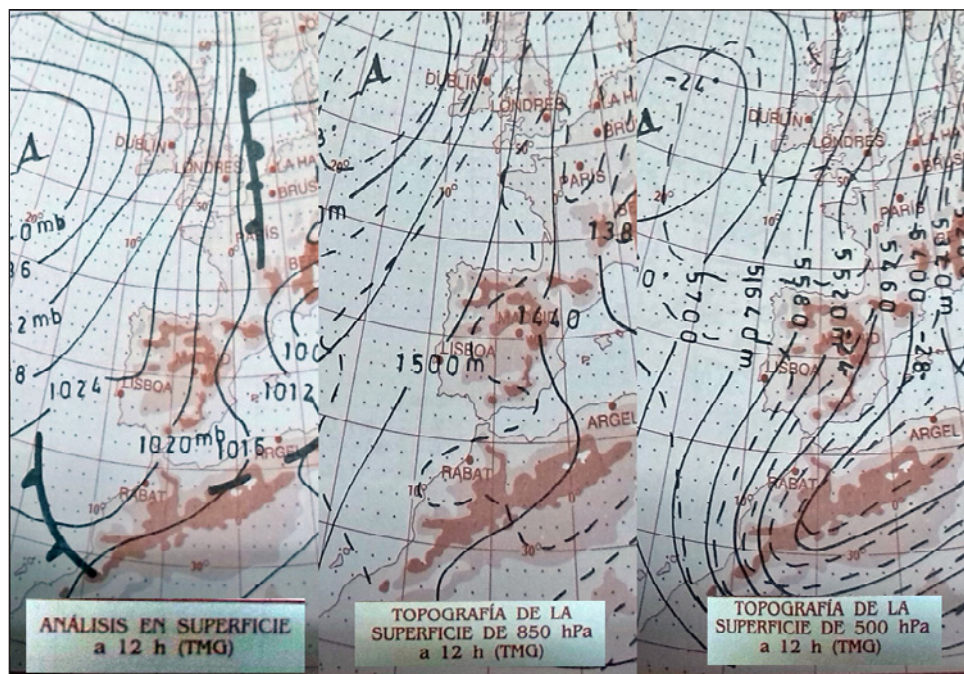
una masa cálida de escaso espesor (en este caso de análisis inferior a 300 m.), que será por lo tanto más cálida que si existiera libre ascenso hasta niveles más altos. En efecto, a pesar de que las 20 SIT se incorporan dentro de uno de los periodos más fríos de los últimos 15 años, las **temperaturas máximas medias diarias** no son excesivamente frías (valores entre 14,6°C de La Vereda y 11,7°C de La Pilica), diferencia, pues, de casi 3°C en altitudes similares, dejando notar efectivamente una clara influencia del estrato de inversión (en este caso diurno). La amplitud térmica diaria media (ATDM) de las estaciones del área durante las SIT es de 12,0°C, ligeramente inferior a la media invernal estimada para los últimos 30 años (12,4°C). Como es de esperar, las mayores amplitudes térmicas medias se registran en las zonas de valle: 14,6 en El Llano, 12,9°C en Alcantarilla y 12,5°C en Los Álamos (éstas si se mantienen por encima de la media).

