

DAÑOS POR HELADAS EN FRUTALES. SINTOMATOLOGÍA Y EVALUACIÓN

Valero Urbina Vallejo
Departamento de Hortofruticultura, B. J.
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria
Universidad de Lleida

1. Introducción.

La producción frutícola se ve considerablemente afectada cada año por las condiciones climáticas acontecidas. La temperatura es considerada, en general, como el factor más importante para el cultivo frutal ya que, además de ser limitativo en algunos casos para el cultivo, ejerce su acción a lo largo de todo el año sobre los procesos fisiológicos de la planta. Además, las condiciones termométricas adversas pueden originar daños a la planta y a su producción.

Las temperaturas excesivamente bajas en invierno y, especialmente, en primavera tienen una gran incidencia sobre la plantación, y son determinantes de la cosecha en muchos casos.

Las heladas primaverales originan en nuestro País importantes pérdidas todos los años en la producción frutal. Su acción es indiscriminada de unas zonas productoras a otras, aunque, lógicamente, también depende del riesgo potencial de cada zona.

Los efectos de las heladas son diversos y dependen, evidentemente, del estado en que se encuentran los órganos expuestos y de las propias condiciones de la helada. Sobre estos aspectos y haciendo una especial incidencia en los síntomas específicos y en la valoración de daños, se va a tratar a lo largo de la exposición.

2. Definición de helada

Desde un punto de vista meteorológico se dice que ha helado cuando la temperatura ambiental, medida bajo abrigo, desciende por debajo de 0 °C. Pero si este descenso no es elevado puede que no se produzcan daños en la planta, aunque sí otros efectos negativos para la misma.

Desde un punto de vista agronómico se considera que hay helada cuando el descenso térmico es capaz de causar algún daño a los tejidos vegetales, e incluso la muerte, debido a la formación de hielo en los tejidos. El efecto producido por el hielo altera o impide el normal desarrollo de los órganos y sus funciones.

En los tejidos de las plantas la congelación del agua se produce a temperaturas más bajas que 0 °C debido al fenómeno de la supercongelación. Un descenso suave y continuo de la temperatura hace que se sobrepase varios grados el punto de congelación sin formarse hielo, lo que depende también de la presencia de nucleadores, como determinadas especies de bacterias. Hay que tener en cuenta además que los solutos celulares hacen que la temperatura de nucleación espontánea sea más baja.

Ahora bien, cuanto más baja es temperatura mayor cantidad de hielo se forma en el interior de los tejidos; luego puede pensarse en utilizar el descenso térmico para medir la helada, pero esta medida no proporciona siempre la información adecuada para evaluar los daños, ya que éstos dependen de otros muchos factores relacionados con las condiciones de la helada y con las características de la planta.

Por lo tanto, sólo podemos afirmar que se ha producido una helada cuando se observa algún daño específico en los órganos de la planta. Evidentemente los órganos más sensibles en cada estado fenológico serán los primeros, en general, en sufrir los daños, y cuanto más severa sea la helada los daños se extenderán a otras partes menos sensibles.

3. Tipos de heladas e importancia

Normalmente, las heladas se clasifican según la época en que ocurren y, a su vez, según la causa que origina el descenso térmico.

3.1. Tipos de heladas según la época

Las heladas se clasifican según la época en que se producen en otoñales, invernales y primaverales o tardías.

Las heladas otoñales se producen algo antes de la entrada en reposo y, en general, no están muy extendidas ni suponen una grave afectación para los frutales.

Las heladas invernales afectan a las plantas en un estado de reposo, o en su transición de entrada y salida del reposo. En estos estados tienen que alcanzarse, general, temperaturas inferiores a -15 °C para causar daños a los frutales de fruta dulce.

En las heladas primaverales el frío afecta a los órganos en actividad y en estados de gran sensibilidad. En este caso temperaturas ligeramente inferiores a 0 °C pueden causar daños en los órganos. Estas heladas son un problema importante en muchas zonas frutícolas.

3.2. Tipos de heladas según la causa del descenso térmico

Dependiendo de la causa determinante del enfriamiento las heladas pueden ser de advección (o convección), radiación y evaporación. Estos tres fenómenos pueden producirse simultáneamente o sucesivamente en una misma noche, por lo que su interpretación es compleja. A continuación se describe brevemente su diferenciación.

