

CARACTERIZACION DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS SERIES DE HELADAS. VALDECABALLEROS (BADAJOZ)

Y. López de Jesús*, J. A. Bermejo**, J. Cabezas* y J. C. Escudero

* Area de Ecología, Departamento de Física.
Universidad de Extremadura

** Director del Servicio Meteorológico de la central nuclear de Valdecaballeros

Resumen

La metodología de caracterización de las estructuras y dinámicas de las heladas, a partir de los datos de temperaturas mínimas diarias, no está sistematizada, siendo necesario para su aplicación recurrir a procedimientos que contemplan aspectos parciales y que se encuentran dispersos en numerosas citas bibliográficas. La conjugación y complementación de estos aspectos da lugar a una sistemática de trabajo capaz de poner en evidencia los aspectos estructurales y de dinámica perseguidos a la par que constituir una herramienta útil para comparar resultados, aunque se trate de localidades de climatología distinta.

Abstract

The methodology used to characterize frost structures and dynamics from daily minimum temperature data is not systematized. In order for this to be applied, it is necessary to resort to procedures that take into account partial aspects which are to be found among numerous bibliographic references. The combining of these aspects gives rise to a methodology of work, capable of showing the structural and dynamic aspects pursued, while providing a useful tool for comparing results, however different the climatological characteristics of each area may be.

Introducción

En una comunidad inminentemente agrícola como es Extremadura, el desarrollo económico

depende, prácticamente en su totalidad, de la mejor o peor fortuna de los agricultores a la hora de recoger las cosechas. Pero es preciso tener presente que en este trabajo la obtención de un mayor beneficio, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, depende en la generalidad de las ocasiones de los siguientes cinco factores:

- 1.º Estructura y dinámica de los parámetros que componen el clima.
- 2.º Características físicoquímicas del suelo.
- 3.º Economía y manejo del agua.
- 4.º Utilización de las especies adecuadas.
- 5.º Comercialización y mercado.

Resulta evidente que para desarrollar todos los puntos expuestos se precisa conjugar el trabajo simultáneo de un amplio equipo multidisciplinar y, que si bien no es nuestro caso, sí estamos en condiciones de aportar información sobre determinados aspectos del primer considerando, dado que constituye una de las líneas de investigación prioritarias de nuestro equipo. De esta manera, se trata de cubrir uno de los múltiples huecos de información, claramente necesaria para nuestra comunidad, y más concretamente para su agricultura.

Antecedentes

Si bien existen diversos estudios que ponen de manifiesto la estructura y la dinámica de las precipitaciones y las temperaturas de la Comunidad extremeña (Juárez, 1979; Cabezas, 1985; Cabezas, Núñez y Escudero, 1986; Ortiz, 1988; Vaquero, Cabezas y Escudero, 1989; Cabezas y Es-

Escudero, 1989; Ortiz, Cabezas y Escudero: en prensa), se les ha concedido muy poca atención a algunos aspectos parciales de esos mismos parámetros, como es el caso de las temperaturas mínimas y más concretamente de las heladas (López de Jesús, 1989), cuyo conocimiento profundo adquiere una especial importancia en la dinámica de cultivos de cada zona estudiada y van a constituir el objetivo central de este trabajo.

Las consecuencias de las heladas —desde los puntos de vista económico y social— resultan patentes, como lo demuestran los estudios realizados en la zona naranjera de Levante, en la que se calcularon (Albero, 1985) en miles de millones de pesetas las pérdidas producidas por una helada en diciembre de 1962 sobre las cosechas de agrios. Esto pone en evidencia la necesidad de un estudio profundo sobre este parámetro (Elías, 1960; Tabuenca, 1976; Tabuenca, 1981).

Por ello, resulta racional que la predicción de heladas constituya, por tanto, el objetivo principal de algunos autores tales como: Boyden (1937), Saunders (1952) y Sutton (1966), entre otros, los cuales, como norma general incorporan fórmulas cuya eficacia varía fuertemente en función de la localidad, pero que se ajustan mal a la región extremeña.

En cualquier caso, los estudios de predicción de heladas requieren desde su inicio un análisis estadístico minucioso de las frecuencias de aparición de este meteoro en la zona, y esto, en síntesis, va a constituir la metodología de este trabajo.

Objetivos

Además de los múltiples problemas que plantean las heladas desde el punto de vista agrícola y por tanto económico, es posible añadir una larga lista de otros cuya índole es, en último término, exclusivamente científica. Los objetivos primordiales de este estudio tratan de resolver algunas de esas dificultades, concretamente las que se describen a continuación:

- Por una parte, se ha considerado imprescindible sintetizar los sistemas de análisis de datos de temperaturas mínimas, con vistas a establecer una sistemática capaz de poner en evidencia la estructura de las heladas de una determinada localidad.
- Por otra parte, la aplicación de esta sistemática sobre los datos de una localidad piloto ponen a disposición social un conjunto de conocimientos útiles, principalmente para la agricultura, la ganadería y subsidiariamente para turismo, comunicaciones, construcciones y otras actividades relacionadas de esa zona.
- Por ello, se le prestará una especial consideración a la forma de caracterizar la distribución de las heladas a nivel temporal, lo cual permite conocer aquellos períodos entre los cuales se produce este meteoro y la incidencia con la que se detecta a cada intervalo de tiempo.

Método

Problemática de su medición

Si se analizan con un cierto detalle la sistemática de caracterización de las heladas, resalta de inmediato que el concepto hace referencia a mediciones puntuales tanto en el tiempo como en el espacio. Esto significa que, atendiendo a la dinámica de la atmósfera en las capas próximas o en contacto directo con el suelo, las heladas (según se deduce de las experiencias de Boyden, 1937; Frost, 1949; Jefferson, 1951; Bontrond, 1953; James, 1953; Belhouse, 1961; Sutton, 1966; Wart *et al.*, 1978; Vaquero, Cabezas y Escudero, 1989) caracterizan exclusivamente el lugar y el momento en el que se hace la medición y que a lo sumo resultan extrapolables a superficies atmosféricas horizontales y necesariamente muy delgadas y de extensiones limitadas.