Por el contrario, las estaciones localizadas en sectores marginales o más elevadas muestran amplitudes térmicas menores, por debajo nítidamente de la media invernal (Pilica 9,8°C y Cabezo de la Plata 9,9°C). Entre el fondo de valle y las zonas no afectadas por las IT se observa, por tanto, una diferencia de 5,3°C, con diferencias de ATD iguales o superiores a 7°C en 6 de las situaciones. La **velocidad del viento** es junto con la nubosidad, según (GARCÍA DE PEDRAZA, 1962), uno de los factores que más directamente influyen en los procesos de inversión térmica y en la explicación de las heladas de irradiación. De hecho, cuando un estrato frío superficial por irradiación es alterado por un flujo moderado de viento, con velocidad normalmente superior a los 9,0 km/h., se favorece la mezcla y la capa más templada superior tiende a descender, rompiendo por tanto el nivel de inversión térmica. En general, la velocidad media global de las SIT analizadas es muy débil (1,4 m/s o 5,0 km/h.), siendo el flujo del viento en muchos casos imperceptible. Las mayores velocidades medias de viento se registran en el CMT de Guadalupe (2,0 m/s), Pilica (1,9 m/s) y Alcantarilla (1,8 m/s) debido esencialmente a su configuración topográfica en resalte, y a zonas más abiertas, poco influenciadas por el relieve. Por el contrario, las velocidades medias más bajas se registran en La Alberca (0,6 m/s), El Llano (1,0 m/s) y La Vereda (1,0 m/s). La diferencia de velocidad media por tanto entre los distintos observatorios es de alrededor de 5,4 km/h. y solamente en seis o más jornadas superan los 7 km/h. En el estudio de la **dirección predominante de los flujos** en las jornadas de mayor inversión térmica, se reitera un predominio de los vientos de componente N en el norte de la Vega, lo que explica en parte, que el descenso térmico ejercido en la zona de El Llano de Molina sea más importante que en el resto del área de estudio, y que en otros sectores igualmente deprimidos orográficamente. Se combinan por tanto flujos muy débiles y de predominio NO. Los otros observatorios de valle, donde teóricamente las temperaturas deberían ser igual de bajas, se ven influenciados por parámetros ventosos diferentes. Así pues, en Los Álamos (Beniel), a pesar de su enclave (altitudinalmente el menos elevado) y los vientos flojos de la zona, el flujo del SO no permite un descenso mayor de las temperaturas. Igualmente ocurre en La Alberca (el observatorio con la velocidad del viento más baja) pero con una componente SSO. Por último, tanto el observatorio de Alcantarilla como el del CMT de Guadalupe, se registran velocidades del viento algo superior al resto de valle, por lo que a pesar de su componente algo más fría (O y NO respectivamente), es compensado por la mayor velocidad de flujo y no se produce un descenso térmico nocturno tan importante.

3.3. Análisis sinóptico de la situación más intensa de inversión térmica: 25 de enero – 1 de febrero de 2005

Durante las jornadas de 25 y 26 de enero de 2005 predomina en Europa occidental una intensa circulación retrógrada con advección significativa de una masa de aire considerablemente fría de origen ártico continental, generada por la interacción de la Depresión de Génova (1000 hPa) y una enérgica célula anticiclónica templada al noroeste de Irlanda (1045 hPa). Se genera por tanto un importante gradiente barométrico oblicuo, que canaliza su flujo por el noreste de la Península Ibérica. Nos encontramos por tanto, ante una circulación meridiana de alto grado que genera una situación de bloqueo con disposición en «omega», en la que en esta ocasión la dorsal cálida, con eje oblicuo SSO-NNE (alimentada por aire subtropical de bajas latitudes) se halla en un enfoque mesoatlántico, mientras que la inflexión del jet desaloja aire frío en niveles medios y altos en la mitad este peninsular. En la topografía de 850 hPa la isoterma de -6°C cubre la mitad de la extensión peninsular, dejando un ambiente enormemente frío (Figura 2). Conforme avanzan las horas, el vórtice frío en niveles altos generado en el seno de la vaguada retrógrada avanza hasta alcanzar y desplazarse por la vertical del interior mediterráneo. La disposición general atmosférica se mantiene en *status quo* durante varias jornadas, estimulando la perseverancia del flujo del NE y provocando temperaturas mínimas negativas en zonas donde como se ha podido comprobar la recurrencia de heladas es mínima ($-0,8^{\circ}\text{C}$ en La Vereda). Durante el 28 de enero de 2005, jornada de máxima inversión térmica, se produce el paso de un frente cálido bastante desgastado, a la vez que la célula anticiclónica británica empieza a perder fuerza y a disminuir ostensiblemente el viento durante esta jornada ($7,2\text{ km/h.}$). En la superficie de 850 hPa todavía continua presente la isoterma de -6°C , que junto a temperaturas de casi -40°C a 550 m. de altitud (valores extraordinarios) siguen generando un aire extremadamente frío y pesado. A pesar de todo ello, se produce la mayor virulencia de la invasión de aire polar continental europeo, de ahí las nevadas en el litoral mediterráneo y europeo (Cartagena, Mar Menor, Alicante, Roquetas, Aguadulce. Motril... que no se recordaba dese Febrero de 1956 (CAPEL MOLINA, 2005). Esta situación sinóptica general se tradujo en la Vega Media del Segura en una jornada estable con cielo completamente despejado (7,9 horas de sol según el CMT de Guadalupe), a excepción de algunas nubes que apresuradamente se aislaron al inicio de la madrugada. La amplitud térmica por consiguiente fue bastante elevada, si tenemos en cuenta que predomina una masa de aire extremadamente fría, especialmente en zonas de valle donde se alcanzó $17,0^{\circ}\text{C}$ en El Llano, frente a los $10,0^{\circ}\text{C}$ de La Vereda (influencia notoria del estrato de inversión térmica). La inversión térmica absoluta llegó a su cénit durante la presente jornada, con un marcado descenso de la temperatura mínima en el fondo de valle ($-8,5^{\circ}\text{C}$ en El Llano) respecto a la registrada en enclaves periféricos de reborde ($0,2^{\circ}\text{C}$ en La Vereda). Según los datos del sondeo atmosférico del CMT de Guadalupe, a las 00Z existía un estrato menos frío ($1,8^{\circ}\text{C}$) a 979 hPa (302 m.), mientras que en superficie la temperatura descendía hasta $-0,9^{\circ}\text{C}$. La diferencia en atmósfera libre fue, por tanto, de casi 3°C . Al final de la madrugada se registraría una temperatura mínima de $-3,6^{\circ}\text{C}$ en este lugar. Según el sondeo termodinámico de Strüve, se trata, al igual que la mayoría de las inversiones térmicas ocurridas, de características superficiales o de irradiación, a diferencia por ejemplo de ámbitos subtropicales (Islas Canarias), donde por efecto del alisio y advecciones cálidas africanas predominan las inversiones térmicas de subsidencia (DORTA ANTEQUERA, 1994).