Las heladas de advección se producen por un descenso brusco de la temperatura originado por el desplazamiento de grandes masas de aire frío (aire polar). Ocasionan daños intensos y generalizados y tienen una gran dificultad de prevención y lucha. Afortunadamente no son frecuentes en nuestras zonas frutícolas

Las heladas de radiación ocurren por la noche, cuando el balance térmico de la radiación tierra-atmósfera es negativo, es decir el suelo emite mayor radiación que la recibida. Esta pérdida de energía se traduce en un enfriamiento rápido del suelo y plantas que pierden calor por radiación. Se produce una inversión térmica entre unos 15-20 m, con estratificación del aire de menor a mayor temperatura según se asciende. Las nubes o una atmósfera con alta humedad relativa actúan de pantalla impidiendo el paso de las radiaciones. Las condiciones favorables para que se produzcan estas heladas son: cielo despejado, noche en calma y escasa humedad del suelo y en el aire. Son las heladas más frecuentes en nuestras zonas frutícolas.

Las heladas de evaporación se producen cuando la humedad relativa del aire es baja (menor del 80%) y los órganos están humedecidos debido a la lluvia, riego o deposición de rocío. En estas condiciones el agua se evapora sustrayendo calor a los tejidos y puede provocarse la helada. Dicha evaporación se ve incrementada por el viento. Este tipo de heladas es poco frecuente y suele darse a continuación de heladas de advección o radiación.

Finalmente hay que citar la gran trascendencia de tiene la humedad relativa del aire en las heladas. Con humedades altas el punto de rocío (temperatura a la que se condensa el agua) es mayor. Cuando el aire llega a ese punto, el agua condensa en la superficie de las plantas liberando 600 calorías/gramo y atenúa el descenso de la temperatura. Si la temperatura sigue bajando hasta 0 °C, el agua se congela aportando de nuevo 80 calorías/gramo y formando abundante escarcha sobre las plantas; la escarcha adquiere la forma de una delgada capa de hielo granular con burbujas de aire que le da un color blanquecino.

Si el descenso de temperatura es brusco, el vapor de agua atmosférico, en contacto con las plantas o la superficie del suelo, se congela directamente cristalizando en forma de pequeñas agujas de hielo. Ambos casos de formación de hielo se denominan, comúnmente, como "heladas blancas".

De peores consecuencias son las heladas conocidas como "heladas negras", producidas cuando la humedad relativa es baja (punto de rocío menor que la temperatura crítica). En estas condiciones se produce un descenso rápido de la temperatura al no ser frenado por la condensación y congelación del agua. En general, los daños de estas heladas suelen ser mayores que los ocasionados por las "heladas blancas".

4. Proceso de producción de daños en los tejidos

La helada produce daños porque los órganos de la planta no están suficientemente adaptados para resistir esa baja temperatura en las condiciones que se ha producido. La temperatura ambiente más baja que no produce daños en 30 minutos de exposición, en un determinado estado fenológico, se denomina temperatura crítica. También se establecen otros umbrales de temperatura en base al porcentaje de órganos que son capaces de dañar, en un determinado estado fenológico, recibiendo la denominación "LT%".

La congelación de los tejidos y la posible reversibilidad de sus efectos encuentran su explicación en el estudio del proceso de enfriamiento y congelación del agua que contienen. Un enfriamiento rápido es muy distinto de uno lento, y ambos dan lugar a diferentes tipos de stress que originan daños directos o indirectos. Los mecanismos de actuación son complejos en ambos casos y dependen principalmente de las velocidades de congelación y deshielo. Resumidamente se comentan los efectos de los dos tipos de enfriamiento.

4.1. Enfriamiento rápido

El enfriamiento rápido es poco frecuente en campo. Sus efectos son irreversibles y origina graves daños cuando ocurre. El hielo se forma con prontitud tanto en los meatos como en el interior de las células, sin poder adaptarse a este nuevo estado, produciéndose la muerte por destrucción celular. Es lo que se conoce como helada intracelular, la cual también es originada por un enfriamiento muy intenso.

El daño causado es directo y ocurre en el momento que tiene lugar el descenso de la temperatura. Las células se ennegrecen con prontitud, al descomponerse la membrana celular y los constituyentes del protoplasma.

4.2. Enfriamiento lento

Si el enfriamiento es lento las disoluciones celulares son subenfriadas hasta que comienza la congelación en los meatos por tener menor concentración de solutos; por eso recibe el nombre de helada extracelular, al formarse el hielo en la superficie de la célula o entre el protoplasto y la pared celular.

A medida que el agua extracelular se va congelando se produce una salida del agua intracelular para compensar el déficit osmótico que se produce. Debido a esta pérdida de agua las células se plasmolizan y su contenido se concentra; si bien los tejidos pueden sobrevivir y luego recuperarse, a pesar de tener gran parte del contenido extracelular congelado. Pero la célula puede morir sin necesidad de hielo intracelular debido tanto a procesos de desnaturalización como a efectos mecánicos.

