LAS HELADAS EN FRUTICULTURA

J. B. Royo Díaz
J. González Latorre
M. J. Laquidain Imirizaldu
C. Miranda Jiménez
Departamento. de Producción Agraria.
Sección de Fruticultura y Viticultura
Universidad Pública de Navarra

Antecedentes

Las heladas son una de las causas principales de la fluctuación de cosechas en algunas de las zonas frutícolas españolas y los daños debidos a ellas tienen siempre efectos nefastos aunque variables en su intensidad. En todos los casos una helada implica la pérdida total o parcial de la producción y un desequilibrio en la plantación. Con el fin de determinar de alguna forma la importancia real de los daños que ocasionan las heladas, a continuación en el Cuadro n.º1 se recogen datos facilitados por AGROSEGURO, S.A. para diferentes especies frutales respecto a la superficie asegurada a nivel nacional para este accidente meteorológico y la relación estimada por dicha entidad entre el daño producido por este siniestro y el valor de la producción asegurada.

Cuadro nº 1. Superficies aseguradas contra heladas y relación entre los daños y el valor de la producción

	Albaricoque		Manzana		Melocotón		Pera		Ciruela		**Total**	
	Sup. As.	D/Vp	Sup. As.	D/Vp	Sup. As.	D/Vp	Sup. As.	D/Vp	Sup. As.	D/Vp	**Sup. As.**	**D/Vp**
Año	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	**(ha)**	**(%)**
1981	1520	0,0	743	5,3							**2263**	**3,1**
1982	3396	2,4	5316	22,4	3414	20,9					**12126**	**19,3**
1983	1773	26,4	5811	42,7	10467	27,2	3770	40,9			**26891**	**25,0**
1984	2552	0,4	2934	9,1	5572	5,9	2889	6,4	1881	2,3	**29441**	**3,3**
1985	2011	36,5	3782	15.6	6302	32,4	2374	11,4	2142	15,1	**30885**	**13,0**
1986	2209	59,0	809	50,0	5172	46,7	1142	55,4	1214	39,6	**21809**	**27,2**
1987	2378	74,7	1932	11,9	6171	10,6	2245	11,9	1479	17,2	**14218**	**19,9**
1988	4621	6,8	1255	7,4	7830	8,7	2143	6,3	1609	7.8	**17456**	**7,8**
1989	4977	0,7	2416	14,3	8968	1,7	2169	5,4	2396	8.4	**20928**	**3,9**
1990	5992	44,7	5677	28,1	11852	21,4	4920	21,6	4736	38,1	**33188**	**26,9**
1991	8748	4,0	8600	65,4	21911	14,8	5602	41,9	4474	14,3	**49347**	**30,0**
1992	7824	14,5	14504	4,2	22441	6,5	9341	7,1	4211	9,6	**58316**	**6,6**
1993	8001	5,5	10901	0,8	17283	15,1	8210	4,2	3587	6,3	**47983**	**7,8**
1994	7590	3,9	12219	8,3	19180	8,7	9335	8,4	3211	15,6	**51534**	**8,4**
1995	6728	22,6	10998	8.7	18037	17,0	8384	12.6	3180	18,0	**47328**	**14,4**
1996	8035	2,8	10915	0,5	18045	10,2	9402	6,6	3849	3,9	50246	6.1
1997	7042	26,5	9511	0,9	16090	0.6	8303	1,2	3320	3,7	44266	3,3
Total	85397	15.5	108323	14,5	198735	13,3	80229	12,6	41289	14,2	**558225**	**12,9**

Concepto de helada

En la naturaleza se pueden distinguir dos tipos de estrés provocados por bajas temperaturas: uno provocado por temperaturas bajas (*chilling stress*) pero superiores a cero grados y las heladas (*freezing stress*) que se deben a la incidencia de temperaturas inferiores a cero grados (Sakai y Larcher, 1987).

Helada, según el Diccionario de la Lengua Española, es la congelación de los líquidos producida por la frialdad del tiempo. Asimismo, el termino helar, hablando de árboles, arbustos, plantas o frutas es secarse a causa de la congelación de su savia y jugos, producida por el frío.