FIGURA 2.
Configuración sinóptica del 28 de enero de 2005



Fuente: elaboración propia a través del Boletín Meteorológico del INM.

3.4. Estudios de los patrones sinópticos más recurrentes en la configuración de inversiones térmicas

En el análisis de los patrones sinópticos en niveles altos troposféricos (500-300 hPa), el escenario visiblemente dominante es el de la retrogresión, representada por vaguadas de origen polar continental (60%) seguidas de lejos por las situaciones que, eso sí, han dado lugar a los procesos más intensos, pero igualmente menos frecuentes, las de origen ártico continental (10%). Si además incluimos el tipo de tiempo «de norte» o de vaguadas árticas marítimas, con una clara componente N-S, el porcentaje total llega al 80%. Las citadas vaguadas suelen tener una longitud de onda intermedia, sobresaliendo la orientación NE-SO en la ubicación de su eje, posicionado la gran mayoría de las veces en una línea imaginaria entre el Mar Balear y los Balcanes, o entre el primero y Centroeuropa, en esta ocasión con una orientación NNE-SSO. En el caso de las células dorsales, se encuentran posicionadas en el Atlántico más oriental, siguiendo un eje NNE-SSO desde Irlanda (15%) – Atlántico Central (25%) y Suroeste de la Península Ibérica (25%), con altitudes elevadas para su Geopotencial: 5.730 m. a 500 hPa y 9.310 m. a 300 hPa. Mientras, las perturbaciones situadas en altos niveles atmosféricos tienden a posicionarse la gran mayoría de las veces en los Balcanes (17%), Argel (12%) y Centroeuropa (12%), conformando