Si el agua extraída por dicha congelación forma parte del agua de constitución, se originan reacciones de desnaturalización que hacen irreversible la recuperación posterior de la célula. Igualmente se producen tensiones mecánicas en la superficie celular que afectan al funcionamiento de la membrana de forma irreversible. También si la descongelación posterior es muy rápida se puede perder el agua por transpiración y no ser reabsorbida, produciendo la muerte celular.

No obstante, si el enfriamiento continúa, aunque las células se hayan adaptado paulatinamente a los cambios producidos, su muerte puede sobrevenir también por la formación de hielo intracelular.

Cabe citar que si el enfriamiento celular es tan repentino que no se producen degradaciones ni efectos mecánicos, y luego se dan unas condiciones adecuadas de deshielo, los tejidos pueden recuperarse; pero estas condiciones no se dan en la naturaleza.

5. Factores que inciden sobre la manifestación de efectos

Los efectos que provocan las bajas temperaturas sobre el árbol y su producción pueden ser incrementados o atenuados, o no manifestarse, dependiendo de una serie de factores internos (o de la propia planta) y externos. A continuación se comentan brevemente los factores más importantes.

5.1. Estado fenológico

La temperatura a la que la planta es dañada, y sobre todo sus órganos fructíferos, depende principalmente de su estado fenológico.

Las yemas fructíferas son mucho más tolerantes en invierno, cuando están en pleno reposo. A medida que evolucionan en los diferentes estados fenológicos serán menos tolerantes, alcanzando el punto máximo, normalmente, después de la fecundación de las flores. Luego, los frutos en desarrollo son muy sensibles, pero en algunos casos el frío solo afecta a la parte superficial.

Puede suceder que una variedad con mayor tolerancia que otra en un determinado estadio, sea menos resistente al frío durante otro estadio distinto.

La tolerancia se establece a partir de la temperatura crítica. En la Tabla 1 se recogen las temperaturas críticas en diferentes estados fenológicos para diferentes frutales, según Osaer et al. (1998).

Tabla 1. Temperaturas críticas (°C), en diferentes estados fenológicos, para diferentes frutales (Osaer et al., 1998).

Especies	Estados fenológicos							
	B	C	D	E	F	G	H	I
Manzano	-7	-4	-3,5	-2,2	-1,8	---	-1,6	-1,6
Peral	-7	-6	-4,5	-2,8	-1,6	---	-1,5	-1
Melocotonero	-4	-4	-3,3	-2,8	-2,2	-1,8	-1	-1
Ciruelo	-5	-4	-3	-2,8	-2	-1,5	-1	-0,5
Albaricoquero	-4	-4	-3,5	-3	-2,2	-0,8	-0,5	-0,5
Cerezo	-5	-4,5	-3,5	-2,2	-1,7	-1,1	---	-1

Dado que hay una desigual sensibilidad entre los órganos del árbol, para dar una idea más aproximada de los daños sufridos se han tenido en cuenta otros umbrales de temperatura, definidos como: LT_{10} , LT_{50} y LT_{90} , que indican la temperatura a la que son dañados el 10, 50 y 90% de los órganos en un estado fenológico determinado. En las Tablas 2 y 3 se refleja un ejemplo de estos valores para manzano Golden Delicious y peral Williams, respectivamente, según Proebsting y Mills (1978).

Tabla 2. Valores medios de LT_{10} , LT_{50} y LT_{90} , en ensayos de congelación controlada, para manzano Golden Delicious en 9 estados fenológicos (Proebsting y Mills, 1978).

Umbral	Estado fenológico								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LT_{10}	-11,9	-7,5	-5,6	-3,9	-2,8	-2,7	-2,3	-2,9	-1,9
LT_{50}	-15,1	-12,4	-8,6	-6,1	-4,4	-3,4	-3,3	-3,7	-2,7
LT_{90}	-17,6	-15,7	-11,7	-7,9	-5,9	-4,6	-3,9	-4,7	-3,0

1: Ápice plateado, 2: Ápice verde, 3: 1-1,5cm verde, 4: Corimbo prieto, 5: Inicio botón rosa, 6: Botón rosa, 7: Inicio floración, 8: Plena floración, 9: Postfloración.

Tabla 3. Valores medios de LT₁₀, LT₅₀ y LT₉₀, en ensayos de congelación controlada, para peral Williams en 8 estados fenológicos (Proebsting y Mills, 1978).

Umbral	Estado fenológico							
	1	2	3	4	5	6	7	8
LT ₁₀	-8,6	-7,3	-5,1	-4,3	-3,1	-3,2	-2,7	-2,7
LT ₅₀	-14,5	-12,2	-9,3	-7,3	-4,6	-4,8	-3,6	-3,2
LT ₉₀	-17,7	-15,4	-12,6	-9,4	-6,4	-6,9	-4,9	4,0

1: Escamas separadas, 2: Aparece corimbo, 3: Corimbo prieto, 4: Inicio botón blanco, 5: Botón blanco, 6: Inicio floración, 7: Plena floración, 8: Postfloración.