La helada, desde el punto de vista meteorológico, se podría definir como el descenso de la temperatura ambiental por debajo de 0°C medida normalmente bajo abrigo. (CTIFL, 1998)

Levitt (1980) define la helada como el "potencial de congelación del estrés debido a las bajas temperaturas" y se producen cuando el balance entre, de una parte, la radiación térmica proveniente del cielo (radiación atmosférica) y, de otra parte, la radiación térmica emitida por el suelo y las plantas hacia el espacio durante la noche, es suficientemente negativa como para provocar una bajada de las temperaturas durante varias decenas de minutos por debajo del umbral de sensibilidad de los vegetales. Ese potencial es distinto en cada planta debido a características propias tales como la concentración del jugo celular, la permeabilidad, etc... En los tejidos vegetales la congelación se produce a temperaturas más bajas que 0°C debido a que el agua, como muchos otros líquidos, no se congela invariablemente al llegar al punto de fusión, sino que puede supercongelar varios grados por debajo de ese punto y se congela sólo cuando la formación espontánea o la adicción de núcleos de hielo actúa como catalizador de la congelación (Sakai y Larcher, 1987; Baldini, 1992).

Desde el punto de vista agronómico, se entiende por helada el descenso térmico capaz de causar algún daño, e incluso la muerte, a los tejidos vegetales independientemente de la aparición de hielo exterior (Urbano, 1991; CTIFL, 1998) y, lógicamente, los primeros órganos en sufrir daños serán los más sensibles y la magnitud de aquellos dependerá de la intensidad y de la duración del enfriamiento (Sakai y Larcher, 1987; Urbano, 1991).

De lo anterior se deduce que los datos climáticos correspondientes al registro de una temperatura por debajo de cero grados no siempre proporcionan la información más adecuada para analizar el riesgo que ésta supone para las plantas (Sakai y Larcher, 1987).

Tipos de heladas

a) Heladas de radiación: las de este tipo son el origen de la mayor parte de los daños. Como indica su nombre, la bajada de la temperatura es el resultado de pérdida de calor por radiación.

b) Heladas de advención: están causadas por la llegada de una masa de aire frío a temperatura por debajo del umbral de resistencia de las plantas. Estas masas de aire frío proceden de las regiones del Norte o las que efluyen a los fondos de los valles desde cimas de montañas todavía nevadas.

c) Heladas de evaporación: se produce por la evaporación del agua líquida o el hielo sobre, o en las proximidades de los tejidos vegetales.

d) Heladas blancas y negras: Esta calificación hace referencia exclusivamente a la presencia de escarcha en la superficie de los tejidos helados (helada blanca) o no (helada negra y es independiente del tipo de helada descrito anteriormente

Mecanismos de producción de las heladas

En los tejidos de las plantas, la congelación del agua se produce a temperaturas más bajas que 0°C y por eso el concepto de helada desde el punto de vista meteorológico no es el mismo que el del agronómico. Desde nuestro punto de vista, se dice que se ha producido una helada cuando se puedan observar algún daño en los órganos vegetales. Lógicamente, los primeros órganos en sufrir daños serán los más sensibles.

La helada se puede producir de dos maneras: a nivel intracelular o extracelular. Las heladas intracelulares se producen por congelación del protoplasma celular y son producidas por un enfriamiento muy intenso. Lo anterior exige unas condiciones muy drásticas que, en condiciones de campo, es muy raro que se produzcan. A este tipo de heladas corresponden las que se producen, en nuestras condiciones, en plantas muy sensibles.

El hielo, normalmente, no se forma dentro de la célula sino en los espacios intercelulares o en la superficie de los tejidos. Estos cristales de hielo van creciendo y, al aumentar de volumen, provocan la rotura de la paredes celulares. Al subir posteriormente la temperatura, una parte del agua es reabsorbida por las células pero otra parte se evapora (sobre todo si el ascenso es muy rápido) y se puede producir la muerte de las células por deshidratación.