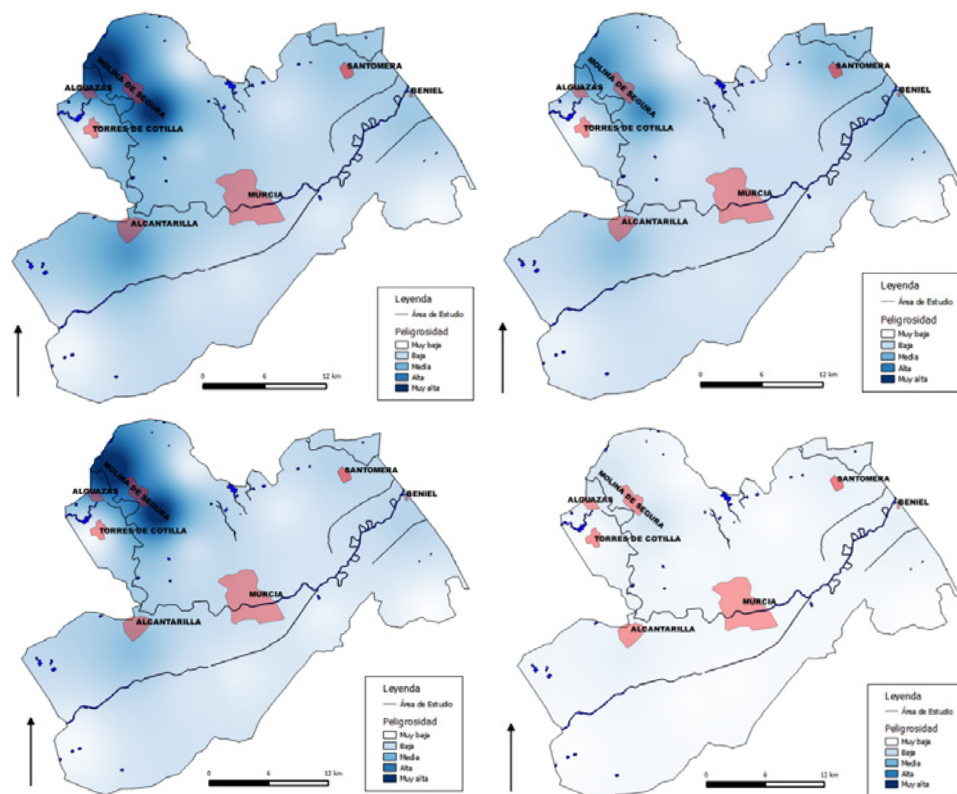
una perturbación normalmente en el seno de la vaguada, que es alimentada por la masa de aire extremadamente fría. Seguidamente, aparecen otras situaciones atmosféricas con un porcentaje menos significativo (20%), como la aparición preferentemente de la dorsal subtropical marítima en invierno, con predominio de tiempo estable en el Sureste español, que determina altas temperaturas diurnas, pero también fuertes descensos térmicos por la noche que originan importantes heladas (OLCINA CANTOS y RICO AMORÓS, 1995). Los grandes centros de acción superficiales coinciden casi en su totalidad con los niveles altos, aunque su reflejo en superficie sufre alguna variación, pues tienden a situarse a una latitud superior. Esto es, los grandes anticiclones se reflejan principalmente en las inmediaciones de Irlanda, Canal de la Mancha y Centroeuropa, este último adquiriendo características térmicas sobre el continente debido a la presencia de la estación invernal. Una de las características más destacadas en su elevada presión atmosférica reducida a nivel del mar, con una media en las situaciones analizadas de 1037,7 hPa, sin duda células anticiclónicas muy enérgicas, necesarias para que con su interacción con borrascas superficiales, puedan impulsar grandes masas de aire frío hacia la vertiente mediterránea peninsular. Cabría hablar por tanto del posicionamiento de las bajas en superficie, que al igual que en niveles altos, también son fielmente reflejadas en este contexto, situándose principalmente en la zona del Mediterráneo centro-oriental, esto es en los Balcanes (40%), inmediaciones de Italia (Adriático, Golfo de Génova...), y en menor medida en el Mar Balear. Como se aprecia, la posición se advierte más meridional -en la zona Mediterránea- con una presión media no excesivamente baja (1000,3 hPa), pero sí muy contrastada con respecto a las células de alta presión. Nos da por tanto una idea del fuerte gradiente barométrico generado. A pesar del importante desnivel de las isobaras, el pasillo de vientos no afecta en estas situaciones a la Península Ibérica, pues como es sabido anularía cualquier proceso de inversión térmica. Esta idea ya fue aportada por BELLO FUENTES, (2008), al considerar que las bajas presiones, en este caso térmicas, podrían no interferir a la hora de la génesis de inversiones térmicas. En el norte de la Península Ibérica si se originan ciclogénesis frontales muy activas, que dejan rigurosos temporales de nieve, pero sin afección en el SE Peninsular (CAPEL MOLINA, 2003). De hecho, llama la atención el escaso gradiente de 3,3 hPa entre Galicia y Murcia en las citadas situaciones, con una presión atmosférica media de 1020,5 hPa en Murcia, lo que se correlaciona perfectamente con los escasos registros de velocidad media del viento registrado en los observatorios meteorológicos de superficie.

3.5. Propuesta de cartografía de peligrosidad de heladas

Gracias a los parámetros físicos estudiados en apartados anteriores en relación a variables que expresan y contabilizan el frío nocturno (número de días de helada, horas de helada, resultados del análisis de las situaciones de inversión térmica más importantes...) se ha podido elaborar la cartografía de peligrosidad de heladas del área de estudio. Tal y como se describe en la metodología, se han elaborado mapas para los diferentes meses invernales (diciembre, enero y febrero) y tardo-invernales (marzo). Los resultados arrojados muestran un alto grado de similitudes con respecto al análisis del primer apartado, donde se analiza la distribución espacial y temporal de las temperaturas mínimas invernales. Como

puede apreciarse en la siguiente cartografía, el área de mayor peligrosidad corresponde al corredor de Molina de Segura, siendo los meses más peligrosos los de diciembre y enero. Curiosamente, en febrero se reduce de forma considerable la peligrosidad, mientras que marzo se caracteriza por sus bajos valores y por la homogeneización de toda el área de estudio. Rebordes montañosos y territorios prominentes altitudinalmente son los que presentan la peligrosidad más baja de la Huerta de Murcia (Figura 3).

