



# BOLETÍN DE FRUTICULTURA

Nº17

Viviana Curzel  
Rafael Hurtado



Ministerio de  
Desarrollo Social  
Argentina



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Argentina

# DAÑOS POR HELADAS EN PLANTAS FRUTALES



*El fenómeno conocido como helada, corresponde a un enfriamiento del aire igual o debajo de 0°C, lo que produce, en algunas ocasiones, cuando la helada es muy intensa, el congelamiento del agua al interior de los tejidos vegetales. Esto provoca un daño, irreversible, conocido como quemadura de frío.*

*Las heladas constituyen uno de los problemas de mayor incidencia e impacto económico en la agricultura a nivel mundial, pueden originar pérdidas completas. Los impactos serán distintos dependiendo de la época en que ocurra la misma, la especie, el estado de desarrollo de la planta en ese momento y el tiempo de exposición.*



## **INTRODUCCIÓN**

La producción frutícola se ve considerablemente afectada cada año por las condiciones meteorológicas 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 consideradas como últimas, originan 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 lugar. 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.

## **DEFINICIÓN DE HELADA**

Las heladas son eventos climáticos de gran preocupación en la actividad agrícola debido al potencial de pérdidas que generan. Desde un punto de vista meteorológico se dice que ha helado cuando la temperatura ambiental, medida bajo abrigo, desciende por debajo de 0 ° C. Si este descenso no es tan marcado 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 susceptibilidad de la etapa fenológica o del cultivo a la baja temperatura. Este proceso puede ocurrir con temperaturas por encima de 0°C. Normalmente ocurre cuando las mismas, durante el periodo con helada, a nivel de abrigo meteorológico son de 3 o 4°C, debido a que hay un gradiente de temperatura entre el metro y medio, donde se mide la temperatura y el suelo.

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, superficies vivas o no, o animadas o desanimadas, donde comenzará el congelamiento. Hay que tener en cuenta además que los solutos celulares hacen

que la temperatura de nucleación espontánea sea más baja.

En general la formación de hielo interno depende del contenido de humedad del aire. Si es muy baja, no se congelara nada por encima del cultivo y sí el agua del interior del vegetal.

Ahora bien, cuanto más baja es la 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.

## **PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DAÑO EN LOS TEJIDOS VEGETALES**

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.

El daño por helada no se debe a la formación de hielo en el exterior de la planta. El daño se produce por cambios en el agua existente en los espacios intercelulares de los tejidos de la planta.

En una helada ocurre formación de hielo en esos espacios, el cual extrae agua de las células, deshidratándolas o bien forma cristales internos que las rompen.

Los niveles de daño dependen de factores tales como el estado de desarrollo de los tejidos, especie, cultivar, edad de la planta, ubicación en el predio y tiempo de exposición a la condición de helada. Por ejemplo, en vid una temperatura de 0° es crítica cuando la planta se encuentra desde inicio de floración a fruto pequeño. Pero si la helada ocurre antes, cuando la planta se encuentra en brotación, la temperatura crítica oscila entre -2 y -4 ° C. En el caso de ciruelo, en cambio, la temperatura crítica puede alcanzar a -2,5 °C cuando la planta se encuentra en inicio de brotación y hasta -6 °C cuando se encuentra en etapa de puntas verdes.

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.

A continuación se comentan resumidamente los efectos de los dos tipos de enfriamiento.

### **Enfriamiento rápido**

El enfriamiento rápido es poco frecuente en campo. Sus efectos son irreversibles y origina graves daños cuando ocurre. El hielo se forma aceleradamente 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.

### **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, los tejidos pueden sobrevivir y luego recuperarse, a pesar de tener gran parte del contenido extracelular congelado. 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.

## **TIPOS DE HELADAS**

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

### **Tipos de heladas según la época**

Las heladas se clasifican según la época en que se producen en otoñales o tempranas, 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 un grave daño 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, generalmente, temperaturas inferiores a  $-15^{\circ}\text{C}$  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  $3^{\circ}\text{C}$  (medida en abrigo meteorológico) pueden causar daños en los órganos. Estas heladas son un problema importante en muchas zonas frutícolas.

### **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 o subpo-

lar). Ocasionan daños intensos y generalizados y tienen una gran dificultad de prevención y lucha.

Las heladas de radiación ocurren por la noche, o las primeras horas de la mañana, luego de la salida del sol, 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 la radiación emitida por el suelo.