Obtención de los datos y desarrollo del estudio

Para el desarrollo de los objetivos propuestos, se realizó una primera labor de selección de las

series de datos disponibles de los distintos observatorios meteorológicos de la provincia, tanto del patrimonio público como de propiedad privada, prefiriéndose finalmente los de la central nuclear de Valdecaballeros, dado que reunían la doble condición de ser series representativas y de contar con medidas simultáneas de temperaturas a nivel de garita y junto al suelo (a 10 cm sobre el suelo), las cuales se analizan en otro trabajo (López de Jesús, Bermejo, Cabezas y Escudero: en elaboración). Los datos de este observatorio fueron facilitados amablemente por la dirección de la central nuclear de Valdecaballeros.

Características del observatorio

Este observatorio, que comenzó a realizar observaciones a partir de 1977 y se encuentra situado dentro del recinto de la central nuclear de Valdecaballeros, cumple las condiciones exigidas por la Comisión reguladora nuclear de Estados Unidos (Guía reguladora 1.23) y el Real Decreto 615 (BOE, 30 de marzo de 1978) del Instituto Nacional de Meteorología, que se rige por la normas de la OMM.

De los datos disponibles en este observatorio, se seleccionaron los correspondientes a las temperaturas mínimas del aire a nivel 1,5 m del suelo, que proceden de las mediciones diarias realizadas con un termómetro Lambrecht de mínimas situado en el interior de la garita.

Selección de la serie de datos

De los datos de temperaturas mínimas diarias disponibles se utilizaron los correspondientes al período comprendido entre enero de 1981 y diciembre de 1988, evitándose de esta forma la existencia de ciertas lagunas y la consecuente necesidad de cubrirlas aplicando tratamientos especiales. Esta serie que aunque no es demasiado larga es sin duda suficiente, dado que tratándose de un estudio de temperaturas, las desviaciones típicas de éstas a sus correspondientes medias son sistemáticamente muy reducidas y fijas (Cabezas y Escudero, 1989).

Tratamiento y análisis de los datos

Los datos sometidos a los tratamientos que se detallan en los siguientes apartados.

Determinación de los límites de las amplitudes medias y extremas de los períodos de heladas

La aplicación de este método consiste en determinar, para cada uno de los años, los primeros y últimos días en los que se producen heladas y la magnitud de los correspondientes intervalos comprendidos entre ambos valores (García y Jover, 1985). A partir de estos datos puede obtenerse la fecha media de iniciación, de finalización y tamaño del intervalo de los períodos de heladas (Mut y Tabuenca, 1976; García, 1985).

Por otra parte y sobre la totalidad de la serie, se ha determinado la fecha más temprana y la más tardía en las que se produjeron heladas a lo largo del conjunto total de años de observación, independientemente de que correspondan a años diferentes. Este sistema, por tanto, permite establecer las fechas extremas de riesgos de heladas y el umbral absoluto de aparición de este meteoro o período con riesgos de heladas probables (Mut y Tabuenca, 1976).

En consecuencia, cabe determinar sobre los datos de cada año el número de días en los que se han producido heladas y, por tanto, el número máximo, mínimo y medio de días de heladas sobre la totalidad de la serie.

Análisis de las series de heladas

Las heladas, a efectos ecofisiológicos, no son suficientemente informativas si se las consideran como hechos que acontecen a nivel aislado, puesto que para los organismos y más especialmente para la vegetación resulta más grave que se produzcan heladas durante varios días seguidos —puesto que impide la recuperación de las plantas ante el estrés continuo— que si se cuantifica un número igual de días de heladas, pero éstas se producen alternando con días de tempe-

raturas superiores a cero grados centígrados, en cuyo caso cabe la posibilidad de que la vegetación sea capaz de soportarlo y se recupere.

La sistemática utilizada en este análisis ha consistido en cuantificar las frecuencias de los distintos números de días seguidos durante los cuales se han producido heladas. El procedimiento es coincidente con el aplicado por Daget (1967) y Escudero (1977) sobre datos de precipitaciones.

Para la realización del análisis se han reconocido dos espacios temporales:

- a) Considerando independientemente cada uno de los años de observación.
- b) Considerando el período total de observación.

En cada uno de estos casos se ha determinado los parámetros siguientes:

- I. Número de días de heladas.
- II. Serie más frecuente.
- III. Frecuencia de la serie más frecuente.
- IV. Serie más larga.
- V. Frecuencia de la serie más larga.

Análisis de las frecuencias de las heladas a nivel de decenas

Dada la importancia de las heladas en la agricultura como se ha reconocido anteriormente, es interesante dedicar una parte del estudio al comportamiento de las heladas a nivel de decenas de días. Para ello, se dividirá el período de heladas seguras en decenas (García, 1985; Peinado, 1985), es decir, el intervalo comprendido entre primeros de noviembre y finales de abril. Seguidamente, se han agrupado las correspondientes decenas homólogas de cada año y se han analizado sus frecuencias de heladas, con independencia de las otras decenas.

Para desarrollar esta estrategia, se han determinado los días de heladas de cada decena y su significado porcentual respecto a los 80 días (cada decena por ocho años) que componen el

total de días de cada una de las decenas a lo largo de los ocho años de observación.

Es importante hacer notar que las terceras decenas de los meses de 31 días tiene once días y que la misma decena en febrero puede tener ocho o nueve días, dependiendo de si el año es o no bisiesto. Dado que se consideró que a nivel porcentual esto no introducía una variación significativa en los resultados y se evitaban enormes problemas de reajustes, se aceptaron estos períodos como decenas normales.

Resultados y discusión

Tras aplicar a los datos de las observaciones los tratamientos analíticos detallados en el capítulo anterior, se han obtenido los siguientes resultados.