Evidentemente, los daños se producen en mayor medida en los tejidos fisiológicamente más activos y más hidratados. Así pues, en resumen, la helada extracelular provoca daños secundarios de diferente naturaleza:

- Por presión del hielo: extracelularmente se puede formar una gran masa de hielo en puntos concretos de la planta presionando a los tejidos de alrededor a los que pueden producir daños mecánicos locales. (Agrietamiento de troncos)

- Desecación (deshidratación evaporativa). Si la planta ha sido sometida a temperaturas bajas durante la noche y, más tarde, cuando sale el sol, las temperaturas son muy altas, el agua deshelada en vez de ser reabsorbida por las células se evapora por transpiración.

- Deshidratación no evaporativa. Este es el daño más frecuentemente causado por la helada extracelular. Se debe a la difusión de agua desde el interior de las células a los núcleos de hielo que se van formando a nivel extracelular como consecuencia de las bajas temperaturas, lo que provoca una parcial deshidratación de las células y, como consecuencia, estrés de dos tipos:

a) por concentración excesiva de determinadas sales en el interior de la célula.

b) por desnaturalización de las proteínas o de los lípidos de la célula.

Sensibilidad de los tejidos a las heladas

Dificultades metodológicas

La sensibilidad de las yemas frente a las bajas temperaturas se puede establecer a partir de la denominada temperatura crítica que Young (1920) definió como la temperatura más baja que no produce daños en 30 minutos de exposición. Los indicadores de la temperatura crítica que normalmente se utilizan son LD_{10}, LD_{50} y LD_{90} que estiman la temperatura que causa la muerte de un 10, 50 y 90 %, respectivamente. (Proebsting y Mills, 1978)

Las temperaturas críticas, a partir de las cuales aparecen daños, han sido objeto de numerosos estudios a partir de controles de daños en plantaciones y de experimentaciones en laboratorio en diferentes especies. Los resultados a los que se llegan son muy diferentes y estas diferencias estan motivadas por numerosas razones tales como:

- Ausencia de una metodología estandarizada en el registro de las temperaturas
- Condiciones climáticas en el periodo precedente y posterior a la helada

- Presencia de rosada o humedad sobre la vegetación

- La velocidad y la duración del enfriamiento y del deshielo

- Nivel de sensibilidad, variable según, la especie, la variedad y el estado fenológico.

- Estado fisiológico de la planta en el momento de la helada: vigor, nivel de reservas, producción del año anterior.

- Dificultad de observar los daños en algunos estados fenológicos

- Topografía de la parcela

- Naturaleza y estado hídrico del suelo

- Sistema de conducción: altura de la planta

- Prácticas culturales

- Dificultad de extrapolar los valores obtenidos en laboratorio

- etc

Son, por tanto, muchas las dificultades que han impedido establecer con precisión los umbrales de temperaturas críticas standard por encima de las cuales los órganos subsisten a los daños y se confirma que éstos son el resultado aleatorio del fenómeno de la helada en un conjunto complejo tanto desde el punto de vista agronómico como climático (CTIFL, 1998; Brun y Cellier, 1993)

Temperaturas criticas

De todo lo anterior se deduce que es imposible establecer un umbral de temperatura por debajo de la cual se produzcan daños irreversibles; de hecho, si se consulta la bibliografía, se encuentran datos bastante variables; a título indicativo, en el Cuadro nº 1, se recogen los resultados de un trabajo propio que se desarrolló durante 3 años consecutivos con diferentes variedades de melocotonero, nectarina y almendro en las condiciones del Valle Medio del Ebro, y en el Cuadro nº 2 se recogen los resultados de otro trabajo propio desarrollado en cerezo en el que, para varios estados fenológicos, se muestra la gran variabilidad de daños iniciales que puede producir una helada de similares características de temperatura.