Las condiciones favorables para que se produzcan estas heladas son: cielo despejado, noche en calma, 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 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 provocar un descenso térmico similar a 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.

Cualquiera sea el origen de una helada, la topografía del lugar desempeña un papel importante como agente atenuador o intensificador de ésta. El aire frío se escurre por las pendientes hacia los lugares más bajos formando verdaderos pozos de aire frío, por lo que la helada será más intensa en las zonas bajas, mientras que en las partes altas de los lotes pueden escaparse o escurrir el aire frío más denso por completo o atenuarse al efecto de la misma.

Durante la ocurrencia de una helada, el aire más frío se acumula en las capas bajas, razón por la cual las temperaturas a nivel del suelo son entre 2 y 3°C más bajas que aquellas observadas en el cobertizo meteorológico a 1,5 m de altura.

Hay que citar la gran trascendencia que tiene la humedad relativa del aire en las heladas. Con humedades altas, el punto de rocío (temperatura a la que se condensa el vapor 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".

## **EFFECTOS DE LAS HELADAS SOBRE LOS CULTIVOS**

El efecto de la helada sobre el cultivo dependerá, entre otros factores, de la especie y del estado de desarrollo en que se encuentre, siendo más sensibles las etapas desde botón floral hasta fruto pequeño. Por lo mismo es necesario considerar en forma muy cuidadosa la ubicación geográfica de los cultivares más tempranos, donde los árboles florecen antes, quedando así más susceptibles a una helada. También son importantes las condiciones propias del predio, donde se presenten distintas temperaturas mínimas en diferentes sitios, con menores temperaturas en los bajos y en las partes inferiores de laderas.

A continuación se comentan brevemente los factores más importantes.

### **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.

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**

| Especies  | Estados Fenológicos   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|           | Yema hinchada (B)   | Caliz visible (C)   | Corola visible (D)  | Estambres visibles (E)  | Flor abierta (F)  | Caída de pétalos (G)  | Fruto cuajado (H)   | Fruto chico (I)   |
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Duraznero | -4  | -4  | -3.3  | -2.8  | -2.2  | -1.8  | -1  | -1  |
| Ciruelo   | -5  | -4  | -3.3  | -2.8  | -2.2  | -1.8  | -1  | -0.5  |
| Damasco   | -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  |

(Osaer et al., 1998).

### 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 del cultivar y de otros factores. El portainjerto 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 durazneros, damascos 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 duraznero 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.

### **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.

### **Estado sanitario**

Las plagas y enfermedades originan un debilitamiento de 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 *Pantoea agglomerans*. 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.

### **Factores climáticos que afectan a la sensibilidad de la planta**

Las temperaturas menos intensas 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 períodos lluviosos antes de la helada pueden afectar a la sensi-

bilidad de las yemas, disminuyendo su resistencia; sobre todo por un aumento del contenido de agua de los tejidos.

### **EFFECTOS PRODUCIDOS POR LAS HELADAS. SINTOMATOLOGÍA**

Las heladas primaverales, al ser normalmente más suaves que las invernales, 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 (Fig. 1 y Fig. 2).



Figura 1. Frutos de duraznos con tejidos normales, sin daño por heladas



Figura 2. Frutos de duraznero con daño por heladas en el embrión

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, amarronamientos, o ennegrecimientos de la parte dañada y que, posteriormente, pueden extenderse o no al resto del órgano (Figs. 3, 4 y 5).



Figura 3. Frutos de duraznero recién cuajados con daño por heladas



Figura 4. Frutos de duraznero recién cuajados con daño por heladas



Figura 5. Frutos de duraznero con daño por heladas

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.

## **RELACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS HELADAS CON LAS PÉRDIDAS EN COSECHA**

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 duraznero, 30% en almendro, y 8-12% en ciruelo. Evidentemente, estas cifras variarán según el grado de floración 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.

El daño de las heladas primaverales a las plantas es una interacción entre la exposición a las bajas temperaturas y la sensibilidad de las flores o frutos cuajados.

Las flores o frutos cuajados con daño por frío pueden caerse de la planta o persistir. Cuando las flores o frutitos están completamente helados la epidermis (piel), el mesocarpo (pulpa), endocarpo (carozo), y el tejido embrionario (semilla) se amarrojan rápidamente y el frutito cae de las plantas en una semana aproximadamente (Fig. 6 A y B).



Figura 6. A. Frutos de duraznero amarronados, con daño por heladas. B. Frutos de duraznero con embrión afectado por la helada.