Determinación de la amplitud de los períodos de heladas

La aplicación de los distintos análisis sobre los datos originales, desprende los resultados de la tabla I que se discuten a continuación.

Se aprecia una considerable dispersión en las amplitudes, que varían desde un intervalo de los 91 días de 1983-84 —que corresponde al 24,9 % de los días del año— hasta los 153 días en 1985-86, lo que significa que durante un período equivalente al 41,9 % de los días de este año se han producido con más o menos frecuencia heladas. La media de longitud del período de heladas queda fijada en 118,3 días, lo que supone al 32,4 % de los días del año.

Determinación absoluta sobre el conjunto

Las determinaciones de los límites y de los períodos de heladas aparecen reflejadas en la tabla II. En ella se observa que el comienzo más temprano de materialización de estos períodos se detecta en las últimas semanas de octubre (24-X-1982), mientras que los inicios más tar-

TABLA I
AMPLITUD DE LOS PERIODOS ANUALES CON RIESGOS DE HELADAS PROBABLES

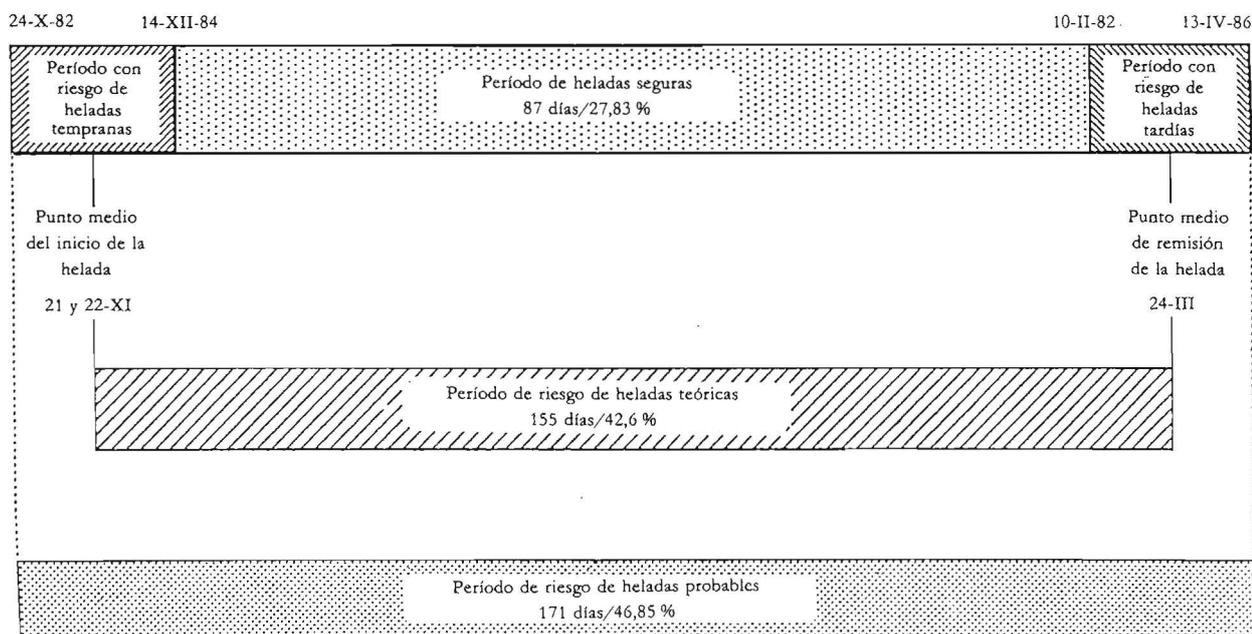
Periodo	Primera helada	Ultima helada	Amplitud del periodo de heladas en días
1981-82.....	27-XI-81 →	10-III-82	104
1982-83.....	24-X-82 →	4-IV-83	131
1983-84.....	13-XII-83 →	14-III-84	91
1984-85.....	14-XII-84 →	30-III-85	106
1985-86.....	19-XI-85 →	13-IV-86	153
1986-87.....	5-XI-86 →	17-III-87	133
1987-88.....	22-XI-87 →	12-III-88	110
	<i>Amplitud media del periodo:</i>		118,3 ($\sigma=21,41$)
1981-88.....	24-X → 13-IV		140 días

díos se producen sobre la mitad de diciembre (13-XII-1983 y 14-XII-1984), quedando el período comprendido entre ambos umbrales como *períodos de riesgo de heladas tempranas*. Si se calcula el punto medio del *intervalo de comienzos de las heladas*, se obtiene la *fecha media teórica del comienzo de éstas*, que en esta localidad corresponde al 21-22 de

noviembre y que tiene su mayor interés en los riesgos que asumen las compañías de seguros.

Atendiendo a los umbrales de remisión de las heladas, se observa a partir de los datos de la tabla II que las primeras fechas corresponden a primeros de marzo (10-III-1982), marcando

TABLA II
ESQUEMA COMPARATIVO DE LOS VALORES DE LA AMPLITUD DE LOS PERIODOS DE RIESGO DE HELADAS: PROBABLES, SEGURAS Y TEORICO; ASI COMO LOS PERIODOS DE RIESGO DE HELADAS TEMPRANAS Y TARDIAS DE LA TOTALIDAD DE LOS AÑOS OBSERVADOS



prácticamente el comienzo de la primavera y en los años de mayor persistencia se detectan heladas hasta la mitad del mes siguiente (13-IV-1986).

Aplicando el mismo procedimiento se puede igualmente caracterizar el *período de riesgo de heladas tardías*, que queda determinado por la fecha límite. Respecto al punto medio del intervalo, es susceptible de demarcarlo por el mismo procedimiento de cálculo anterior, obteniéndose de esta manera la *fecha teórica de remisión de heladas* que correspondería al 24 de marzo.