FIGURA 3.
Mapa de peligrosidad de helada (Diciembre, Enero, Febrero y Marzo)



Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

El estudio de las situaciones de inversión térmica ha permitido extraer interesantes consideraciones, entre ellas las relativas a las condiciones sinópticas que suelen contribuir a su formación y desarrollo: i) predominio anticiclónico en superficie, alimentado en niveles medios y altos con vaguadas de aire polar/ártica continental, cuya cresta (NE-SO) afecta principalmente a la mitad oriental de la Península Ibérica, con medias de $-0,6^{\circ}\text{C}$ a 850 hPa.

Estos fenómenos de inversión térmica suelen ser más frecuentes durante la estación invernal, poseen un débil flujo de viento en superficie (entre 2,2 y 6,5 km/h), y advecciones de componente NO y SO. Las temperaturas mínimas superficiales difieren mucho según la posición topográfica de cada observatorio (más de 9°C en apenas 116 m de altitud). Se trata, por tanto, de inversiones térmicas con estrato cálido muy bajo, con temperatura media de 7,4 °C a 246,1 m de altitud y una elevada ratio media de descenso térmico desde el estrato cálido a la superficie (-1,2 °C/100 m). Los valores de temperatura mínima se sitúan por debajo de lo habitual en las zonas de valle, mientras que los valores son muy diferentes en sectores circundantes más elevados.

Los vientos de componente N en el norte de la Vega, explica en parte, que el descenso térmico ejercido en la zona de El Llano de Molina sea más importante que en el resto del área de estudio, y que en otros sectores igualmente deprimidos orográficamente. Los otros observatorios de valle, donde teóricamente las temperaturas deberían ser igual de bajas, se ven influenciados por parámetros ventosos diferentes.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BELLO FUETES, V. (2008): *Serie Geográfica*. «Las inversiones térmicas en el Valle Bajo del Henares». 14, pp. 47-60.
- CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (1982): *Real Academia Alfonso X El Sabio*. «Continuidad y cambio en la Huerta de Murcia», Murcia.
- CAPEL MOLINA, J.J. (2005): *Nimbus*. «La ola de frío de enero de 2005 en España», 15-16, pp. 43-56.
- CONESA GARCÍA, C. y ALONSO SARRIÁ, F. (2006): *El Medio Físico de la Región de Murcia*. «El Clima de la Región de Murcia». En Conesa García, C. (Ed.). Cap. 3. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia. Murcia, pp. 95-127.
- DORTA ANTEQUERA, P.J. (1994): *Investigaciones Geográficas*. «Las inversiones térmicas en Canarias». 15, pp. 109-123.
- FERRERAS FERNÁNDEZ, C.; GARCÍA LIDÓN, A.; PORRAS CASTILLO, I. (2003): *Serie técnica y de estudio*. «Las heladas en la zona citrícola de la Huerta de Murcia». Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Murcia, 96 pp.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L. (1962): *Hojas Divulgadoras* «Las heladas» 18, Ministerio de Agricultura, Madrid.
- GONZÁLEZ ORTÍZ, J.L. (1984): *El Noroeste Murciano*. «El hombre y sus tierras». Ediciones Mediterráneo. Murcia. 399 pp.
- I.N.E.: Censo de población y viviendas, 2013. Instituto Nacional de Estadística.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; CALVO GARCÍA TORNEL, F. y MORALES GIL, A. (1986): *Geografía de la Región de Murcia*. Ketres Editora, Barcelona, 277 pp.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1975): *Estudios Geográficos*. «Inversión de temperatura entre Madrid y la Sierra de Guadarrama con advección cálida superior», Vol. 36, 138-139, pp. 567- 604.
- MARTÍ EZPELETA, A. (1990): *Geographicalia*. «Las inversiones térmicas en la Depresión de Sarriena». 27, pp. 105-120.
- OLCINA CANTOS, J. y RICO AMORÓS, A. (1995): *Investigaciones Geográficas*. «Sequías y golpes de calor en el Sureste Ibérico: Efectos territoriales y económicos». 13, pp. 47-80.