5.2. Sensibilidad de especies y variedades

Las diferentes especies frutales no presentan la misma sensibilidad a las heladas para un estado fenológico concreto. Además la sensibilidad dependerá de la variedad y de otros factores. El patrón también ejerce una influencia indirecta. Por lo tanto es difícil realizar una clasificación de sensibilidad, y los datos que se encuentran son dispares.

Por ejemplo, Gardner et al. establecieron en 1939, de una manera general, que en plena floración los manzanos son los más resistentes, y le siguen por orden melocotoneros, albaricoqueros y cerezos, lo que no es coherente con otros resultados posteriores. También se ha comprobado que las flores, justo antes de abrir y abiertas, de melocotonero son más resistentes que las de manzano y peral en el mismo estado. El manzano suele considerarse de sensibilidad similar al peral, aunque con variaciones según el estado fenológico.

Igualmente se presentan diferencias en la tolerancia de las diferentes variedades. Son numerosos los estudios realizados en este sentido, aunque con resultados contradictorios en algunos casos, dada la acción que otros factores y las posibles diferencias en el estado del material vegetal. Las diferencias encontradas en la resistencia específica para un mismo estado suelen ser muy pequeñas (menores de 1 o 2 °C). Como ejemplo, en la Tabla 4 se muestran las diferencias de sensibilidad para algunas variedades de peral y manzano, según Calderón (1983).

5.3. Factores fisiológicos.

Los frutales desarrollan mecanismos fisiológicos que les permiten entrar y salir del reposo, con la consiguiente capacidad de resistencia al frío.

El endurecimiento de la madera, con la pérdida de agua en los tejidos y la lignificación de las células es la responsable de la resistencia a las bajas temperaturas invernales. El estado nutricional de la planta tiene también gran importancia. Las proteínas solubles y los cambios en los hidratos de carbono juegan un papel importante en la tolerancia al frío al incidir sobre el potencial osmótico de las células.

En general, los tejidos con contenido elevado de agua, en igualdad de condiciones, son más sensibles a la helada que los tejidos con un contenido escaso de agua. Igualmente los árboles más jóvenes presentan menor resistencia al frío y resultan más afectados después de una helada.

La alternancia de períodos cálidos y fríos influye también sobre los procesos fisiológicos que regulan la resistencia al frío.

Tabla 4. Sensibilidad de variedades de manzano y peral a heladas (Calderón, 1983).

Variedades más sensibles	Variedades menos sensibles
Manzano: Golden Delicious Reineta Blanca del Canadá Jonathan Belleza de Roma	Manzano: Starking Delicious Red Delicious Cox's Orange Pippin Stayman Winesap
Peral: Williams Decana del Congreso Passa Crassana Mantecosa Hardy	Peral: Conferencia Limonera Buena Luisa Mantecosa Bosc

5.4. Estado sanitario

Las plagas y enfermedades originan un debilitamiento la planta haciéndola, en general, más sensible a las heladas. Mención aparte merece la acción de las bacterias con actividad nucleadora de hielo, como algunas cepas de *Pseudomonas syringae* y *Erwinia herbicola*. Estas bacterias inician la formación de núcleos de hielo en los tejidos vegetales, aumentando la temperatura de congelación y por tanto el riesgo de helada.

5.5. Factores climáticos que afectan a la sensibilidad de la planta

Las temperaturas demasiado suaves en otoño pueden ocasionar una falta de endurecimiento de los tejidos y órganos, elevando su temperatura crítica a la que sufren daños.

Si después de la acumulación de las horas-frío necesarias para la variedad ocurre un período cálido, con temperaturas excepcionalmente altas, la pérdida de resistencia se produce más

rápidamente de lo normal y puede ser irreversible, quedando los órganos sensibles a las heladas.

La experiencia demuestra que las yemas y las flores son dañadas con más probabilidad tras un período de temperaturas cálidas que si la helada sigue a un período de tiempo frío. También periodos lluviosos antes de la helada pueden afectar a la sensibilidad de las yemas, disminuyendo su resistencia; sobre todo por un aumento de la humedad en los tejidos.

5.5. Condiciones termométricas en el momento de la helada

La intensidad y duración de la helada son los factores que más incidencia tienen sobre la aparición de efectos. Pero también hay que tener en cuenta la importancia de las temperaturas precedentes a la helada y la manera en que se produce el descenso térmico y el posterior aumento de la temperatura.

Si la temperatura desciende por debajo de la temperatura crítica es previsible que se presenten daños en los tejidos. En iguales circunstancias, una helada es más perjudicial en razón directa al descenso de temperatura presentado. Sin embargo, las condiciones en que se desarrolla la helada tienen una gran incidencia en la aparición de daños.