Con referencia al *período de heladas seguras*, queda caracterizado por el umbral más tardío de comienzo de las heladas (14-XII) y por el más temprano de finalización de las heladas (10-III), lo que corresponde a 87 días, lo cual significa que el 28,83 % de los días del año se encuentran sometidos a riesgo seguro de heladas.

El *período de riesgo de heladas probables* lo marcan en su totalidad la adición de los umbrales marginales determinados anteriormente (*período de riesgo de heladas tempranas y tardías*) al período seguro de heladas, quedando por tanto comprendido el riesgo entre el 24 de octubre y el 14 de abril, lo que supone un período de 171 días y esto representa el 46,85 % de los días del año.

El *período de heladas teórico* lo marcan la adición al período seguro de heladas, los períodos marginales comprendidos entre las medias de los in-

tervalos de heladas probables correspondientes a las heladas tempranas y tardías. Este período queda comprendido entre el 21 o 22 de noviembre y el 24 de marzo, dando origen a un período de 171 días y que corresponde al 46,85 % de los días del año.

Determinación del número de días de heladas año

A partir de los resultados, que se recogen en la tabla I, se deduce que por término medio se producen entre 43 y 44 días de heladas por año ($\bar{x} = 43,5$).

Análisis de las series de heladas

El análisis de las series de heladas ha dado origen a una representación en histogramas de cada uno de los años (gráficas 1 a la 8), en los que se recoge la distribución completa de las frecuencias, y otra representación (gráfica 9) que corresponde al conjunto total del período analizado (enero de 1981 a diciembre de 1988). Tanto en un caso como en otro, se han eliminado las series de frecuencia cero de las representaciones gráficas correspondientes por limitaciones del tratamiento informático utilizado. Por otra parte, y para ambos niveles de tiempo, se sintetizan en tablas las características más conspicuas de las series correspondientes a cada uno de los períodos estudiados (tabla III).

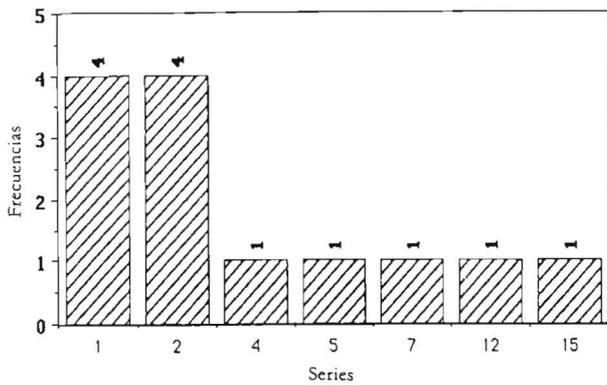
TABLA III
CARACTERIZACIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LAS HELADAS A NIVEL DE SERIES ANUALES Y DE TODO EL PERIODO DE OBSERVACION

Año	Número días de heladas	Serie más frecuente	Frecuencia serie más frecuente	Serie más larga	Frecuencia serie más larga
1981.....	55	1-2	4	15	1
1982.....	35	1	6	10	1
1983.....	52	1	5	18	1
1984.....	48	1	9	8	1
1985.....	38	1	6	10	1
1986.....	49	1	11	10	1
1987.....	32	1	6	7	1
1988.....	39	1	4	18	1
1981-88.....	348	1	49	18	2

Caracterización de las series de heladas de cada uno de los años

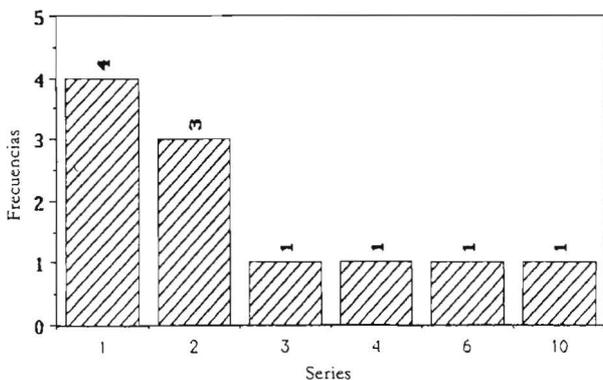
Este tipo de caracterizaciones evidencian por una parte los comportamientos extremos y por otra sirven para poner de manifiesto las pautas generales de todo el período estudiado. En la tabla III aparecen los resultados del estudio.

En 1981 han destacado una serie de quince días y otra de doce, ambas en el mes de enero, lo cual significa que prácticamente todo el mes de enero ha estado sometido a heladas. Los histogramas correspondientes aparecen en la gráfica 1.



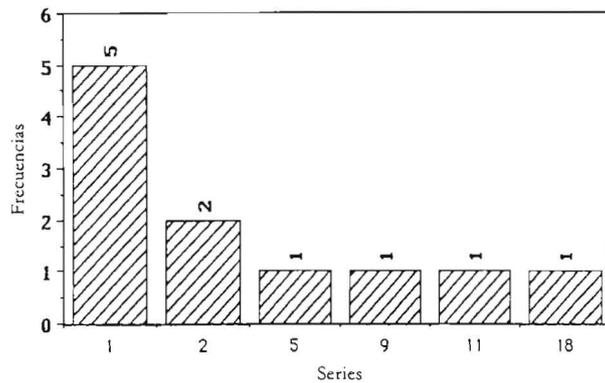
Gráfica 1.—Frecuencia de las series de heladas en 1981

En 1982 los valores extremos de temperaturas mínimas han oscilado entre $-3,5^{\circ}$ y -4° C. Las heladas se registraron principalmente en los meses de diciembre, enero y primera quincena del mes de febrero, los histogramas aparecen en la gráfica 2.