Cuadro nº1. Temperatura umbral estimada para cada estado fenológico

	Melocotonero			Almendro		
E. F.	T_{10}	T_{50}	T_{90}	T_{10}	T_{50}	T_{90}
B	- 7,0	-11	-16	-8,0	-12	-17
C	- 6,5	- 8	-12	-5,0	-7,0	-13
D	- 4,5	- 6,5	-11	-4,0	-7,0	-10
E	- 4,5	- 5,0	-10		-4,5	-6,0
F	- 3,0	- 4,0	- 6,0	-2,5	-3,5	-6,0
G	- 2,5	- 3,2	- 4,25	-2,5	-3	-4,5
H	- 1,5	- 2,7	- 3,5	-2,5	-3	-4,0
I	- 1,0	- 2,5	- 4,0	-2,0	-2,5	-3,0

Cuadro nº 2 Temperaturas mínimas alcanzadas y daños iniciales producidos para diferentes estados fenológicos en cerezo

T a		% Y.F. afectadas					
tªmin	tªmin	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"
-6	45	6	1	4	12	0	
		17	4	13		7	
		26	13	18			
		57	74	92			
		74	84	100			
	90	51					
	180	9	6	8	0	5	
		12	9	20	36	17	
		50	14	37	38	42	
		62	92				
		77					
-4,5	90		0	2	0	0	10
			0	2	0	2	27
				7		7	
	120		51	25	61	8	
				36	67	24	5
				43		33	55
						39	
						58	
	180	0	0	0	0	0	3
			0	0		0	10
				4		4	
				14		5	

Síntomas de daños por heladas

La sensibilidad relativa a las heladas de cada parte de la yema, flor o fruto es diferente y, por ello, los daños producidos por este accidente se pueden distinguir de otros porque cuando las heladas son la causa de las desecaciones , éstas son mas frecuentes y más intensas en las partes más sensibles (MAPA, 1998).

Por otro lado, cuando se observe que una helada solo haya afectado a las partes mas sensibles se puede deducir que fue muy ligera y, por tanto, no afectaría mas que a una pequeña proporción de flores (o frutos); por el contrario si afecta a las partes más resistentes se puede deducir lo contrario: habrá sido muy intensa y, por tanto habrá afectado a una gran parte de los órganos reproductores

La sensibilidad relativa a las heladas de los tejidos de las flores o frutos en frutales de hueso se resumen a continuación de mayor a menor sensibilidad (MAPA, 1998):

a) Melocotonero

Estados "A"-"F": base del estilo, estilo, ápice del ovario, resto del ovario, primordio seminal, estambres y pétalos, sépalos, receptáculo floral, haces conductores

Estados "G": base del primordio seminal, resto del primordio, ápice del ovario cara interna , resto de la cara interna del ovario, resto del ovario, receptáculo, pedúnculo

Estados "H" - "I": haces vasculares del tegumento de la semilla, resto del tegumento, cara interna del endocarpio, resto del endocarpio, cotiledones, embrión, mesocarpio, pericarpio , pedúnculo, haces conductores

b) Cerezo

Estados "B" - "E": base del estilo, ápice del ovario y resto del pistilo, estambres y pétalos, sépalos, receptáculo floral, pedúnculo, escamas

Estados "F" - "G": zona interna mesocarpio y zona basal pericarpio (anillos), resto de mesocarpio y resto de pericarpio, primordio de la semilla y endocarpio

Estados "H" - "J": tegumento de la semilla, mesocarpio, endocarpio, pericarpio

Endurecimiento del hueso: mesocarpio, pericarpio (ampollas)

Relación entre los daños iniciales y las pérdidas de cosecha

La relación entre los daños iniciales y la pérdida real de cosecha está condicionada a muchos factores, tales como:

- Cuajado exigible para obtener una cosecha normal y que, como se sabe, depende del número inicial de flores y de la especie (en cerezo y almendro es exigible un % de cuajado mucho mayor que en melocotonero).
- Estado fenológico en el que tiene lugar la helada
- Climatología posterior a la helada
- Cuidados culturales posteriores, etc.