Para una temperatura dada, el tiempo de exposición al frío está muy relacionado con la aparición gradual de daños. Así, suele resultar más perjudicial una temperatura de -2 a -3 °C durante varias horas que una temperatura mucho más baja en períodos menores de media hora. No obstante, aunque el enfriamiento de las partes interiores requiera cierto tiempo, en muchos órganos, dado su pequeño volumen y que además tienen una gran superficie expuesta, el enfriamiento total es rápido. En la Tabla 5 se indica el grado de afectación producido para una helada de -4 °C, en manzano en F₂, según la duración de la helada.

Tabla 5. Grado de afectación (%) según la duración de la helada, en manzano Starking Delicious en F₂, para una helada simulada en cámara a -4 °C (Urbina et al. 1992).

Órganos	Duración de la helada (horas)			
	0,5 h	1 h	2 h	4 h
Flores	3	30	47	70
Corimbos	12	40	52	82

También tiene una gran importancia la velocidad de descenso de la temperatura. Un descenso rápido conduce a condiciones demasiado traumáticas para las células, como ya se ha comentado.

Asimismo, un ascenso rápido de la temperatura en el deshielo podría dificultar la rehidratación de las células y producir su muerte.

5.6. Acción de otros factores

Otros factores del medio ecológico relacionados con las técnicas culturales pueden ejercer su acción directa o indirectamente sobre las condiciones de enfriamiento y sobre la resistencia de las plantas, repercutiendo en la manifestación de daños.

Por ejemplo, las propiedades físicas del suelo y el sistema de mantenimiento empleado, la época de poda, la fertilización, el riego, los tratamientos fitosanitarios, etc. Todas estas acciones complican aún más la interpretación de los efectos producidos por las bajas temperaturas y, en muchas ocasiones, determinan las diferencias apreciables de daños encontradas entre parcelas similares, o incluso entre los árboles de una misma parcela.

Por ejemplo, en formaciones altas, la diferente temperatura alcanzada en la zona baja respecto a zona alta puede originar diferencias acusadas de afectación, según puede verse en la Tabla 6 para una helada en peral Conferencia en estado fenológico I.

Tabla 6. Porcentajes de afectación según la altura en el árbol, en una helada de -3 °C (a 1,5 m), en peral Conferencia en estado fenológico I (Urbina et al. 1992).

Zona	Afectación		Grado de afectación de los órganos			
	Frutos	Corimbos	Ovario	Semillas	Receptáculo	Epidermis
Alta	23	56	82	57	6	0
Baja	74	96	97	90	29	4

6. Efectos producidos por las heladas. Sintomatología

Para establecer con certeza la ocurrencia de heladas (en el sentido agronómico definido anteriormente) no es suficiente conocer solo la temperatura mínima alcanzada, sino que es preciso observar los tejidos vegetales y comprobar que se presentan síntomas típicos y, por lo tanto, diferentes a los que se pueden presentar como consecuencia de otro tipo de causas.

En el estudio de los síntomas de helada deben considerarse separadamente las heladas invernales de las primaverales. En las heladas invernales las plantas han desarrollado toda su resistencia al frío, y en el caso de ser dañadas manifiestan síntomas en las yemas en reposo y en los tejidos internos de los ramos y ramas. Las heladas primaverales, al ser normalmente más suaves, no suelen provocar lesiones en los tejidos leñosos, pero afectan a las yemas

fructíferas en su desarrollo, a las flores y a los frutos, órganos mucho más sensibles a las heladas.

En las heladas primaverales, los tejidos más afectados en las yemas fructíferas y flores son normalmente los del pistilo, existiendo una diferenciación entre las distintas especies en el modo en que comienzan a manifestarse los síntomas. En el caso de producirse daños en la ramificación, éstos suelen comenzar en la zona del cambium.

Los daños que originan las heladas, cuando llegan a producir alteraciones irreversibles en los tejidos de un órgano, se manifiestan a la vista por varios síntomas. El síntoma inicial más característico es el cambio de tonalidad o de color. Su manifestación se muestra habitualmente como oscurecimientos, enmarronamientos, o ennegrecimientos de la parte dañada y que, posteriormente, pueden extenderse o no al resto del órgano. Sin embargo no se puede deducir lo contrario, es decir, un cambio de color más o menos intenso en un órgano no necesariamente implica que se haya helado, pues cualquier causa que produce degeneración o muerte de un tejido muestra inicialmente síntomas similares.