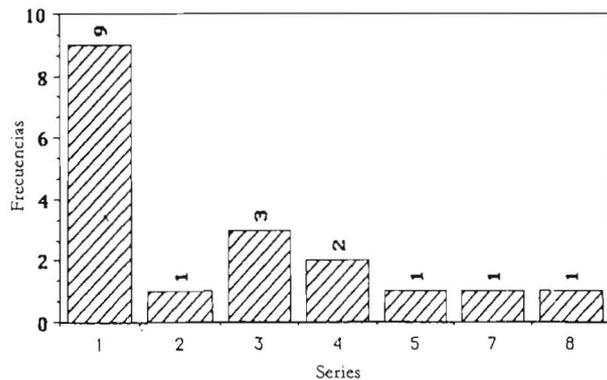
Gráfica 2.—Frecuencia de las series de heladas en 1982

En 1983 enero y febrero se caracterizaron por ser meses secos y fríos, típicamente invernales. Durante el mes de febrero se alcanzaron las temperaturas más bajas del año con -8° C el día 15. Las incidencias meteorológicas de los meses de enero y febrero dieron lugar a series de heladas poco frecuentes en esta zona, los correspondientes histogramas aparecen en la gráfica 3.



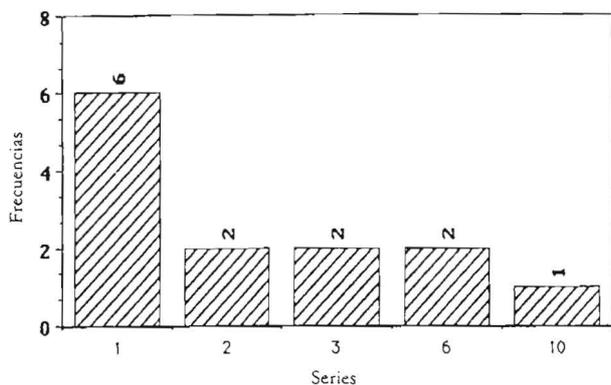
Gráfica 3.—Frecuencia de las series de heladas en 1983

En 1984 las heladas se produjeron durante enero, febrero, marzo y diciembre. Enero y febrero, que fueron los meses más fríos del año, con frecuentes heladas y bajas temperaturas nocturnas. Marzo se caracterizó por las bajas temperaturas nocturnas, que se detectaron durante los primeros quince días, destacando el día 12 con -5° C de temperatura mínima. En el mes de diciembre se volvió a registrar el día 30 la temperatura más baja del año con -5° C. En la gráfica 4 aparecen los histogramas.



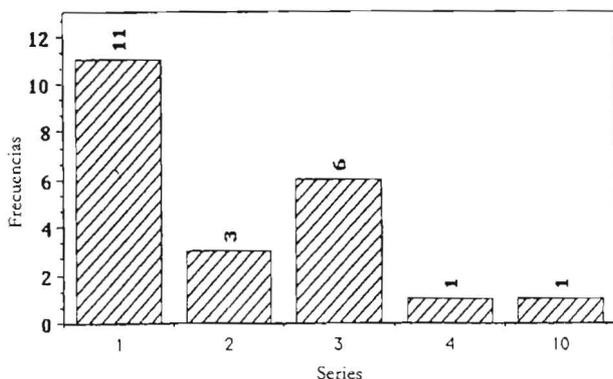
Gráfica 4.—Frecuencia de las series de heladas en 1984

Durante 1985 en el mes de enero se produjeron intensas heladas, resultando el mes más frío de todo el año. En él se registraron veintiún días de intensas heladas. Marzo también fue un mes de heladas, en concreto catorce, aunque éstas no fueran muy intensas. Las heladas en noviembre aparecieron junto con todos los parámetros atmosféricos propios del otoño y el invierno. En la gráfica 5 aparecen los correspondientes histogramas de frecuencias.



Gráfica 5.—Frecuencia de las series de heladas en 1985

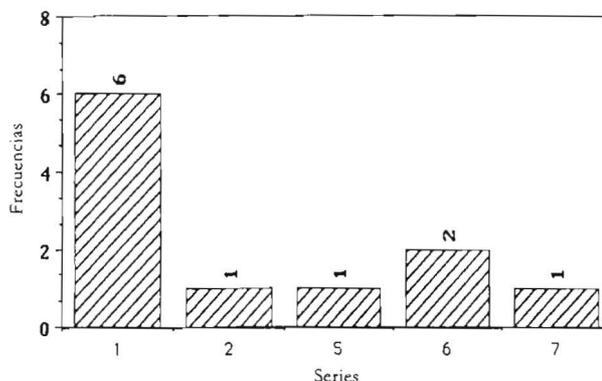
Las heladas en 1986 se produjeron principalmente en los meses de enero, noviembre y diciembre. Durante esos meses se dieron las series más largas. Sus correspondientes histogramas aparecen en la gráfica 6.



Gráfica 6.—Frecuencia de las series de heladas en 1986

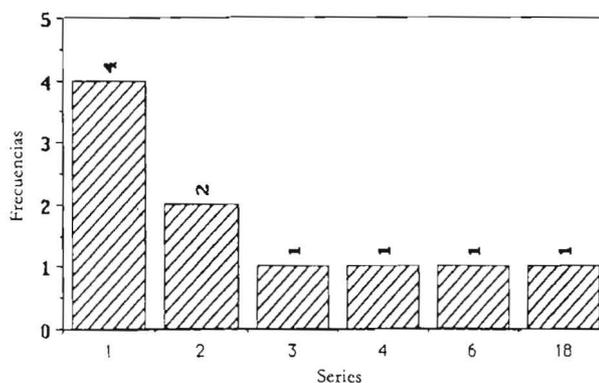
En 1987 se produjeron heladas en noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril. Las series más largas se produjeron en enero y febrero.

Los correspondientes histogramas aparecen en la gráfica 7.



