

## **Daños por helada en plantaciones frutales en floración**

M.<sup>a</sup> L. HERNÁNDEZ

Este trabajo analiza el riesgo agrícola de que se produzcan daños por heladas de primavera en las plantaciones de frutales, siendo éste el mayor peligro que presentan éstas y a las que hay que atribuir el mayor porcentaje de pérdidas en la calidad y cantidad de las cosechas de frutas en el valle medio del Ebro.

En primer lugar se encuadra la fruticultura en el conjunto de actividades agrícolas del área y su distribución por especies, para pasar después a analizar la relación entre estas temperaturas bajas y el desarrollo del ciclo vegetativo de estos cultivos en general, y el estado fenológico correspondiente a la floración en particular.

Después del estudio de la frecuencia de aparición de heladas de primavera, se aplica la metodología propuesta por DE VILELLE (1988) para evaluar el riesgo agrícola. Se concluye indicando que este riesgo se extiende desde el 20 de febrero hasta el 10 de abril y toma los valores más altos en la segunda y tercera decenas del mes de marzo y en la primera de abril. Las especies de floración más temprana son las que presentan un mayor porcentaje de daños.

M.<sup>a</sup> L. HERNÁNDEZ. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.

**Palabras clave:** Riesgo agrícola, heladas de primavera, valle medio del Ebro, Aragón.

### **INTRODUCCION**

Entre todos los factores del medio natural, los elementos climáticos son considerados como aquéllos ante los que los vegetales presentan una respuesta más inmediata. Aunque existen otros muy variados que intervienen de forma decisiva sobre los rendimientos de las plantas cultivadas, como los edáficos o los derivados de la intervención antrópica, es indudable que las repercusiones de estos agentes suelen manifestarse a más largo plazo. Por el contrario, en pocas semanas e incluso días, el clima —el tiempo más bien— puede convertirse en un importante factor de riesgo que conlleve, a veces irremediablemente, pérdidas sustanciales o totales en el rendimiento de la cosecha. Ni siquiera sería necesario señalarlos, pero pensemos en los efectos que produce una

granizada, la falta de agua durante el período crítico correspondiente al momento previo a la espigazón del cereal, o una helada en plena floración de los frutales.

Desde esta realidad, el conocimiento del comportamiento climático se presenta como un instrumento competente para contribuir a asegurar la eficacia en la toma de decisiones referidas a la ordenación de las actividades agrícolas, tanto a corto, medio o largo plazo, como en distintas escalas espaciales —local, regional y suprarregional—. Así, aunque la predicción del tiempo a corto plazo puede dar el aviso de la puesta en marcha de los mecanismos de defensa más adecuados para prevenir los posibles daños, la planificación agrícola y la ordenación de cultivos trabajan a una escala temporal donde no hay predicción posible. De ahí la utilidad del análisis del riesgo que entrañan estos procesos cli-

máticos –las heladas en este caso–. Este conocimiento previo permite la evaluación de sus efectos de cara a conseguir la minimización de su impacto, por medio de la aplicación de métodos de defensa directos o indirectos. Ello conduce a la obtención de cosechas regulares y es garantía de calidad, lo que supone, en definitiva, optimizar la gestión de los recursos disponibles. Así se consigue una agricultura armónica con el medio que es la más acorde con los postulados de rentabilidad económica, además de ser auténticamente ecológica.

En los sectores de regadío, particularmente en las zonas frutícolas, el elemento climático que representa un mayor porcentaje de pérdidas son las heladas de primavera. Y no sólo en términos económicos, sino también sociales.

### **ALGUNOS APUNTES SOBRE LAS PLANTACIONES FRUTALES EN EL VALLE MEDIO DEL EBRO**

Entre las áreas regadas del conjunto español Aragón forma parte, junto con Calatuña, Murcia y Canarias de las principales áreas fruticultoras, suponiendo la producción de esta Comunidad algo más del 11% del total nacional. En 1991 se recogieron en Aragón 310.414 Tm (incluidas las frutas dulces y los frutos secos), de las que 178.864 Tm corresponden a la provincia de Zaragoza, esto es, el 57,6%. De las 95.131 ha dedicadas a estos cultivos en el Conjunto de la Comunidad Autónoma en ese mismo año, también es la provincia zaragozana la que ocupa el mayor porcentaje, el 56,6% (53.829 ha) (DGA, 1991). Le sigue a continuación la provincia de Huesca y ya muy de lejos la de Teruel. Ello nos indica que los siempre prósperos regadíos del valle medio del Ebro son un área frutícola por excelencia no sólo en el seno de la Comunidad Autónoma aragonesa, sino, por extensión, en el conjunto de la Península. No obstante esta actividad

se enfrenta a una problemática variada, uno de cuyos principales escollos es el escaso desarrollo, e incluso inexistencia, de una infraestructura de transformación y comercialización competentes.

La fruticultura no se generalizó en el valle del Ebro hasta la década de los años 50, paralelamente al propio crecimiento de las ciudades, cuyo incremento demográfico demandaba estos productos (FRUTOS, 1976, 1977). Y precisamente mientras el campo se despoblaba, las áreas cercanas a las ciudades y/o las más favorables a la instalación de estos cultivos, sufrían una transformación destinada al aprovisionamiento de las grandes urbes, que ha podido llegar a convertirse casi en una servidumbre; pero que, a pesar de la potencialidad que ofrece un área favorable, como es el valle medio del Ebro, todavía no ha llegado a convertirse en una actividad realmente dinámica y catapultadora.

A la problemática general de la crisis de la agricultura en toda la Unión Europea se le suma la falta de estructuras agrarias adecuadas, el envejecimiento de la población rural, la competencia con otros usos de suelo no agrarios, y todas las transformaciones que ello ha supuesto en la última década y media en el campo aragonés. Pero quizá lo que llama más poderosamente la atención, como se apuntaba unas líneas más arriba, es la falta de una red de transformación y comercialización que trasciendan el propio ámbito comarcal. Sobre todo teniendo en cuenta que se trata de un área tan privilegiada y con tan buena posición estratégica frente a los mercados nacionales e internacionales. La fruta, como las hortalizas, se vende fresca, quedando muchas campañas a merced de las oscilaciones del mercado, que a menudo, y por si fuera poco, sufre los «caprichos» de la meteorología: sequías, granizos o heladas tardías. Se sigue echando en falta una agroindustria competitiva, que genere más puestos de trabajo estables en todos los sectores de la actividad económica y que facilite el incremento del valor añadido de las producciones agrícolas.

De todas formas, y asumiendo los riesgos climáticos a los que ha de enfrentarse esta actividad en el valle medio del Ebro, y en una época de reajustes agrarios en toda la Unión Europea, la fruticultura se puede presentar como una apuesta de futuro, generadora de riqueza y en armonía con los postulados de rentabilidad económica y social de la Política Agrícola Común, si se aúnan los esfuerzos de los diferentes sectores profesionales ligados a ella y los de la propia Administración.