Para unas mismas condiciones de helada cada parte de los órganos fructíferos de la planta tiene diferente sensibilidad. Esto implica que, en general, es posible establecer una escala de sensibilidad de forma que las partes más frecuentemente dañadas se corresponden con las más sensibles. Una variación notable de este orden en la manifestación de daños inducirá a poner en duda que la causa de las alteraciones sea la helada. Dicho de otro modo, si se conoce la sensibilidad relativa de cada una de las partes de la yema, de la flor, o del fruto, se podría descartar la helada cuando se observe que las partes más sensibles no son las afectadas con mayor frecuencia, mientras que, en caso contrario, se podrá decir que el órgano afectado presenta síntomas específicos de helada.

La observación de síntomas debe hacerse entre dos y cinco días después de la helada. Si las observaciones se hacen antes, la sintomatología pueden no mostrarse claramente, y si se hacen después de ese período, el diagnóstico se dificulta como consecuencia de la evolución de los órganos, o por el desprendimiento de los más afectados.

El margen para la observación puede ser mayor si en los días posteriores a la helada las temperaturas son moderadas o bajas y, tanto más, cuanto que las plantas se encuentren en estados fenológicos iniciales. Asimismo debe tenerse en cuenta que pueden darse heladas sucesivas en diferentes estados fenológicos, las cuales dan lugar a sintomatologías muy variadas.

Cabe citar que para realizar un diagnóstico hay que conocer bien la constitución de los órganos que se van a observar, para identificar los tejidos afectados. También hay que

conocer la sensibilidad de las diferentes partes observadas, según el estado fenológico en que se encuentren, para discernir si los síntomas corresponden a otras causas.

A continuación se describen los síntomas genéricos observados en heladas invernales y en primaverales, y se indican los intervalos generales de temperaturas críticas. También se indica la sensibilidad de los órganos en diferentes especies, según el estado fenológico. Una descripción amplia de esta sintomatología ha sido realizada por Urbina et al. (1998) y Royo et al. (1996)

6.1. Síntomas de heladas invernales

Los síntomas más frecuentes que producen son los siguientes:

- a) En raíces (temperatura del suelo -7 a -12 °C).
 - Oscurecimiento del cambium y de la zona próxima del xilema.
 - Oscurecimiento el parénquima medular.
 - Necrosis de raicillas fibrosas.

- b) En la zona del cuello (temperatura -10 a -20 °C).
 - Necrosis del tejido liberiano en zonas o anillado total.
 - Hendiduras longitudinales con separación de la corteza.
 - Oscurecimiento del xilema más interno.

- c) En tronco y ramas (temperatura -15 a -25 °C).
 - Sectores necróticos entre los anillos del xilema.
 - Oscurecimiento del xilema más interno.
 - Necrosis cortical con separación de placas.
 - Hendiduras longitudinales con separación de la corteza (Fig. 1 y 2).

- d) En ramos (temperatura -15 a -25 °C).
 - Oscurecimiento de la médula (Fig. 3).
 - Oscurecimiento de los radios parenquimáticos del xilema.
 - Necrosis cortical.
 - Necrosis con desecamiento parcial o total de los ramos.

- e) En yemas fructíferas (temperatura -10 a -15 °C).
 - Oscurecimiento del parénquima y haces conductores en la inserción de la yema.
 - Oscurecimiento del eje caular.
 - Oscurecimiento de brácteas y primordios foliares.
 - Oscurecimiento de órganos florales en formación (estambres, pétalos, etc.).

f) En yemas vegetativas (temperatura -10 a -20 °C).

- Oscurecimiento en la inserción de la yema.
- Oscurecimiento del eje caular.
- Oscurecimiento de primordios foliares.

En general, para todas especies, los órganos más sensibles son el parénquima de inserción y el eje caular de las yemas, y los botones de flor.



Fig. 1. Tronco de peral helado, agrietamiento



Fig. 2. Rama de manzano helada, grietas



Fig. 3. Ramo de peral helado en la médula

6.2. Síntomas de heladas primaverales

Los síntomas más frecuentes que producen son los siguientes:

a) **En yemas fructíferas. Estados B-C-D** (temperatura -3 a -5 °C).

- Oscurecimiento del parénquima y haces conductores en la inserción de la yema.
- Oscurecimiento del eje caular (Fig. 5).
- Oscurecimiento de primordios de flor (Fig. 4).
- Oscurecimiento de primordios foliares.
- Oscurecimiento de sépalos y pétalos.
- Oscurecimiento del pistilo (Fig. 6, 7 y 8).
- Oscurecimiento de estambres (Fig. 6 y 9).
- Oscurecimiento del receptáculo.

Los órganos más sensibles, ordenados gradualmente, son:

En peral y manzano: eje caular, botones de flor, parénquima de inserción de la yema, brácteas.

En melocotonero y almendro: base del estilo, ovario (ápice), estigma.