Cuajados normales

En los 4 últimos años nuestro equipo ha realizado controles de cuajado en diferentes variedades de melocotonero, manzano y peral en plantaciones ubicadas en el Valle Medio del Ebro y, como consecuencia de estos trabajos, a continuación se resumen los resultados respecto a cuajado y su relación con el nivel de floración inicial

a) ***Melocotonero***

El cuajado está relacionado con la intensidad de la floración mediante la expresión (Figura nº1):

$$\% \text{ Cuajado} = 25{,}87 - 4{,}7 * LN(\text{nº Fl/ cm}^2 \text{ Tronco}) \quad (P<0{,}001 \quad R^2 = 0{,}8)$$

En esta especie también se ha comprobado la existencia de una relación muy significativa entre el vigor de las plantaciones y el número de frutos potencial:

$$\text{nº Fr/ cm}^2 \text{ Tronco} = 5{,}58 - 1{,}52 * LN(\text{cm}^2 \text{ Tronco/m}^2 \text{ Sup}) \quad (P<0{,}001 \; R^2=0{,}82)$$

Esta relación nos es de utilidad no sólo para la estimación de la carga de frutos, sino también para la de la carga de madera que se deja en poda. En la figura nº 2 se representan dichas relaciones si suponemos que una carga normal es la que, en recolección representa 15 cm de ramo por cada fruto.

b) ***Manzano***

La proporción de corimbos fértiles estaba relacionada con la intensidad de floración con la siguiente relación:

%Cbo Fértiles = 134,75-23,45*LN(nºCbo "F"/m^2 Sup)

c) *Peral*

La relación en esta especie fue de:

%Cbo Fértiles = 70,9 - 2,49*(nºCbo"F"/cm^2 Tr)- 0,2*(nºCbo"F"/m^2 Sup) ($P<0,001$ $R^2=0,48$)

Presencia de huesos abiertos

Esta anomalía en el desarrollo del fruto se relaciona con las heladas pero no es la única causa que lo produce. A continuación, Cuadro nº 3, se indican diferentes niveles de daños iniciales de heladas y frecuencia de frutos con huesos abiertos encontrados durante varios años consecutivos en parcelas de melocotonero cultivadas en el valle del Ebro. De estos resultados se confirma que cuando las heladas son intensas, la presencia de huesos abiertos en los frutos supervivientes suele ser frecuente, pero niveles de hasta el 30 % (o más) de frutos con huesos abiertos, puede que se presenten como consecuencia de otras causas ligadas a lo que genéricamente se entiende como "mala adaptación".

Relación entre daños por heladas y pérdida de cosecha

En los Cuadros nº 4a y 4b se muestran datos reales de fincas de melocotonero y manzano a las que se les ha hecho un seguimiento detallado tras la ocurrencia de heladas y se puede comprobar que, salvo cuando los daños se acercan al 100%, se pueden alcanzar cuajados bastante normales incluso con daños iniciales de heladas notables.

Bibliografía

Baldini, E. 1992. Tratado de arboricultura frutal. Ed.Mundi-Prensa.

Brun, O.; Cellier, P. 1993. Gélivité des bourgerons. Le Vigneron Champenois n° 3, 49-60.

CTIFL, 1998. Gel de printemps; protection des vérgers. Ed.Ctifl-Paris. 149pp.

Levitt, J. 1980. Physiological ecology. A series of monograbs, texts and treatises. Academic Press, Inc. 497 pp.

Proebsting, E.L.; Mills, H.H. 1978. Low temperature resistence of developing flower buds of six deciduous fruit species. J.Amer.Soc.Hort.Sci., 103, 192-198.

Sakai, A.; Larcher, W. 1987. Frost survival of plants. Berlin:Spingr.Verlog.

Urbano. P. 1991. Tratado de fitotecnia general. Ed.Mundi-Prensa. 895pp.

MAPA., 1998. Síntomas específicos provocados por las heladas primaverales en frutales de pepita y hueso y de los órganos fructíferos. ENESA/MAPA. 86 pp.

Cuadro nº 3. Importancia de los daños en flor y presencia de huesos abiertos como consecuencia de las heladas producidas durante las primaveras de los años 1995 a 1998.