Algunos frutos con daño pueden persistir en la planta, aparentemente sanos, con coloración y aspecto normal pero al estar afectado el embrión, detienen su crecimiento. Son denominados, comúnmente como “bolillas” (Fig. 7).

En apariencia tienen la epidermis y los tejidos del mesocarpo y endocarpo normales, por lo tanto, los tejidos vivos actúan como destino y permiten que los mismos persistan en la planta, pero al estar el embrión muerto, resultan en un desarrollo reducido y por consiguiente de un tamaño reducido.



Figura 7. Durazno “bolilla” maduro y con embrión muerto.



Al comenzar con el raleo comercial, generalmente 30 días luego de floración, éstos frutos dañados tienen apariencia y tamaño normal para la fecha, dificultando distinguirlos de los sanos durante el proceso del raleo. Por consiguiente, algunos de estos frutos dañados pueden permanecer en la planta reduciendo o afectando el rendimiento comercial. Este problema aparece solamente bajo ciertas condiciones de heladas primaverales y dificulta la evaluación del daño de la helada (Fig. 8).



Figura 8. Frutos de duraznero con embrión afectado por la helada

Ciertos cultivares de duraznero que se han visto propensos a esta situación, en algún sitio específico, han dejado de plantarse. Es una característica heredable que se expresa solamente, bajo ciertas condiciones de frío. La formación de frutos “boli-lla” ocurre cuando el frío es suficiente como para provocar, solamente, la muerte del embrión aparentemente la parte más susceptible del fruto (Figs 9, 10 y 11).



Figura 9. Duraznos maduros “bolillas”, sin valor comercial



Figura 10. Duraznos maduros “bolillas”. Nótese el embrión muerto.

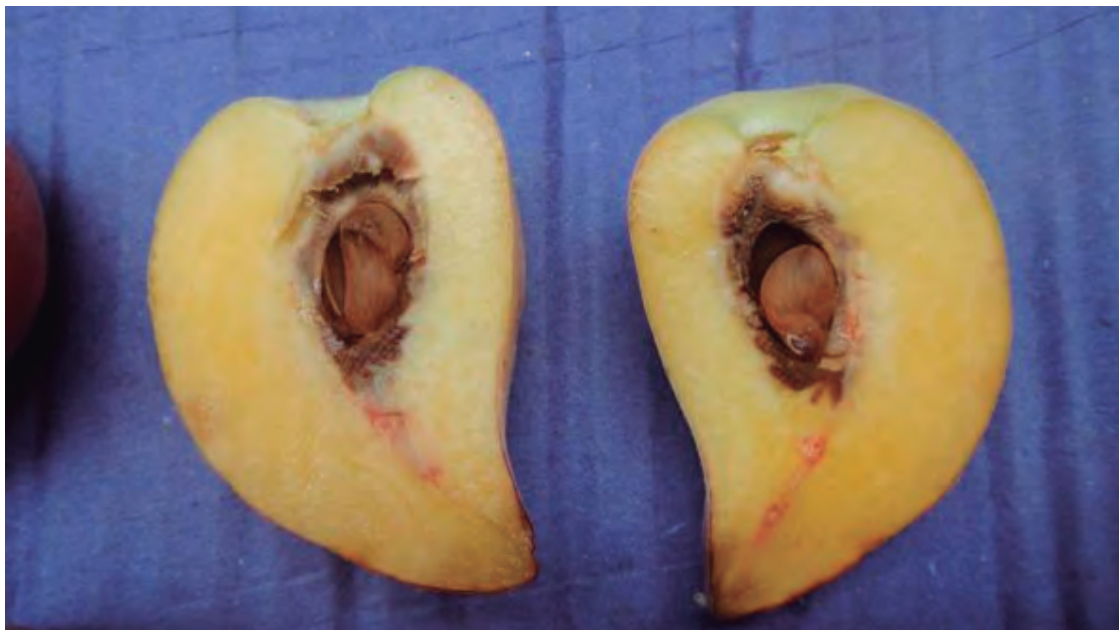


Figura 11. Duraznos maduros “bolillas”, con el embrión muerto

El evento de helada ocurrido el pasado 20-21 de agosto, en la zona de los valles templados de Jujuy, afectó de manera diferente a los distintos cultivares en las diferentes áreas productivas. Se registraron temperaturas de entre  $-2^{\circ}\text{C}$  a  $-4^{\circ}\text{C}$ , con 38% de humedad relativa (HR) y entre 5 a 8 horas de duración según las zonas. Algunos cultivares se encontraban en inicio de floración, otros plena floración, caída de pétalos, fruto cuajado y fruto raleado. Los cultivares más afectados fueron aquellos que se encontraban en estado de fruto cuajado, si bien la helada

redujo el cuajado total de frutos, con porcentajes variados de daño por frío según los sitios (desde una 10% en los valles templados bajos hasta 60% de daño en los valles templados altos) y frutos con embrión dañado (frutos bolilla) que aún persisten en las plantas.