En la actualidad, según la distribución de cultivos recogida en los cuestionarios 1-T de 1993 elaborados por las Cámaras Agrarias, la fruticultura ocupa, en lo que se ha definido como sector central del valle medio del Ebro, que constituye el área de estudio de este trabajo (Figura 1), 26.103 ha, estando regadas el 65% de las mismas, lo que significa que son el 13% de todo el regadío de esta zona, aun teniendo en cuenta las pérdidas que se han registrado en las últimas

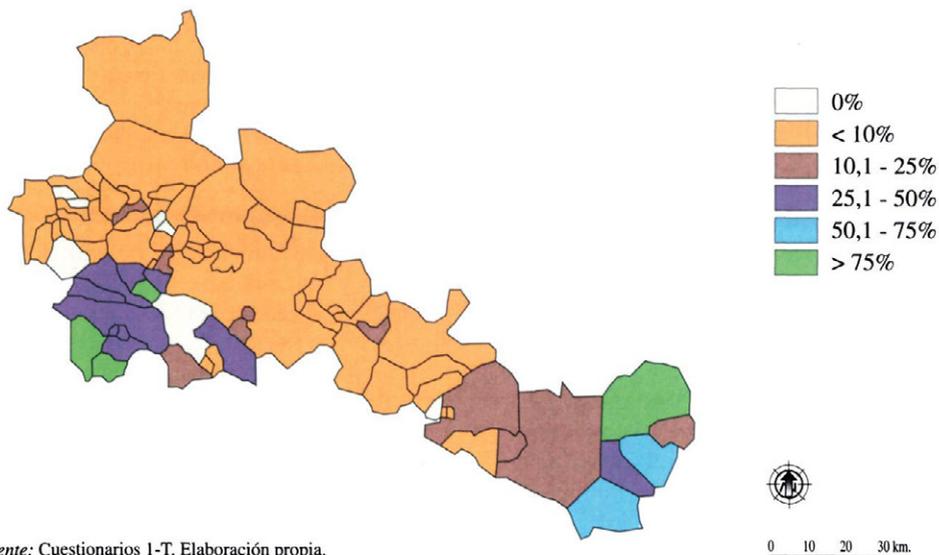
décadas debido a la competencia con las localizaciones industriales del eje del Ebro, no sólo en lo que se refiere al espacio sino, sobre todo, a las actividades ocupacionales de la población activa, que ha cambiado de sector o ha mantenido la agricultura como una actividad a tiempo parcial (HERNÁNDEZ y ALONSO, 1994).

Por otra parte, el cultivo de frutales se encuentra bastante diversificado en cuanto a especies y variedades. En los mismos años 50, paralelamente al proceso de expansión de la fruticultura, las antiguas variedades de manzanas, peras y melocotones se sustituyeron por otras más modernas; y se realizaron plantaciones sobre patrones de bajo porte y adaptados a las condiciones edáficas, en marcos de plantación mucho más densos y precoces, que abarataron los costes de producción y aumentaron los rendimientos (FAUS y RUBIO, 1981). En la actualidad además del almendro, instalado sobre todo en áreas de secano, y en las comarcas de Borja



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 1.-Localización del área de estudio y base de municipios



Fuente: Cuestionarios 1-T. Elaboración propia.

Fig. 2.—Porcentaje de la superficie cultivada en regadío ocupada por frutales.

y de Caspe, el cultivo más extendido es el del manzano, que además y debido a su floración más tardía es también el que queda menos afectado por el riesgo de heladas de primavera (Figura 2).

Le sigue en extensión el melocotonero; en esta especie se introdujeron un gran número de variedades en los años setenta, de altos rendimientos y pronta entrada en la producción. Además esta especie está muy bien adaptada a los suelos de glacis, sueltos y permeables, de La Almunia y Ricla (RUBIO, 1986). El peral es otra especie frutal muy abundante que, junto al melocotonero, constituye el tradicional equipaje frutícola del valle medio del Ebro; mientras que el manzano, por el contrario, es una especie que ha visto intensificar su producción en las últimas décadas.

Cerezo, ciruelo y albaricoquero tienen una presencia mucho más reducida y comienzan a estar ausentes, al menos en plantación regular, en buena parte de los municipios del área. Este último está en regresión en el Jalón ante el avance de las nuevas variedades de melocotón.

En estas plantaciones de frutales las pérdidas atribuidas a las heladas son las que suponen un mayor porcentaje entre las generadas por causas climáticas. Ello supone un importante movimiento económico, tanto mediante la contratación de los seguros agrarios por parte de los agricultores, como por el pago indemnizaciones subvenciones y ayudas compensatorias por las empresas aseguradoras y las Administraciones nacional y regional.

Como ejemplo señalemos que en la primavera de 1994 las pérdidas producidas por heladas en el conjunto de Aragón fueron evaluadas en 135.522 Tm—el 28,47% de la producción media anual (1), estimada en 476.090 Tm—, según la información proporcionada por el Servicio de Estudios y Programas del Departamento de Agricultura de la DGA. La comarca de La Almunia, en el valle del Jalón, ha sido la más afectada den-

(1) Las especies frutales evaluadas son manzano, peral, melocotonero, albaricoquero, cerezo y ciruelo.

tro del área de estudio. Si en un año tipo la producción es de 156.754 Tm, a finales de abril de 1994 se estimaron unas pérdidas de 57.085 Tm, el 36,42%. En esta misma área el manzano ha sido la especie frutal más afectada, con 38.675 Tm pérdidas -45,12%. Asimismo se ha perdido el 68,66% de la producción de ciruela, el 55,07% del albaricoque, 26,63% de melocotón, el 22,96% de pera y el 10% de cerezo.

En todo Aragón también el manzano, especie de floración tardía, fue la que sufrió un mayor porcentaje de pérdida, 71.588 Tm -43%-. Para paliarlas el Departamento de Agricultura de la DGA aprobó un decreto de ayudas que entró en vigor en verano.

## LAS PLANTAS CULTIVADAS Y LAS HELADAS

El comportamiento vegetal y los cambios que se van produciendo a lo largo del año están íntimamente relacionados con la dinámica de los valores térmicos; por ello las plantas sufren una acomodación progresiva a las bajas temperaturas conforme éstas van descendiendo. En el caso de las plantas leñosas este proceso de adaptación consta de dos fases que reciben el nombre de lignificación y maduración de la madera (GIL-ALBERT, 1986). El grado de resistencia al frío para cada especie y variedad está influido por factores nutricionales, fisiológicos -por ejemplo la integridad de la superficie foliar- y ambientales -como las características de la cosecha anterior-, pero se trata fundamentalmente de una característica genética.

El proceso de maduración tiene lugar durante la primera fase del otoño, por la acción combinada de iluminación y temperatura, y durante este tiempo se producen una serie de transformaciones fisiológicas y celulares, entre las que se señala la reducción de la actividad metabólica o el descenso de la absorción radicular y transpiración. Como consecuencia del progresivo descenso térmico hasta sobrepasar el umbral de los 0°, se produce el endurecimiento de la madera,

que desarrolla en la planta el nivel máximo de resistencia al frío. Esta es mayor cuando este enfriamiento es paulatino; si sucede de una forma brusca aumenta la posibilidad de que se produzcan daños en las plantas.

La duración del ciclo vegetativo de cada especie y su momento de inicio son también factores que modifican la resistencia a la helada. Las variedades precoces, en especial las que son poco exigentes al frío o duración del día, soportan con dificultad las bajas temperaturas, debido a que alcanzan rápidamente una etapa de desarrollo en la que esta resistencia es menor. Además de todo lo anterior, está comúnmente aceptado que la tolerancia de las plantas al frío está directamente relacionada con su aguante frente a la sequía.

Cuando las plantas han completado este proceso de transformación que las protege de las temperaturas bajas, y dependiendo de su estado vegetativo, tan sólo pueden presentar efectos negativos aquéllas que sobrepasan el umbral de los 5° bajo cero, aunque éste sea un valor móvil en función de la especie y de la variedad considerada. Son temperaturas considerablemente más bajas, de -12 o -16°, las que pueden provocar problemas serios, incluso que algunas plantas alcancen una fase letal. Este supuesto es muy poco frecuente en el valle medio del Ebro, donde el número medio de días en el año en que el termómetro desciende de este umbral de los -5° oscila entre los 5 y los 8, de media, en los fondos de los valles, pero no suele sobrepasar 1 o 2 días conforme nos alejamos del centro de la Depresión y se ganan algunos metros de altura.