	Año 1.998		Año 1997		Año 1996		Año 1995	
Parc. /Vdad	Daños Flor(%)	Hueso ab(%)	Daños Flor(%)	Hueso ab(%)	Daños Flor(%)	Hueso ab(%)	Daños Flor(%)	Hueso ab(%)
CASU	50	53	44	8	36	17	0	16
ABFA	51	47	38	35	22	16	0	58
ALSQ	100	-	88	19	51	24	100	84
ALNB	100	-	92	67	45	19	100	81
FOAS		30	0	2	3	5		18
FOAR		33	0	-	56	17	0	28
APSU	53	20						
APAS	73	60						
TAMI	100	66						
TAME	94	30						
TA24	97	7						
ABRL	28	21						
ABFT	27	5						
ABA2	41	36						
V2MI	15	43						
V1B6	24	3						
V1B5	5	3						
V2B6		0						
V1MO		10						
FRSU		0						
FRRU		3						
FRRT		0						
FRQG		16						
FRMO		0						
FRME		7						
FRFA		3						
FRB6		3						
FOCA		41						

Daños iniciales de heladas (%)	Intervalo de frecuencia (%) de frutos con hueso abierto
>75	6,7-70
50-75	20-53
25-50	3-43
<25	2,6-43
0	0-30

Cuadro nº 4a. Indices de cuajado final y daños producidos por heladas en diferentes parcelas de melocotonero

Var.	Par	nº Fl /cm2Tr	Cu (%) Rec	Daños Hel(%)	Var.	Par	nº Fl /cm2Tr	Cu (%) Rec	Daños Hel(%)
AR/GF	FO		8,4	0	FA/GF	AB		8,5	96,7
		32,6	9,6	55,9			6,6	17,0	0
		33,6	9,9	0			3,7	12,4	38
NB/GF	AL		0,5	100	AS/GF	FO		9,8	0
		14,3	10,7	50			19,8	13,7	0
			0,5	92			7,7	19,0	0
SQ/GF	AL		0,2	100	MI/GF	V2		10,7	14,9
		11	13,7	50	B6/GF	V1		17,0	24,2
			5,1	88	FT/PO	AB		12,5	27,4
HY/PO	AB		20,1	78,6	RL/PO	AB		18,6	27,9
		11	13,3	16	A2/PO	AB		8,7	40,9
		5,2	10,4	9	SU/GF	CA		12,6	50,3
SU/GF	CA		9,3	0	FA/PO	AB		15,9	51,2
		13,1	13,3	33,8	SU/GF	AP		12,4	52,7
		4,4	18,9	0	AS/GF	AP		4,9	73,3

Cuadro nº 4b.- Pérdidas de cosecha en función de los daños iniciales en Royal Gala

Daños Inic.(%)	E.F.	Pérdidas con rel. al testigo (%)Rec
66	E	1
36	E	-8
28	E-E2	-18
100	E2	3
7	E2-F	34
9	G-H	0
30	H	-25
27	I	0
65	I-J	-27
4	I-J	63

Figura n° 1 Relación entre el índice de floración y cuajado en melocotonero

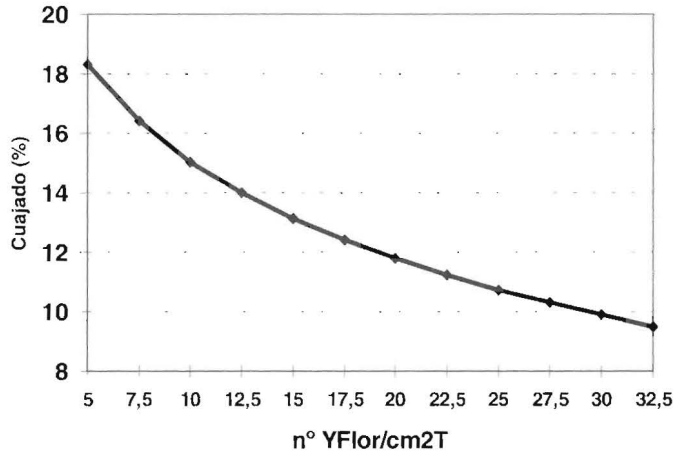


Figura .n°2. Carga frutal (n° Frutos/cm2Tr) y carga de poda suponiendo 15 cmRM/Fr