Gráfica 7.—Frecuencia de las series de heladas en 1987

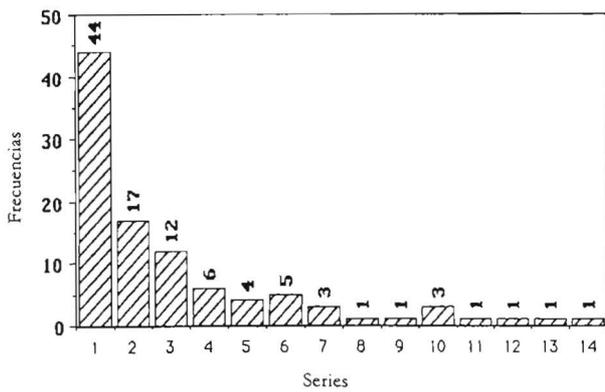
El 1988 fue un año abundante en el número de heladas, éstas se produjeron principalmente durante los tres primeros meses del año, pero no se detectaron series demasiado largas. En diciembre apareció una serie anormalmente larga de veinticinco días con temperaturas muy bajas, llegando incluso hasta -8°C . Los histogramas correspondientes aparecen en la gráfica 8.



Gráfica 8.—Frecuencia de las series de heladas en 1988

A partir de los datos de la última columna de la tabla III, se obtuvieron los histogramas (gráfica 9) correspondientes al período total de las observaciones de 1981 a 1988.

La frecuencia de la totalidad de las series en el período completo 1981-88 se registra en la tabla IV.



Gráfica 9.—Frecuencia de las series de heladas en el periodo 1981-88

TABLA IV
ESTUDIO DE LAS SERIES
EN EL PERIODO 1981-88

Series días de helada	Frecuencia
1	49
2	18
1	13
4	6
5	4
6	6
7	3
8	1
9	1
10	3
11	1
12	1
13	0
14	0
15	0
16	0
18	2
25	0
48	0

El año con mayor número de heladas fue 1981 con 55 días y el de menor 1987 con 32. La media de número de días de heladas anual corresponde a 43,5.

Se observa que las frecuencias de las series disminuyen al aumentar el tamaño de la serie, exceptuando las de 6, 10 y 18 en las que su frecuencia aumenta, esto se atribuye más a un fenómeno aislado que a una regla general.

Distribución de los días de heladas, a nivel de decenas

La tabla V muestra el número de días de heladas que se han producido en garita en cada uno de los periodos decenales considerados a lo largo de todo el periodo de estudio (1981-88) y sus correspondientes probabilidades expresadas en forma de porcentajes. Las representaciones gráficas de ambas expresiones aparecen en la gráfica 10.

Si se analizan detalladamente la tabla V y la gráfica 10, es posible realizar cuatro interpretaciones de los resultados en función de la forma de considerar los periodos. Pueden reconocerse los periodos de heladas tempranas probables —previo al de heladas seguras—, el de heladas seguras, de heladas probables tardías posterior al de heladas seguras y el conjunto total.

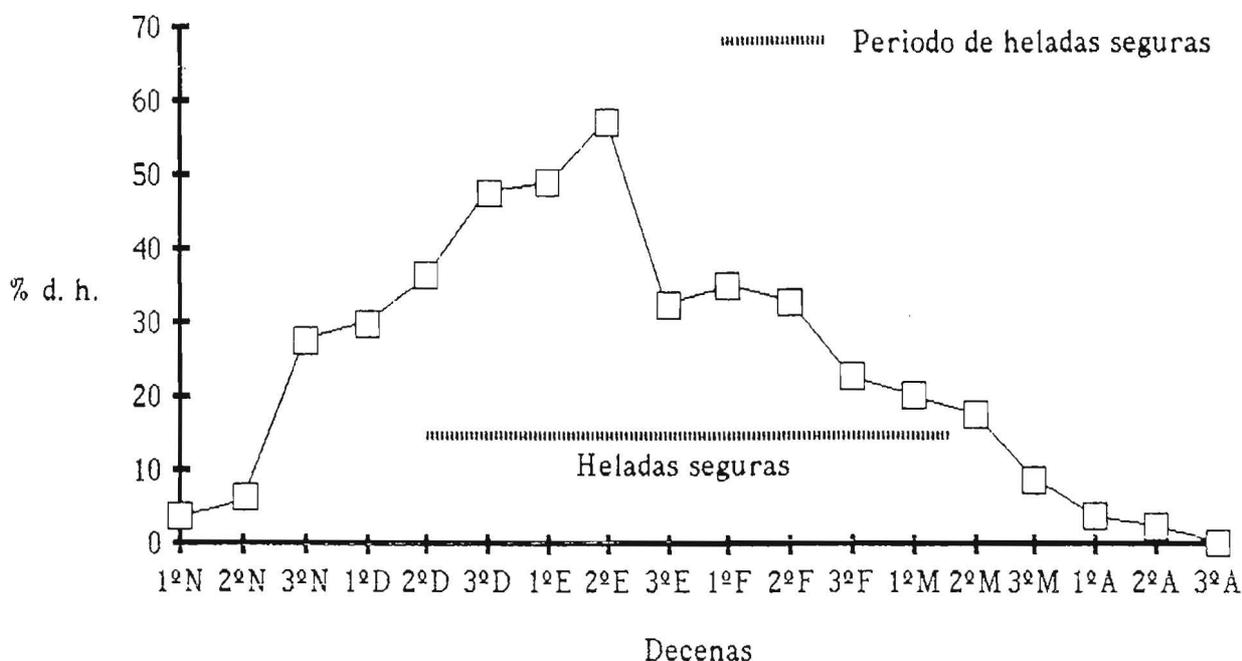
Al analizar el correspondiente a las heladas tempranas probables (gráfica 10) se observa: primeramente, un incremento suave de la ocurrencia de estos meteoros que en la última decena de noviembre pasan de una probabilidad porcentual del 6,25 % en la tercera decena del citado mes al 27,50 %, esto significa un cambio enormemente brusco en la pendiente de la curva. A partir de este momento el número de heladas aumenta suavemente respecto a la última decena de noviembre y continúa subiendo hasta la segunda decena de diciembre, que marca el comienzo del periodo de heladas seguras.