Así pues el verdadero riesgo de las temperaturas bajas, desde el punto de vista de la acción sobre los cultivos, lo constituyen las heladas de primavera o heladas tardías, ya que las invernales no son excesivamente rigurosas y sólo de tarde en tarde constituyen un peligro real. Mientras tanto es frecuente que se registren temperaturas inferiores a los 0° en los meses de marzo y abril, cuando la práctica totalidad de los cultivos han recuperado su actividad vegetativa. Resultan

especialmente perjudiciales en el caso de los árboles frutales, afectando a las yemas florales, a las flores ya abiertas e incluso a los pequeños frutitos, en función de la fecha de primavera-en que se produzcan esas heladas tardías.

Mientras que los fenómenos de endurecimiento y desendurecimiento son bastante conocidos, DE VILLELLE (1988) indica que la definición de los umbrales térmicos de sen-

sibilidad, asociados a determinados estados fenológicos o de desarrollo fácilmente reconocibles, son bastante más imprecisos y difíciles de definir.

En el Cuadro 1 se especifican los umbrales críticos soportados por algunas especies frutales en tres momentos diferentes de su desarrollo: el inicio de la floración –yemas–, la plena floración y la formación de frutitos. Se citan varias fuentes de información, bas-

Cuadro 1.–Temperaturas críticas para algunas especies frutales

Especie	Fuente	Fase de desarrollo			
		Inicio floración	Floración	Frutitos	
Albaricoquero	1	-4,0°	-2,2°	-0,5°	
	2	-3,0°	-1,5°	-0,5°	
	3	-4,0°	-2,0°	-0,5°	
	4	-3,8°	-2,2°	-1,0°	
	6	-3,9°	-2,2°	-0,5°	
	7	-4,0°	-3,0°	-1,0°	
	Cerezo	1	-2,4°	-2,1°	-1,0°
2		-4,5°	-2,0°	-1,0°	
3		-4,0°	-2,0°	-1,0°	
6		-3,9°	-2,2°	-1,6°	
7		-3,0°	-2,0°	-1,0°	
Ciruelo		1	-4,5°	-2,6°	-1,0°
		2	-4,0°	-2,0°	-1,0°
	3	-4,0°	-2,0°	-1,0°	
	6	-3,9°	-2,2°	-1,1°	
Manzano	1	-4,0°	-2,1°	-1,6°	
	2	-4,0°	-2,0°	-2,0°	
	3	-4,0°	-2,0°	-1,5°	
	4	-3,8°	-2,2°	-1,8°	
	6	-3,9°	-2,2°	-1,6°	
	7	-4,0°	-2,5°	-1,0°	
	Melocotonero	1	-4,0°	-2,0°	-1,0°
2		-4,5°	-3,0°	-1,5°	
3		-4,0°	-3,0°	-1,5°	
4		-5,0°	-2,7°	-1,1°	
6		-3,9°	-2,5°	-1,6°	
7		-4,0°	-3,0°	-1,0°	
Peral		1	-4,0°	-2,1°	-1,0°
	2	-4,0°	-2,0°	-1,0°	
	3	-4,0°	-2,0°	-1,0°	
	4	-3,8°	-2,2°	-1,1°	
	6	-4,1°	-2,5°	-1,1°	
	7	-3,0°	-2,5°	-1,0°	

Fuente: 1. ECAL (1962), 2. PERRAUDIN (1964), 3. ELÍAS (1963), 4. Agr. St. Riverside (1968), 5. LOSCHING (1968), 6. SAUNIER (1960), 7. DE VILLELLE (1988). Tomado de: TABUENCA (1965), DE VILLELLE (1988) y URBANO (1989).

tante coincidentes todas ellas, aunque con pequeñas diferencias en función de las variedades empleadas. Hay que tener en cuenta también que la gravedad de los daños producidos por el hielo parece estar ligada frecuentemente a las modalidades de enfriamiento (velocidad y amplitud, sobre todo) más que al deshielo y que los resultados de ensayos en condiciones de laboratorio no muestran siempre una imagen de la realidad (DE VILLELLE, 1988).

No obstante, no se debe perder de vista que la temperatura crítica a la que los órganos vegetales corren riesgo es variable entre especies y variedades, siendo función de numerosos factores y dependiendo también de la severidad y duración de la helada, puesto que el enfriamiento o deshielo rápidos son más perjudiciales que si el descenso de la temperatura es paulatino. También el estado de humedad del aire es un factor a considerar.

A partir de este planteamiento se han analizado las fechas de floración de las especies frutales más comunes en el valle medio del Ebro, para pasar posteriormente a evaluar el riesgo agrícola de que las heladas producidas durante la primavera causen daños en estas plantaciones frutales.

Esta información agrofrenológica procede de las observaciones realizadas por el Departamento de Pomología de la Estación Experimental de «Aula Dei» (CSIC) y del Departamento de Hortofruticultura del Servicio de Investigaciones Agrarias del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes de la Diputación General de Aragón.

El primero de estos organismos ha sido la principal fuente de información, proporcionando las fechas de floración de distintas especies y variedades para cada campaña, desde el año agrícola 1972-73 hasta el 1985-86 (TABUENCA, 1975, 1976, 1978a, 1978b, 1980a, 198 b, 1985).

El Departamento de Agricultura de la DGA ha facilitado los resultados del «Estudio sobre adaptación de variedades standard de especies frutales de hueso y pepita» realizado entre el Departamento de Hortofruti-

cultura del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario del Ebro, el Servicio de Extensión Agraria y la Estación Experimental de Aula Dei, del que publicaron los «Resúmenes de observaciones sobre Floración, Recolección y Maduración» para los años 1967, 1968 y 1969. La información obtenida a partir de este estudio no permite ampliar la serie de observación de fechas de floración disponibles por el análisis de los trabajos citados anteriormente, puesto que ni las especies y variedades son comunes, ni están referidas a una misma área de estudio; ahora bien, permite comparar ambas investigaciones y comprobar que existe una cierta coincidencia entre ambas en las observaciones realizadas en el sector central de la Depresión del Ebro.

Las especies consideradas están reflejadas en el Cuadro 2, con indicación de las variedades tipo tempranas y tardías.

Se ha analizado la fecha de floración de cada una de ellas haciendo referencia a la plena floración, o sea al estado F definido para estas especies por Fleckinger. Es decir, es la fecha en la que se presentan bien abiertas las flores, con sus estambres y pistilos visibles. No obstante se pueden establecer diferencias también en las fechas de floración en función de las distintas variedades, tempranas y tardías, de cada una de las especies. Las fechas de floración de cada una de ellas están especificadas en el Cuadro 3. Es precisamente a lo largo de esta época cuando los frutales son muy susceptibles a la acción de las bajas temperaturas analizadas anteriormente.

Las especies de floración más temprana son albaricoquero y melocotonero, que alcanzan la plena floración en la primera quincena de marzo, mientras que la más tardía es el manzano —finales de la primera quincena de abril—. Es decir, los frutales considerados están en flor desde comienzos de marzo, aunque en algún año, como se puede ver en los Cuadros 3 y 4, el albaricoquero ha florecido a finales de febrero; hasta finales de abril (el manzano floreció el 26 de abril en la primavera de 1974).

Cuadro 2.—Especies frutales y variedades tempranas y tardías

Especie	Albaricoquero
Variedades	Precoz Colomer (1) Canino Moniquí Paviot (2)
Especie	Cerezo
Variedades	Ramón Oliván (2) G. Moreau Reverchon Napoleón Hedelfinger (1)
Especie	Ciruelo
Variedades	Santa Rosa (2) Golden Japan (1)
Especie	Manzano
Variedades	Starking Golden (2) Belleza de Roma (1)
Especie	Melocotonero
Variedades	Cortez (2) Zaragozano Bienvenido Cherryred (1) Campiel
Especie	Peral
Variedades	Ercolini (2) Limonera (1) A. Aranjuez M. Hardy Williams

(1) Variedad temprana.