Esta es una característica de los cultivares importante a considerar en los programas de mejoramiento. En este contexto las heladas primaverales son una oportunidad para observar y evaluar diferencias en la formación de frutos tipo “bolilla”.

## **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 y grado de afectación de los órganos dañados en la parcela. 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.

## **MITIGACIÓN DE RIESGOS DE HELADAS**

Para minimizar el efecto de las heladas existen diversas técnicas cuyo éxito dependerá de su correcta aplicación y en el momento oportuno. No existe el método perfecto dado que en alguna situación su capacidad puede ser excedida frente a alguna helada en particular. Los métodos de control de heladas pueden ser clasificados en sistemas de control pasivos y sistemas de control activos. A continuación explicaremos cada uno de ellos.

## **Sistemas de control pasivos**

Son aquellas prácticas más bien de tipo preventivo, que se establecen antes que ocurran las heladas. Van desde el análisis de la ubicación del predio, cultivo o especie, hasta manejos del suelo. Generalmente son de menor costo que los métodos activos y en varios casos sus beneficios son suficientes como para eliminar la necesidad de usar equipos para protección activa.

## **Selección del sitio, especie y cultivares**

Estos son aspectos importantes y no siempre considerados. La selección del sitio ha tomado renovada importancia por dos razones:

- a) Debido al interés por establecer plantaciones en nuevas zonas y
- b) Frente a las nuevas condiciones de variabilidad climática que se están presentando en la actualidad.

En caso de nuevas plantaciones, la mejor prevención es la elección del sitio adecuado, ya sea seleccionando aquéllos donde ocurran pocas heladas, analizando la topografía del lugar, según la cual puede ser recomendable nivelar los bajos, o bien ubicar la plantación en la parte alta de los valles. El aire más frío es más denso que el aire más cálido, por lo cual se deposita en la zona baja de los valles y de los predios. También es posible que, sin haber diferencias topográficas, algún sector se afecte con mayor frecuencia por heladas, lo cual se debería a suelos con distintas características de conducción y capacidad de almacenamiento de calor. Al planificar las plantaciones, es recomendable consultar con especialistas si las condiciones topográficas y de suelo podrían favorecer heladas en sitios específicos del huerto.

Considerar la especie y cultivar a plantar. Frutas tempranas, en general son más susceptibles a heladas. Ciertos patrones radiculares confieren mayor tolerancia a bajas temperaturas.

## **Uso de barreras al movimiento del aire.**

Dependiendo de la configuración del sitio, esta práctica puede ser importante. Para analizar la posibilidad de instalar o eliminar barreras, es necesario conocer previamente por dónde ingresa el aire frío. Pueden existir situaciones que faciliten su paso hacia el cultivo, como son bajos, cauces de agua, donde es adecuada la instalación de barreras que desvíen su paso. También puede haber barreras como alamedas, bosquetes, etc., que obstaculizan la salida del aire frío desde la plantación, en cuyo caso se deberían eliminar. En general este tipo de protección se realiza

donde las heladas por advección son las más frecuentes.

### **Mojado del suelo**

El almacenamiento de calor en el suelo está muy relacionado con su contenido de agua. Un suelo con bajo contenido de humedad posee gran parte de sus poros ocupados con aire, elemento de baja capacidad calórica y que se enfría más rápidamente. Por lo tanto, previo a períodos de riesgos de heladas, es recomendable mantener el suelo con buena humedad, cercana a capacidad de campo. Esto además, produce que el suelo cambie de color (oscureciéndose) y absorba más radiación solar. Ello mejora la capacidad de almacenar calor e influye en la temperatura. Esta práctica ha demostrado que eleva la temperatura en 0,3 °C respecto de un suelo con menos humedad. Es una medida adecuada para heladas por radiación.