El periodo de heladas seguras (gráfica 10) muestra una continuidad con el proceso ya iniciado de elevación de la pendiente hasta alcanzar el valor máximo ($p=57,5\%$) en la segunda decena de enero. A partir de este momento se produce una caída muy marcada en la siguiente decena ($p=32,5\%$) que se mantiene hasta final de febrero, en que se produce otra considerable caída ($p=22,5\%$) que continúa hasta primeros de marzo ($p=20\%$), marcando una reducción de las heladas y el final del periodo de heladas seguras.

TABLA V
DISTRIBUCION DE LAS FRECUENCIAS ABSOLUTAS (a) Y RELATIVAS (b) DE LOS DIAS DE HELADAS EN LAS DISTINTAS DECENAS MENSUALES Y LO LARGO DE TODO EL PERIODO DE RIESGO DE HELADAS PROBABLES

a)	Número de días de heladas:																	
	1.ºN	2.ºN	3.ºN	1.ºD	2.ºD	3.ºD	1.ºE	2.ºE	3.ºE	1.ºF	2.ºF	3.ºF	1.ºM	2.ºM	3.ºM	1.ºA	2.ºA	3.ºA
	3	5	22	24	29	38	39	46	26	28	26	18	16	14	7	3	2	0
b)	Porcentaje de días de heladas:																	
	1.ºN	2.ºN	3.ºN	1.ºD	2.ºD	3.ºD	1.ºE	2.ºE	3.ºE	1.ºF	2.ºF	3.ºF	1.ºM	2.ºM	3.ºM	1.ºA	2.ºA	3.ºA
	3,75	6,25	27,5	30	36,25	47,5	48,75	57,5	32,5	35	32,5	22,5	20	17,5	8,75	3,75	2,5	0

N, noviembre; D, diciembre; E, enero; F, febrero; M, marzo; A, abril.



Gráfica 10.—Representación gráfica de la probabilidad porcentual de días de heladas por decenas, considerando los períodos de heladas probables. Al mismo tiempo, se delimita la duración del período de heladas seguras

Finalmente, el último período de heladas probables tardías se caracteriza por un descenso suave de la probabilidad a partir de la segunda quincena de marzo (17,5 %) y continúa hasta su remisión completa a finales de abril.

La consideración conjunta de los *períodos de heladas probables tempranas y tardías* y el de *heladas seguras* (gráfica 10) proporciona la información necesaria sobre el período total de heladas, que puede sintetizarse en 171 días/año de *riesgo de heladas*, lo que representa el 46,85 % de los días.

Conclusiones

En este período se sintetizan las conclusiones más destacables del estudio, apareciendo clasificadas en los cuatro grupos siguientes:

1.º Períodos y umbrales de las heladas:

- a) El período de inicio de las heladas a nivel de garita en la zona estudiada está comprendido entre el 24 de octubre y el 14 de diciembre, lo que significa que el

umbral de inicio es significativamente variable.

- b) La fecha media de inicio de heladas es, por tanto, del 21 al 22 de noviembre.
- c) El período de remisión de heladas varía entre el 10 de marzo y el 13 de mayo, que resulta ser un umbral prácticamente tan amplio como el de iniciación.
- d) La fecha media de remisión de heladas corresponde al 24 de marzo.
- e) El número medio de días de heladas por año es de 118,3 días, lo cual representa el 32,4 % de los días del año.

2.º *Período de riesgo de heladas probables, teóricos y seguros:*

- a) El período de riesgo de heladas probables corresponde al comprendido entre el 24 de octubre y el 13 de abril, que representa 171 días y el 46,85 % de los días del año.
- b) El período de riesgo de heladas teórico corresponde al tiempo que va desde el 21 o 22 de noviembre al 24 de marzo y supone un total de 155, que representa el 42,6 % anual.
- c) El período de riesgo de heladas seguras corresponde al comprendido entre el 14 de diciembre y el 10 de marzo, que representa 87 días, lo que determina el 23,83 % de los días del año.

3.º *Series de heladas:*

- a) El número más frecuente de series de heladas corresponde a la serie más corta, es decir, días aislados. Esta situación se ha repetido 49 veces (frecuencia) a lo largo de los ocho años de estudio.
- b) La serie más larga corresponde (1983) a 18 días, que ya de por sí es suficientemente alta como para crear considerables problemas en la vegetación.

4.º *Del análisis de las decenas mensuales se concluye que:*

- a) El inicio del período de riesgo de heladas tempranas se produce en muy poco

tiempo, pasando muy rápidamente de una situación de no heladas en octubre a un marcado incremento del riesgo.

Esto puede deberse al aumento igualmente rápido e intenso de las precipitaciones, lo que ocasiona subidas de la humedad junto al suelo, y que viene a coincidir con la situación de simultaneidad de nieblas y heladas y la disminución rápida de las temperaturas, dificultando el calentamiento del suelo y su posterior exportación a la atmósfera inmediatamente en contacto con él.

- b) Las variaciones en el segundo período de riesgo de heladas o heladas tardías son mucho más suaves. Esto puede estar relacionado con la mayor humedad del suelo, lo cual nuevamente coincide con la disminución suave de las precipitaciones, aumento progresivo de temperaturas y aumento, por tanto, de la evaporación y disminución de la humedad.

Agradecemos a la Dirección de la central nuclear de Valdecaballeros las facilidades que ha dado para disponer de los datos utilizados en este trabajo.