(2) Variedad tardía.

Fuente: Est. Exp. Aula Dei. Elaboración propia.

No obstante, existen diferencias entre las fechas de plena floración en los años de la serie considerada y según las distintas variedades, como se puede apreciar el Cuadro 4. Mientras que el albaricoquero, que es la especie de floración más temprana es también la que presenta unas variaciones más acusadas entre las fechas extremas de floración en la serie, el manzano, que es el frutal de floración más tardía es el que presenta estas diferencias más atenuadas.

A partir de las conclusiones a las que han llegado otros investigadores en trabajos previos se sabe que la época de floración parece estar muy relacionada con las temperaturas máximas (TABUENCA, varios). Las temperaturas máximas de febrero y marzo tienen gran influencia en la época de floración de las distintas especies y ésta se adelanta cuando las primeras aumentan. De todas formas no todas las especies responden del mismo modo a la evolución térmica a lo largo de su evolución fenológica. Sobre las especies de floración temprana influyen las temperaturas máximas desde el 21 de enero hasta el 10 de marzo, mientras las temperaturas máximas de la segunda decena de marzo son las que muestran un influjo mayor sobre las especies más tardías.

Por otra parte, también se pueden establecer diferencias entre especies por el influjo que tienen sobre su floración las temperaturas mínimas o las máximas. Las temperaturas mínimas de las dos primeras decenas de marzo pueden hacer variar la fecha de floración del melocotonero, más que la de otras especies. Si las temperaturas son bajas, la

Cuadro 3.—Fechas medias de floración de las especies frutales

Especie	Fecha media	Var. tempranas	Var. tardías
Albaricoquero	8 marzo	28 febrero	11 marzo
Ciruelo	17 marzo	9 marzo	12 marzo
Melocotonero	15 marzo	9 marzo	19 marzo
Peral	27 marzo	23 marzo	5 abril
Cerezo	2 abril	2 abril	4 abril
Manzano	15 abril	12 abril	20 abril

Fuente: TABUENCA (varios). Elaboración propia.

Cuadro 4.-**Fechas de floración más temprana y más tardía**

Especie	Fecha más temprana	Fecha más tardía	Dif. en días
Albaricoquero	26 febrero	28 marzo	30
Ciruelo	4 marzo	2 abril	29
Melocotonero	3 marzo	22 marzo	19
Peral	17 marzo	10 abril	24
Cerezo	22 marzo	12 abril	21
Manzano	9 abril	26 abril	17

Fuente: TABUENCA (varios). Elaboración propia.

floración se retrasa; si son altas, se adelanta. También muestran una cierta influencia sobre algunas variedades de ciruelo europeo.

Por el contrario la época de floración de otras especies suele ser atribuida más a la influencia de las temperaturas máximas. Si la máxima del período que antecede a la floración (21 de febrero a 31 de marzo) es alta, albaricoquero, ciruelo europeo, peral y manzano adelantan su floración con relación a la época media.

La evolución de los valores térmicos modifica también las diferencias en la época de floración de las especies más tempranas y las más tardías, en este caso entre el albaricoquero y el manzano. Esta variación depende también de las temperaturas máximas del período marzo-abril. Si estos dos meses son cálidos, el período de tiempo entre la primera y la última especie en florecer, expresado en días, en días se acorta. Por el contrario si la temperatura media de las máximas es baja esta diferencia se incrementa.

Hasta aquí se ha analizado el ritmo de floración de las principales especies frutales cultivadas en el valle medio del Ebro, considerando este estado fenológico como el más susceptible de ser afectado por las heladas de primavera. El riesgo agrícola se va a producir cuando ambos fenómenos se presenten coetáneamente, es decir, cuando se produzca una helada, con un umbral térmico determinado, en el preciso momento en que el árbol haya florecido. Para ello se examina a continuación cuál es la probabilidad y frecuencia de aparición de heladas de primavera.

El método de cálculo se ha llevado a cabo en el período temporal comprendido entre la primera decena de febrero y la tercera de mayo. Como los datos de floración de las especies son los de las plantaciones experimentales de la «Estación» de Aula Dei, dentro del municipio de Zaragoza, las temperaturas que se han tomado han sido las de Zaragoza «Aeropuerto» (41° 40' lat. N; 1° 00' long O; 240 m altitud), para la treintena comprendida entre 1957-86.

Se ha analizado, por tanto, la probabilidad y la frecuencia de que suceda una helada (2) desde la primera decena de febrero hasta la última decena de mayo, para diferentes valores térmicos: 0°, -1°, -2°, -3°, -4°, y -5°, que son los umbrales críticos resistidos para la mayor parte de los cultivos arbóreos en las fases más sensibles de su desarrollo vegetativo. La probabilidad de ocurrencia muestra con qué periodicidad se producen, lo que permite de alguna forma proyectar su devenir futuro, ante la imposibilidad de predecir este suceso a escala temporal media y larga, con la tecnología actualmente existente.

(2) Se considera que ha habido helada siempre que el termómetro de mínima, colocado en garita, a 150 m de altura sobre el suelo (OMM, 1983), ha registrado una temperatura igual o inferior a 0°. Es la más utilizada en los estudios de climatología agrícola en función de su disponibilidad. No obstante, la temperatura que registra este termómetro en garita no es necesariamente la misma que afecta a las plantas, que varía según se trate de un estrato herbáceo, arbustivo o arbóreo. De todas formas los árboles frutales se encuentran a una temperatura bastante similar a la del aire.

La probabilidad de ocurrencia de heladas proporciona información acerca de la presencia o no del suceso, es decir indica con qué periodicidad puede helar en una determinada decena, pero sin tener en cuenta el número de veces que este fenómeno haya podido producirse. Esta información es la que proporciona el estudio de la frecuencia decenal de ocurrencia de helada.

En la Figura 3 se ha expresado esta última, en porcentaje, según los distintos umbrales térmicos considerados para el observatorio de Zaragoza «Aeropuerto». En ellos vemos cómo es muy habitual que el termómetro descienda de los 0° hasta finales del mes de marzo. No en vano la probabilidad de ocurrencia de temperaturas bajo cero entre el 21 y el 31 de marzo es del 26%. Este riesgo desciende en la primera decena de abril (10%) y desaparece de ahí en adelante.

Estos porcentajes disminuyen de valor cuando se toma en consideración la intensidad de las heladas, es decir su frecuencia de aparición, pues ahora tenemos en cuenta no sólo si se han producido heladas o no en una

decena, sino también el número de veces que se han registrado. En este caso la frecuencia en cada una de las decenas del mes de febrero oscila en torno al 20%, o lo que es lo mismo, alrededor del 20% de los días de febrero sufren temperaturas iguales o inferiores a 0°. La cifra sigue bajando en marzo (10,3% a 3,2% de la primera a la tercera decena de este mes), y en la primera decena de abril es ya tan sólo del 1,3%. Esto significa que el 10% de los años se produce al menos una helada entre el 1 y el 10 de abril, pero eso tan sólo supone el 1,3% de los días de esa decena, a lo largo de la treintena de estudio.

Para conocer cuál es el riesgo agrícola se ha de interrelacionar la probabilidad de que en cada unidad de tiempo se produzca una temperatura determinada, igual o inferior a 0° o a cada uno de los umbrales críticos –en función del estado vegetativo de las especies frutales–, con la probabilidad de que el árbol se encuentre en ese estadio. En este caso se trata de la floración pues de ella de la que se dispone de información.