Fig. 4. Peral (B), botones de flor helados



Fig. 5. Manzano (C) eje caulinar y botones helados



Fig. 6. Manzano (D), pistilo y estambres helados



Fig. 7. Peral (D₃), pistilo estilo y estigma helados



Fig. 8. Melocotonero (B) pistilo y estambres helados



Fig. 9. Almendro (C), helado

b) Flores. Estados E-F-G (temperatura -1 a -3 °C).

- Oscurecimiento del receptáculo (Fig. 11).
- Oscurecimiento y fisuras en el pedúnculo.
- Oscurecimiento de pétalos (Fig. 12).
- Oscurecimiento de la base del estilo.
- Oscurecimiento del estilo y estigma (Fig. 10, 11 y 12)
- Oscurecimiento del óvulo u óvulos (Fig. 14).
- Oscurecimiento del ovario (Fig. 10, 11, 12, 13 y 15).
- Oscurecimiento de estambres.
- Separación de la epidermis del receptáculo (Fig. 11).

Los órganos más sensibles, ordenados gradualmente, son:

Estado E.

Peral: epidermis, base del estilo, interior del ovario.

Manzano: base del estilo, interior del ovario, óvulos, estambres, epidermis.

Melocotonero, almendro y cerezo: base del estilo, ápice del ovario, estigma, óvulos.

Estado F:

Peral: pistilo (sobre todo estilo), epidermis, receptáculo.

Manzano: pistilo, estambres, epidermis.

Melocotonero y almendro: base del estilo, pared interna del ovario, base del óvulo.

Cerezo: interior de la pared del ovario.

Estado G:

Peral: óvulos, ovario, epidermis.

Manzano: epidermis, óvulos, ovario.

Melocotonero y almendro: primordio de la semilla (parte basal del tegumento), pared interna del ovario.

Cerezo: interior de la pared del ovario.



Fig. 10. Peral (E), pistilo helado



Fig. 11. Manzano (F), pistilo y receptáculo helados



Fig. 12. Melocotonero (F) pistilo y pétalos helados



Fig. 13. Almendro (F) ovario helado



Fig. 14. Peral (G) óvulos helados



Fig. 15. Melocotonero (G) ovario helado

c) Frutos. Estados H-I-J (en su caso) (temperatura -0,5 a -2°C).

- Oscurecimiento del óvulo fecundado o semilla (interior y tegumento) (Fig. 18-21).
- Oscurecimiento de las paredes del fruto en desarrollo (Fig. 16 y 18 -21)
- Separación de tejido epidérmico (Fig. 17).
- Pequeñas fisuras y manchas en el pedúnculo.
- Manchas en forma de anillo en el fruto.
- Manchas y puntos irregulares (externos e internos) en el fruto .
- Pequeñas fisuras longitudinales en el fruto.

Los órganos más sensibles, ordenados gradualmente, son:

Estado I:

Peral: semillas y ovario, epidermis, receptáculo.

Manzano: semillas, ovario, epidermis y receptáculo.

Estado J

Peral: receptáculo, epidermis, semillas y ovario.

Manzano: semillas, ovario, epidermis y receptáculo.

Estado H-I en melocotonero: tegumento de la semilla (zona basal y haces vasculares), endocarpio (cara interna), interior de la semilla, mesocarpio (cavernas).

Estado H-I-J en cerezo: tegumento de la semilla, mesocarpio.



Fig. 16. Peral (I),
receptáculo helado



Fig. 17. Peral (I),
epidermis con ampollas



Fig. 18. Peral (I), ovario
y semillas heladas



Fig. 19. Manzano (J),
receptáculo helado



Fig. 20. Melocotonero (I),
fruto totalmente helado



Fig. 21. Almendro (I),
fruto totalmente helado

En el caso de que las flores o frutos afectados no se caigan y prosigan su desarrollo, los futuros frutos mostrarán también una sintomatología característica de helada, como anillos y placas de russeting, grietas, deformaciones, zona del ovario necrosada, etc., viendo su calidad notablemente reducida.

7. Relación de los efectos de las heladas con las pérdidas en cosecha

En la evaluación de daños de helada es difícil correlacionar los efectos producidos por la helada con la pérdida de producción. La multitud de factores que intervienen en la producción frutal y también la complejidad que tiene la evaluación del grado de incidencia de estos factores sobre la producción, hacen extremadamente difícil establecer relaciones directas entre causa y efecto. Hay que ser muy prudente al realizar una valoración.

En la valoración de pérdida de producción debe detenerse en cuenta también que los árboles tienen unas caídas fisiológicas de flores y frutos para regular, en mayor o menor grado, la producción que son capaces de soportar.