Bibliografía

- ALBERO, V. (1985): *Las heladas en la zona naranjera de Levante*, INM, Madrid.
- BELHOUSE, H. C. (1961): «An empirical method of forecasting radiation for and clear skies minimum temperatures at Vancouver», *Bulletin of the American Met. Society*, vol. 42, núm. 4. Boston.
- BONTROND, E. A. (1953): «Quelques indicatives pratiques concernant la prevision de temperatures extremes», *La Meteorologie*, enero-marzo, París.
- BOYDEN, C. J. (1937): «A method of predicting night minimum temperatures», *Quarterly Journal of the R. M. S.*, núm. 63, Bracknell (Reino Unido).
- CABEZAS, J. (1985): «Distribución espacial y temporal de las precipitaciones en la provincia de Badajoz y cuantificación de los volúmenes de agua precipitada por planimetría», tesis de licenciatura. Universidad de Extremadura, Badajoz.
- CABEZAS, J.-ESCUADERO, J. C. (1989): «Estudio termométrico de la provincia de Badajoz», Dirección General de Investigación, Extensión y Capacitación Agraria, Badajoz.

- CABEZAS, J.; NÚÑEZ, E., y ESCUDERO, J. C. (1986): «Determinación de las probabilidades mensuales, estacionales y anuales de las lluvias en Tierra de Barros y caracterización de las secuencias más relevantes por medio de análisis factoriales», *VII Jornadas de Viticultura y Enología de Tierra de Barros*. Consejería de Agricultura, Junta de Extremadura, Badajoz.
- COLECTIVO DEL CENTRO METEOROLÓGICO DEL GUADIANA (1986): *Agroclimatología de la provincia de Badajoz*, INM, Madrid.
- COMISIÓN REGULADORA NUCLEAR DE ESTADOS UNIDOS: *Guía reguladora 1.23*.
- DAGET, P. (1967): *Etude phyto-climatique d'une region de moyenne montagne: La Mageride*, Centre National de la Recherche Scientifique, Montpellier.
- DÍAZ-FIERROS, F. (1971): «Contribución a la climatología agrícola de Galicia, monografías de la Universidad de Santiago de Compostela.
- ELÍAS, F. (1960): «La helada y modos de combatirla», *Anales del Instituto Nacional de Industrias Agronómicas*. Madrid.
- ESCUDERO, J. C. (1977): «Comparación de las estructuras de biocenosis animales y vegetales en relación con el medio físico, en el área del embalse Conde de Guadalhorce», tesis doctoral. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- FROST, R. (1949): «Calculation of night minimum temperature», *The Meteorological Magazine*, vol. 78, núm. 920, Londres.
- GARCÍA, J.-JOVER, D. (1985): «Influencia de elementos meteorológicos en el rendimiento de la vid en Zaragoza (I)», *Avances sobre la investigación en climatología*, CSIC, Salamanca.
- JAMES, W. E. (1953): «Forecasting ground frost», *The Meteorological Magazine*, vol. 82, núm. 969, Londres.
- (1960): «Forecasting grass minimum and soil temperatures under clear skies and light wind», *The Meteorological Magazine*, vol. 89, núm. 1051, Londres.
- JEFFERSON, G. J. (1951): «Forecasting ground frost», *The Meteorological Magazine*, vol. 82, núm. 952, Londres.
- JUÁREZ, C. (1979): *Caracteres climáticos de la cuenca del Guadiana y sus repercusiones agrarias*, Ediciones de la Universidad de Salamanca.
- LÓPEZ DE JESÚS, Y. (1989): «Estudio comparativo de la estructura y dinámica de las heladas a nivel de garita y suelo», tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias (Departamento de Física, área de Ecología) de la Universidad de Extremadura.
- LÓPEZ DE JESÚS, Y.; BERMEJO, J. A.; CABEZAS, J., y ESCUDERO, J. C.: «Estudio de la dinámica y estructura de las heladas a nivel de suelo en la zona de Valdecaballeros», en elaboración. Facultad de Ciencias (Departamento de Física, área de Ecología) de la Universidad de Extremadura.
- MUT, M.-TABUENCA, M. C. (1976): «Resumen de temperaturas del observatorio de Aula Dei (período 1954-1973)», *Publicaciones del Centro Pirenaico de Biología Experimental*, vol. 7, fasc. I, Jaca.
- ORTIZ, E. (1988): «Estudio comparativo de distintas series temporales de precipitación de la provincia de Cáceres. Análisis de las estructuras espaciales y valoración planimétrica de aguas precipitadas», tesis de licenciatura. Universidad de Extremadura, Badajoz.
- ORTIZ, E.; CABEZAS, J., y ESCUDERO, J. C.: «Distribución espacial y temporal de las precipitaciones en la provincia de Cáceres y cuantificación de los volúmenes de agua precipitada por planimetría», en prensa. Facultad de Ciencias (Departamento de Física, área de Ecología) de la Universidad de Extremadura, Badajoz.
- PEINADO, A. (1985): *Lecciones de climatología*, INM, Madrid.
- SANDERS, W. E. (1952): «Some further aspects of night cooling under clear skies», *Quarterly Journal of the R. M. S.*, vol. 78, núm. 338, Bracknell (Reino Unido).
- SUTTON, O. G. (1966): *La ciencia de la Meteorología*, Revista de Occidente, Madrid.
- TABUENCA, M. C. (1976): «Factores climáticos que influyen en el cultivo frutal», *Publicaciones del Centro Pirenaico de Biología Experimental*, vol. 7, fasc. II, Jaca.
- (1981): «Factores climáticos en la producción frutal», *Avances sobre la investigación en climatología*, CSIC, Salamanca.
- VAQUERO, P. (1987): «Análisis de las estructuras espaciales y temporales de las precipitaciones de la provincia de Huelva. Valoración planimétrica de los volúmenes recolectados», tesis de licenciatura. Universidad de Extremadura, Badajoz.
- VAQUERO, P.; CABEZAS, J., y ESCUDERO, J. C. (1989): «Caracterización de los gradientes térmicos estivales en pastos adhesionados e intervención de *Cistus crispus* L. en su distorsión», *Pastos*, número extraordinario, Badajoz.
- VIEDMAN, J. A. (1976): *Bioestadística. Métodos estadísticos en medicina y biología*, edición del autor. Madrid.