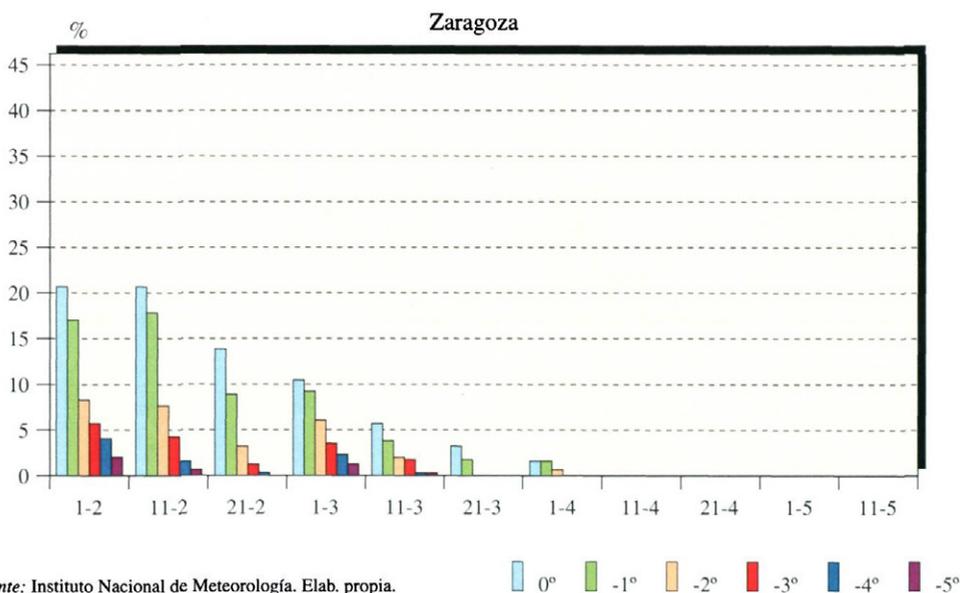


Fig. 3.–Frecuencia de aparición de heladas de primavera según distintos umbrales térmicos.

Se ha calculado a partir de la metodología propuesta por DE VILELLE (1988), consistente en multiplicar entre sí la probabilidad de ocurrencia de helada con la probabilidad de que una especie frutal concreta esté florecida en un mismo momento determinado.

La mayor parte de las especies frutales que hemos considerado presentan un umbral térmico de sensibilidad durante la plena floración sobre los  $-2^{\circ}$ , excepto el melocotonero, cuyo umbral de sensibilidad se sitúa más cercano a los 3 grados bajo cero. Por ello se incluye el Cuadro 5 que indica el riesgo agrícola de que se produzca una temperatura igual o inferior a  $-2^{\circ}$ .

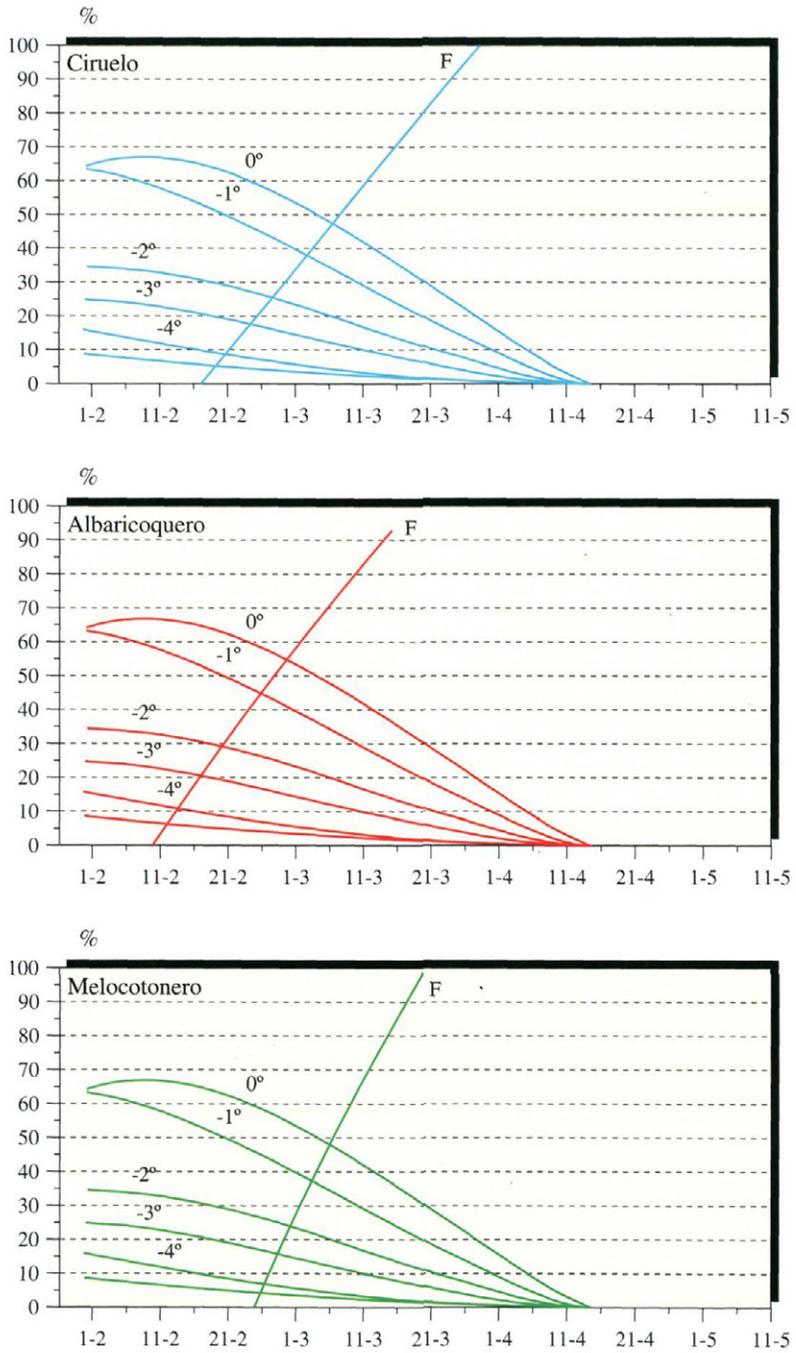
Tal como cabe esperar, las especies de floración más temprana son las que presen-

tan un mayor riesgo agrícola. Las variedades tempranas de albaricoquero presentan un riesgo agrícola del 20% en la primera decena de marzo, aproximadamente, es decir, el 20% de los años entre el 1 y 11 de marzo se produce una helada con temperaturas iguales o inferiores a  $-2^{\circ}$  mientras este frutal está en plena floración. A medida que los frutales alcanzan la plena floración en época más avanzada disminuye este riesgo porque las bajas temperaturas se van produciendo cada vez con menor frecuencia (Figura 4). Así las variedades tempranas de peral tan sólo presentan un riesgo de helada del 5,7% en la segunda decena de marzo. El del cerezo, que es una de las especies de floración más tardía no alcanza el 5% y eso en la pri-

Cuadro 5.-Riesgo agrícola, en %, en cada decena  
Temperaturas iguales o inferiores a  $-2^{\circ}$