Con una floración normal se considera, en general, que puede obtenerse una buena cosecha si el número de frutos cuajados finalmente y en desarrollo, respecto a las flores iniciales, son aproximadamente los siguientes: 5-10% en peral, 8-12% en manzano, 10-15% en melocotonero, 30% en almendro, y 8-12% en ciruelo europeo. Evidentemente, estas cifras variarán según el grado de floridez de cada árbol. También hay que considerar que las flores o frutos que no han sufrido daños en la helada pueden tener caídas fisiológicas posteriores, luego estos datos deben ser tomados con precaución y evaluados en cada caso particular.

Asimismo los efectos producidos por las heladas pueden no provocar pérdidas en cantidad de producción pero si afectar a la calidad final de los frutos, como ya se ha citado. Además,

muchas veces se hielan las flores que tienen mejores perspectivas para el desarrollo, al ser las más avanzadas o mejor posicionadas, por lo que la producción se ve afectada.

A modo de ejemplo de las repercusiones de las heladas sobre la producción, se citan a continuación algunos casos concretos (Urbina et al., 1992).

En manzano Golden Delicious, en estado F₂, temperaturas de -4 °C originaron afectaciones de hasta un 50% de flores cuando la duración de la helada fue de dos horas, y de hasta el 70% cuando se prolongó cuatro horas. El número de flores restantes sin dañar, en ambos casos, fue suficiente para no tener consecuencias sobre la cantidad de producción.

En peral Blanquilla, en estado F₂, temperaturas de -3,5 °C no son consideradas susceptibles de originar daños en producción. Temperaturas de -5 °C durante dos horas, e incluso en algún caso hasta de cuatro horas, originan afectaciones inferiores al 60%, por lo que se considera que no serán causa de descensos apreciables en producción, siempre que el número de flores por árbol se sitúe en límites normales. Si serán encontrados daños en calidad en los frutos afectados, desarrollados partenocárpicamente.

En peral Blanquilla, en estado I, temperaturas de -3 °C no tuvieron repercusión sobre la producción potencial pero tuvieron una gran repercusión en la calidad final de los frutos recolectados. Los daños se manifestaron en forma de grietas acompañadas por placas de russeting en un 65% de los frutos, y el 30% de los frutos tenían el ovario afectado.

8. Criterios para la evaluación de daños

Los pasos que se consideran oportunos para realizar de forma exhaustiva el diagnóstico y la evaluación de daños son los siguientes:

1. Identificar las partes afectadas en el árbol.
2. Identificar en cada parte los órganos o tejidos afectados.
3. Identificar la sintomatología observada y establecer la incidencia que puede tener sobre el desarrollo del órgano.
4. Correlacionar los efectos observados con la época en que aconteció la helada y las condiciones habidas.
5. Contrastar la sintomatología observada con sintomatologías similares producidas por causas diferentes a la helada, procediendo a identificar y diferenciar otros posibles orígenes de los síntomas.

6. Realizar un muestreo de órganos para valorar el nivel de afectación de la parcela, así como el grado de afectación de los órganos dañados. Valoración que puede realizarse en campo, o bien tenerse que realizar en laboratorio si la observación de la sintomatología lo requiere.

7. Determinar la incidencia de la helada sobre la producción real esperada en base al grado de afectación de los órganos y su frecuencia, y a la posible evolución de los órganos afectados, estableciendo la repercusión sobre la cantidad y la calidad de la producción esperada.

Referencias bibliográficas

CALDERON, E. 1983. Fruticultura general. Limusa S.A. Mejico. 759 pp.

GARDNER, V.R., BRADFORD, F.C., HOOKER, H.D. 1939. The fundamentals of fruit production. Mc Graw-Hill Book Company. New York. 788 pp.

OSAER, A., VAYSSE, P., BERTHOUMIEU, J.F., AUDUBERT, A. , TRILLOT, M. 1998. Gel de printemps. Protection des vergers. CTIFL. Paris. 151 pp.

PROEBSTING, E.L., MILLS, H.H. 1978. Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species. Journal of the American Society for Horticultural Science. 103. 192-198

ROYO, J.B., LAQUIDAIN M.J., GONZÁLEZ J. 1996. Sintomatología específica de daños por heladas tardías en melocotonero y almendro. Fruticultura profesional, nº 79: 19-28.

URBINA. V., DALMASES. J., DALMAU., LLOBERA, J.O. 1992. Efectos producidos por las bajas temperaturas en frutales de pepita. Sintomatología y evaluación de daños (Documento interno). ENESA. Ministerio de Agricultura P. A. Madrid. 255 pp.

URBINA, V., ROYO, J. B., COSTA, J., DALMASES, J., PASCUAL, M., GONZALEZ, J., LAQUIDAIN, M.J., FRANCES, J. 1998. Síntomas específicos provocados por las heladas primaverales en frutales de pepita y hueso. ENESA. Ministerio de Agricultura P. A. Madrid. 86 pp.