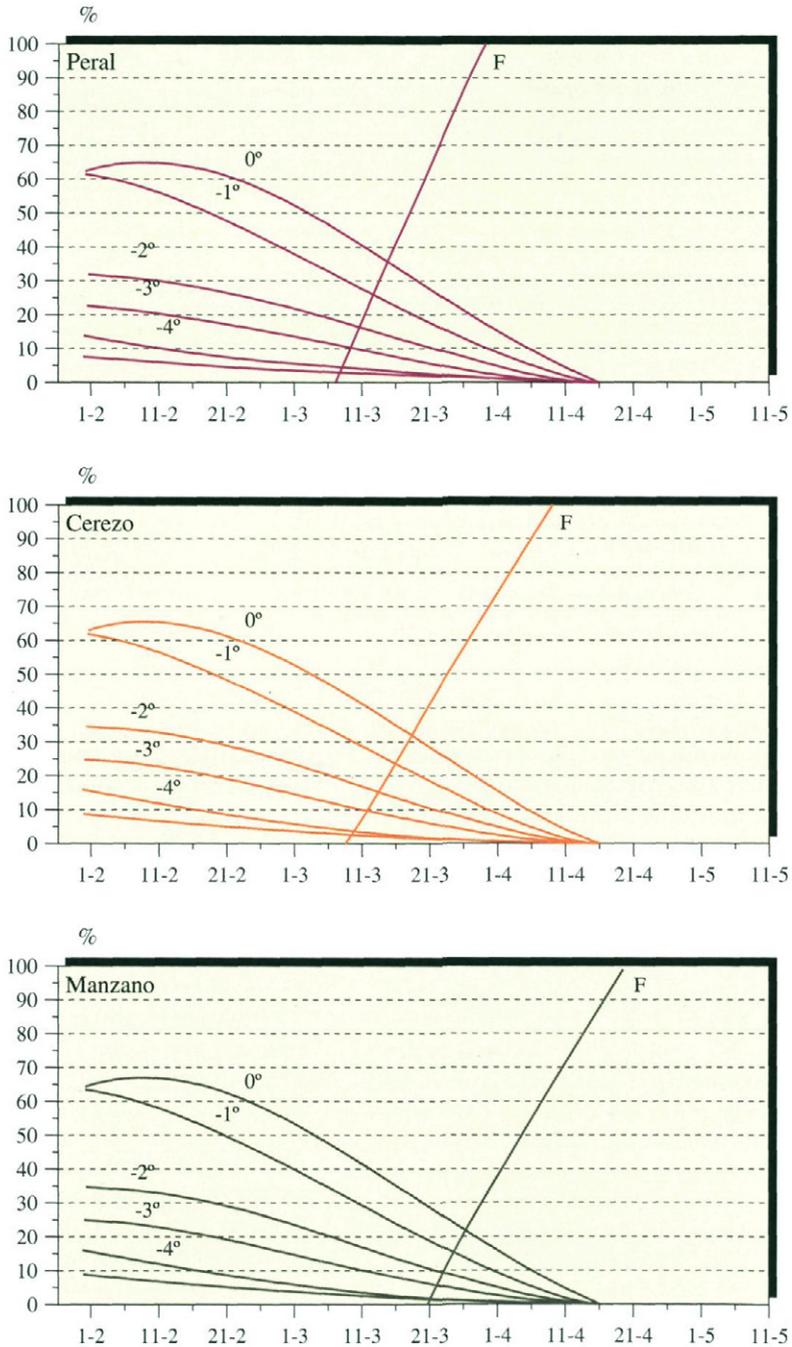
	10-20 feb.	21-28 feb.	1-10 mar.	11-20 mar.	21-31 mar.	1-10 abr.	11-20 abr.	21-30 abr.	1-10 may.	11-20 may.
<b>Albaricoquero</b>										
Albaricoquero		3,2	16,6	2,3	0,0					
Variedades tempranas		5,6	19,4							
Variedades tardías			12,9	6,9	0,0	0,5				
<b>Ciruelo</b>										
Ciruelo			5,5	8,1	0,0	0,5				
Variedades tempranas		1,7	13,9	4,9	0,0					
Variedades tardías			9,9	8,7	0,0					
<b>Melocotonero</b>										
Melocotonero			3,7	11,5	0,0					
Variedades tempranas		2,5	11,5	7,1						
Variedades tardías			3,7	6,9	0,0	0,5				
<b>Peral</b>										
Peral				1,1	0,0	0,9				
Variedades tempranas				5,7	0,0	0,9				
Variedades tardías					0,0	3,8	0,0			
<b>Cerezo</b>										
Cerezo					0,0	4,1	0,0			
Variedades tempranas					0,0	3,8	0,0			
Variedades tardías					0,0	3,8	0,0			
<b>Manzano</b>										
Manzano						1,8	0,0	0,0		
Variedades tempranas						2,1	0,0	0,0		
Variedades tardías						0,7	0,0	0,0	0,0	

Fuente: TABUENCA (varios). Elaboración propia.



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología y TABUENCA (varios). Elab. propia.

Fig. 4.-Riesgo agrícola de heladas de primavera en porcentaje según especies frutales.



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología y TABUENCA (varios). Elab. propia.

Fig. 4 (Continuación).-Riesgo agrícola de heladas de primavera en porcentaje según especies frutales.

Cuadro 6.—Decena de mayor riesgo agrícola de helada (1 feb. a 31 may.)

Especie	Dec. máx. riesgo	Riesgo, en %
<b>Albaricoquero</b>	1 marzo	16,6
Variedades tempranas	1 marzo	19,4
Variedades tardías	1 marzo	12,9
<b>Ciruelo</b>	2 marzo	8,1
Variedades tempranas	1 marzo	13,9
Variedades tardías	1 marzo	9,9
<b>Melocotonero</b>	2 marzo	9,2
Variedades tempranas	1 marzo	8,6
Variedades tardías	2 marzo	5,5
<b>Peral</b>	2 marzo	1,1
Variedades tempranas	2 marzo	5,7
Variedades tardías	1 abril	3,8
<b>Cerezo</b>	1 abril	4,1
Variedades tempranas	1 abril	3,8
Variedades tardías	1 abril	3,8
<b>Manzano</b>	1 abril	1,8
Variedades tempranas	1 abril	2,1
Variedades tardías	1 abril	0,7

Fuente: TABUENCA (varios). Elaboración propia.

mera decena de abril. Una vez superada esa fecha la probabilidad de daños por hielo disminuye muy considerablemente (3).

En el caso del albaricoquero, ciruelo y melocotonero, las tres variedades más tempranas, el máximo riesgo agrícola coincide en el tiempo con la probabilidad más alta de que estas especies hayan florecido en cada decena, pero no sucede así cuando los frutales considerados son el peral, el cerezo o el manzano, puesto que estos tres son de floración más tardía, por lo que estos árboles florecen, mayoritariamente, cuando las heladas climáticas se producen con menor frecuencia. Este es también uno de los motivos por los que el riesgo agrícola en estas especies

es menor, las fechas en que la combinación de probabilidad climática y biológica son más altas son aquellas en que esta especie frutal comienza a florecer por término medio. Así los años de mayor riesgo para los frutales serán aquellos en los que las elevadas temperaturas de la segunda decena de marzo, que son las que más influyen sobre peral, cerezo y manzano sean altas puesto que facilitarán la floración temprana.

El manzano florece mayoritariamente entre el 11 y el 20 de abril, la mitad de los años la plena floración se observa en esta decena, pero como en estas fechas han dejado de observarse por completo temperaturas iguales o inferiores a los  $-2^{\circ}$  (umbral térmico de sensibilidad para esta especie durante la plena floración), tampoco se producen daños por hielo en estas plantaciones.

Y así el riesgo máximo de helada agrícola se observa durante la primera decena de abril, cuando sólo el 28% de los años la plena floración se alcanza en esa fecha, el 33% en las variedades tempranas pero sólo el 11% en las tardías.

(3) En los años observados no se produjo en la segunda decena de abril ni una sola helada con temperaturas iguales o inferiores a los  $-2^{\circ}$ , a pesar de que aún es frecuente que este frutal alcance su plena floración en esas mismas fechas, el 10% de las ocasiones en el caso de las variedades tempranas y el 20% si consideramos las variedades tardías.

## LA DEFENSA CONTRA HELADAS

Estos daños atribuidos al hielo pueden resultar perjudiciales dependiendo de tres factores: de su duración, de su intensidad, pero sobre todo del momento del ciclo vegetativo en que se producen y del estado fenológico de las plantas, en ese momento dado. Debido a este riesgo de helada que presentan las plantaciones de frutales, se han desarrollado varios mecanismos de defensa contra las mismas. Pero antes de abordarlos brevemente, se señalará alguna idea sobre cuál es la génesis de estas temperaturas bajas. Este conocimiento permite la instalación y puesta en marcha de los métodos de defensa que puedan resultar más eficaces y económicos en función de la problemática existente.

Estas heladas de primavera suelen presentarse asociadas a condiciones de tiempo variables, que se corresponden con la entrada de una masa de aire frío procedente del Norte, con un embolsamiento de aire frío en las capas altas de la atmósfera o incluso con una situación anticiclónica, con tiempo estable y vientos encalmados. Es también muy frecuente que estas situaciones aparezcan combinadas.

Pero si a lo largo del invierno las olas de frío más rigurosas son las que están ligadas a una génesis advectiva, las heladas más frecuentes durante la primavera son las de irradiación, aunque también se vean apoyadas, en muchas ocasiones, por la entrada de una masa de aire frío en los días anteriores a observarse las heladas.

Es muy característico de ellas el que presenten un radio de acción local. Debido a su asociación con situaciones estables, la masa de aire que suele quedar estancada sobre un área responde a dos procesos térmicos de la tierra sobre la que descansa: calentamiento diurno por la acción directa de la radiación solar emitida en onda corta, y enfriamiento nocturno por la irradiación de los suelos emitida en onda larga, con lo que no puede ser absorbida por los cuerpos, vegetales o animales, situados en la biosfera. Cerca del suelo se forma, a lo largo de la noche, una

inversión de temperatura que estabiliza aún más la masa de aire, de forma que puede haber grandes variaciones según la vertical en cortos intervalos. GARCÍA DE PEDRAZA (1978) ejemplifica este gradiente vertical señalando que la temperatura puede ser de  $-6^{\circ}$  a 10 cm del suelo y de  $0^{\circ}$  a 150 cm.

Tal como se ha indicado la posición topográficamente deprimida, en fondos de valle y con abundante humedad, que es la que caracteriza la localización de los regadíos más afectados por el riesgo de helada, facilita este proceso en el que el aire frío se cuela hacia los puntos más bajos y pueden observarse temperaturas con valores inferiores a los  $0^{\circ}$ . Ello da lugar a contrastes térmicos, de forma que mientras en un punto determinado el termómetro desciende por debajo de los umbrales térmicos soportados por las plantas, en las áreas vecinas las temperaturas registradas sean superiores, por lo que resulta más difícil predecir los efectos de este tipo de fenómenos.

Las heladas de irradiación son relativamente fáciles de combatir, tanto por métodos indirectos como directos, puesto que la masa de aire frío se reduce a una capa de aire de poco espesor que está en contacto con el suelo. Por el contrario en las heladas de advección el acceso de la masa de aire fría afecta a un sector espacial de mayor escala y de forma generalizada. A ello hay que añadir el que las situaciones advectivas se presenten acompañadas por vientos fuertes que mezclan las masas de aire y homogeneizan las temperaturas. Impedir el descenso de los valores térmicos o aumentarlos es mucho más difícil, pues sería necesaria una infraestructura de predicción de temperaturas, coordinación y combate demasiado costosa; más teniendo en cuenta que este tipo de heladas es mucho menos frecuente que las primeras y que su presencia es sólo testimonial en las primaveras, cuando el riesgo agrícola de daños en cosechas es más alto. Este hecho incrementaría el coste y disminuiría la eficacia.

En realidad, las formas indirectas de lucha contra la helada son las que los agricultores

han utilizado tradicionalmente, adaptándose a las potencialidades y limitaciones impuestas por el medio. Consisten en aplicar las condiciones más favorables para el cultivo, como escoger el emplazamiento más adecuado para la instalación de las parcelas agrícolas. En áreas en las que las heladas tardías presentan un riesgo importante, como es el valle medio del Ebro, resulta conveniente elegir las especies y variedades menos vulnerables a los efectos producidos por las heladas, como son las de floración tardía o las que tienen la propiedad de dar una floración posterior sobre la madera del año, que pueden asegurar una cierta cosecha aún en años en que la primera floración ha sido totalmente destruida por una helada. Ello justifica en la actualidad el que el manzano sea la especie más cultivada en el valle del Jalón.

Por último los daños producidos por temperaturas bajas pueden disminuir si se utilizan las técnicas de cultivo más adecuadas. En este sentido cabe señalar que el suelo y el agua contenida en él poseen una reserva de calor que puede ser cedido a la atmósfera impidiendo así el enfriamiento excesivo de las capas bajas. Esta cesión es tanto más fácil cuando entre el suelo y el aire no se interpone una capa aislante. Se ha comprobado que la diferencia de temperatura, registrada en termómetros situados a 40 cm de altura, entre un campo cuyo suelo esté apelmazado y húmedo y otro recién labrado puede ser de 1 a 2° y que la diferencia entre aquél y uno con cubierta vegetal puede llegar incluso a 2,5° (GESLIN, 1963; FUENTES, 1978). Por ello, en el caso de las plantaciones de frutales resulta conveniente mantener el suelo desnudo, sin vegetación y evitar remover la tierra. De la misma forma es fundamental procurar una buena polinización y realizar una protección fitosanitaria muy cuidadosa. Así se puede aumentar la resistencia de las plantas proporcionándoles las mejores condiciones de alimentación y sanidad.

No obstante, estos sistemas de lucha indirecta o de adaptación no siempre se utilizan, y en ocasiones, buscando un mayor beneficio económico, se implantan variedades

nuevas de mayor rendimiento pero más susceptibles de ser afectadas por las heladas de primavera, por lo que es necesario utilizar métodos directos o activos.

Los métodos de lucha directos están encaminados a retrasar la entrada en determinados estados fenológicos de los vegetales o bien a mantener la temperatura del vegetal por encima del nivel crítico, por medio de la aplicación de diversas técnicas. Entre ellas destacan la aplicación de procedimientos bioquímicos, el recubrimiento de las plantas, la formación de humos y nieblas artificiales, la puesta de marcha de ventiladores, estufas y quemadores, la aplicación de rayos infrarrojos, o el riego por aspersión. El efecto producido por cada uno de ellos es variable, por lo que para la aplicación de unos u otros resulta conveniente el conocimiento de los procesos de formación de heladas, su desarrollo y frecuencia de aparición puesto que el costo de la protección y el número de intervenciones necesarias evoluciona de forma muy diferente según cuál sea el procedimiento utilizado y la superficie a proteger (HERNÁNDEZ, 1992). No se entrará en la explicación detallada de cada uno de ellos, puesto que no es nuestra intención, sino que simplemente indicaremos algunas ideas a este respecto, en relación con el análisis de la formación de heladas.

El uso de los ventiladores puede ser eficaz en el caso de las heladas por irradiación cuando sea necesario un aumento de temperatura que oscile entre 1 y 2°. Este método aumenta al combinarse con el de calefacción, que puede conseguir un aumento de los valores térmicos de 2 a 4°.

En este sentido cabe destacar la experiencia llevada a cabo en los años 80 por un grupo de agricultores del campo de la Almunia, en el valle del Jalón (provincia de Zaragoza) (GUZMÁN, 1988), en un área muy cercana al emplazamiento del observatorio utilizado en este análisis y con características climáticas muy similares. En este área, debido a la implantación de variedades frutales de floración más temprana que las tradicionales, aumentaron los daños produci-

dos por las heladas, traducidas en pérdidas importantes de la cosecha y por lo tanto en el aumento de las tasas de los seguros agrarios, ya que las indemnizaciones llegaron en algunos años a superar a las primas pagadas. Por ello las organizaciones profesionales agrarias, apoyadas por la Administración y las entidades aseguradoras establecieron un sistema de defensa contra heladas.

El sistema que ha proporcionado mejores resultados ha sido el de las torres ventilador. Con este método, de potencias variables entre los 25 y 200 CV se pueden ganar hasta 2° en el nivel de los órganos a proteger. Esta cifra puede sufrir variaciones, pero se suele aceptar como indicativa para su utilización en la práctica. Es el más efectivo precisamente porque la mayor parte de las heladas que se producen en esta zona son de irradiación, ya que este sistema no puede utilizarse en la defensa contra las heladas de advección o de evaporación, si bien en este último tipo de heladas, durante el funcionamiento de la torre-ventilador, al no depositarse sobre los órganos vegetales ni rocío ni escarcha, se evita el enfriamiento por evaporación.

## CONCLUSIONES

Estas heladas de primavera, también llamadas heladas tardías son las responsables del mayor porcentaje de pérdidas que sufre la agricultura debido a la acción de la temperatura, fundamentalmente en las plantaciones de frutales, ya que se registran una vez que se supera el cero de crecimiento y la susceptibilidad a las bajas temperaturas aumenta. Así las plantas resisten bien las bajas temperaturas invernales y es muy poco probable que las olas de frío generen daños en las plantas, debido a que las especies vegetales presentan umbrales de daños por heladas muy bajos, entre los 20° y 30° bajo cero. Pero los niveles de resistencia de las diversas especies a las temperaturas bajas de primavera disminuyen hasta el punto que temperaturas entre -1° y -5° producen daños en los frutales con botón cerra-

do, entre -0,5 y -3° en plena floración y cuando los frutos son jóvenes la resistencia a las temperaturas bajas aún es menor, entre -0,5 y -1,6°, en función de las diferentes especies.

En el valle medio del Ebro el período de floración se extiende desde la tercera decena de febrero, en la que florecen variedades tempranas de albaricoquero, ciruelo y melocotonero; hasta la primera decena de mayo, en la que florecen, en los años en los que este suceso se presenta más tarde, variedades tardías de manzano.

Ya que la probabilidad de ocurrencia de heladas desaparece aproximadamente en las mismas fechas (mediados-finales de abril-comienzos de mayo), el riesgo agrícola de helada se extiende desde el 20 de febrero hasta el 10 de abril. Toma los valores más altos en la segunda y tercera decena de marzo y en la primera de abril, puesto que es en estas fechas cuando existen un mayor número de especies y variedades en flor. Las especies de floración más temprana son las que presentan un mayor riesgo agrícola. En el caso del albaricoquero, ciruelo y melocotonero, las tres variedades más tempranas, el máximo riesgo de helada coincide en el tiempo con la probabilidad más alta de que estas especies hayan florecido en cada decena, pero no sucede así cuando los frutales considerados son el peral, el cerezo o el manzano, puesto que estos tres son de floración más tardía, por lo que la probabilidad más alta de que estos árboles hayan florecido se produce cuando las heladas climáticas se producen con menor frecuencia. Este es también uno de los motivos por los que el riesgo agrícola en estas especies es menor. Las fechas en que la combinación de probabilidad climática y biológica son más altas son aquellas en que esta especie frutal comienza a florecer por término medio. Así los años de mayor riesgo para los frutales serán aquéllos en los que las elevadas temperaturas de la segunda decena de marzo, que son las que más influyen sobre peral, cerezo y manzano, sean altas puesto que facilitarán la floración temprana.

## ABSTRACT

HERNÁNDEZ, M.ª L., 1995: Daños por helada en plantaciones frutales en floración. *Bol. San. Veg. Plagas*, **21**(3): 377-394.

This paper analyzes the agricultural risk that spring frosts can have on fruit plantations. The danger been that the looses are mainly attributed to a large percentage of quality and quantity looses of the fruits harvest in the middle of Ebro Valley. Firstly, this work studies the fruit-growing agricultural activities of the region and their distribution. It goes on to analyse the relationship between low temperatures and the vegetative cycle, and the phenomenon states corresponding particularly to the flowering.

After the study of the frequency of the development of spring frosts, the methodology of Vilelle (1988) is applied to evaluate the agricultural risk. To conclude by indicating this risk is extended from 20th February until 10th April, and that it takes the maximum values in the second and third decennial of the month of March, and on the first of April. Early flowering species are those that present a major percentage of the damage.

**Key words:** Agricultural risk, spring frosts, middle Ebro valley, Aragon.

## REFERENCIAS

- DGA, 1991: *Anuario Estadístico Agrario de Aragón*, Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes, Dirección General de Promoción Agraria, Servicio de Estudios y Programación Agraria, 96 pp.
- DE VILELLE, O., 1988: *Etude des risques gelifs sur le verger de la moyenne vallée du Rhône*, Note interne, 62 pp.
- FAUS, M. C. y RUBIO, J. L., 1981: El sistema agrario, *Geografía de Aragón*, Ed. Guara, vol. 2, 47-188.
- FRUTOS MEJÍAS, L. M., 1976: *Estudio geográfico del Campo de Zaragoza*, Institución «Fernando el Católico». 353 pp.
- FRUTOS MEJÍAS, L. M., 1977: *El Campo en Aragón*, Ed. Librería General, Col. Aragón, 195 pp.
- FUENTES, J. L., 1978: *Apuntes de meteorología agrícola*, Ministerio de Agricultura, 314 pp.
- GIL-ALBERT VELARDE, F., 1986: *La ecología del árbol frutal*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, 278 pp.
- GUZMÁN CÓRDOBA, J. A., 1988: Sistema de defensa contra heladas en la comarca de La Almunia, *Surcos*, **7**: 34-39.
- HERNÁNDEZ NAVARRO, M. L. y ALONSO LOGROÑO, M. P., 1994: Transformaciones recientes de la distribución de usos del suelo agrícola en el regadío del valle del Ebro, *III Congreso de Economía Aragonesa*, Zaragoza, 23-25 de noviembre de 1994, 10 pp.
- HERNÁNDEZ NAVARRO, M. L., 1992: *Climatología agrícola del Valle medio del Ebro (sector central de la Depresión)*, tesis doctoral, Dpto. Geografía y Ordenación de Territorio, Universidad de Zaragoza, 1.391 pp.
- TABUENCA, M. C., 1975: Factores climatológicos en la producción frutal. 1 octubre 173-30 septiembre 1974, *P. Cent. pir. Biol. exp.*, **7**(2): 919.
- TABUENCA, M. C., 1976: Incidencia de factores climatológicos en la producción frutal de 1975 (octubre 1974-septiembre 1975), *ITEA*, **25**: 37-42.
- TABUENCA, M. C., 1978a: Factores climatológicos en la producción frutal. 1 octubre 1975-30 septiembre 1976, *Trabajos compostelanos de Biología*, **6**: 217-226.
- TABUENCA, M. C., 1978b: Factores climatológicos en la producción frutal. 1 octubre 1977-30 septiembre 1978, *VI Simposio de Bioclimatología*, 225-235.
- TABUENCA, M. C., 1980a: Factores climatológicos en la producción frutal. 1 octubre 1979-30 septiembre 1980, *VII Simposio de Bioclimatología*, 355-364.
- TABUENCA, M. C., 1980b: Necesidades de frío invernal y exigencias de calor previas a la floración de variedades de ciruelo europeo, *Ann. Est. Exp. Aula Dei*, **15**(12): 148-159.
- TABUENCA, M. C., 1985: Factores climatológicos en la producción frutal. 1 octubre 1984-30 septiembre 1985, *Ann. Est. Exp. Aula Dei*, **17**(34), 221-230.

(Aceptado para su publicación: 6 marzo 1995)