### **Evitar la remoción del suelo entre hileras**

En la época de heladas no es recomendable tener el suelo removido o rastreado puesto que entre los terrones almacena aire helado y mientras más espacios con aire existan en el suelo, se tenderá a almacenar y transferir menos calor. Es una práctica recomendable tener el suelo lo menos intervenido posible y mojarlo, todo lo cual aumenta el almacenaje de calor y mejorará su transferencia. Es una medida adecuada para heladas por radiación.

### **Sistemas de control activos**

Este tipo de control tiene por objetivo aportar calor para evitar que la temperatura caiga bajo el umbral de daño a los tejidos u órganos presentes en las plantas. Existen varias alternativas de métodos activos para controlar heladas:

- Riego por aspersión (mojar el follaje)
- Calefactores (calentadores de aire)
- Torres de ventilación (ventiladores, aspas o máquinas de viento)
- Combinación de los métodos anteriores.

### **Riego por aspersión elevado (mojando el follaje).**

Es uno de los métodos que mejores resultados ha logrado y es capaz de controlar heladas de tipo advectivas y por radiación. Se basa en la capacidad del agua de entregar calor cuando se enfría. El agua, tiene una temperatura promedio de alrededor de 10°C en reservorios superficiales y de 14 a 16 °C si proviene de pozos profundos. Una vez aplicada sobre el follaje y mientras se enfría, libera calor hacia los

tejidos de las plantas y al ambiente inmediato, protegiendo así a los tejidos hasta  $-5$  o  $-7$  °C (Figs. 12, 13 y 14).



Figura 12. Plantas de duraznos con protección para heladas con microaspersores



Figura 13. Plantas de duraznos con protección para heladas con microaspersores



Figura 14. Plantas de duraznos con protección para heladas con microaspersores

El aspersor puede colocarse sobre la copa o bajo la copa (Fig. 15 A y B) debe ser de gota muy pequeña para no producir anegamiento del terreno y continuo de manera de que no se congele el sistema de conducción de agua. El follaje debe mojarse mientras dure la helada.



Figura 15. Plantas de duraznos con protección para heladas con sistema de riego con microaspersores A. Sobre la copa y B. Bajo la copa.

Adicionalmente este sistema se asocia a humedad y posible proliferación de enfermedades, especialmente durante la floración, por lo que es poco recomendable usar en almendros, damascos o en condiciones de floraciones tempranas en otras especies. En algunos casos se considera necesario incluir en los costos aplicaciones adicionales de fungicidas tras el uso de este método. En heladas extremas, la quebradura de ramas por acción del peso del hielo sobre el follaje puede provocar pérdidas importantes.

Una de las precauciones de este método es aplicarlo en regiones donde la humedad ambiente es muy baja, debido a un gran déficit de saturación del aire (diferencia de humedad entre la planta que se está mojando y el aire) ya que a pesar que la temperatura este bajo cero, el agua se evapora, disminuyendo aún más la temperatura del entorno.

Es un sistema adecuado para heladas de tipo advectivas y por radiación.



## Calefactores

Este método se basa en entregar mayor temperatura al aire, bajo el concepto que, si se agrega suficiente calor para nivelar la pérdida de energía, entonces la temperatura del aire no descenderá a niveles que causen daño. Los equipos más comunes son aquellos que calientan el aire con fuego abierto ya sea por quemadores o sistemas similares. Los sistemas utilizados para calentar aire son generalmente poco eficientes porque la mayor parte del calor sube rápidamente y se pierde (Fig. 15 A y B).

Para evitar esto, el diseño de la conducción del calor es importante, y considerar que el aporte de calor debe efectuarse a toda la superficie y, según algunos autores, lentamente. En caso de usar calentadores fijos, se obtienen mejores resultados usando calentadores más pequeños y en mayor cantidad, ubicándolos en zonas que ayuden a mantener el calor en la atmósfera del huerto. Para ello deberían distribuirse de manera uniforme y en mayor cantidad en los bordes y en los puntos bajos del sitio a controlar. En sistemas bien diseñados y correctamente distribuidos, se logran aumentos de temperatura de 5 a 7 °C, a costa de mantenerlos encendidos sin interrupción por largo tiempo sin interrupción.

Dependiendo del diseño de los calefactores, se requieren de 100 a 130 unidades por hectárea. Su costo por combustible es alto. Su aplicación es apta para heladas por radiación, pero cuando hay viento, los calentadores no dan suficiente protección. Existen calentadores de aire móviles, que son de menor costo. Su aplicación requiere bastante trabajo pues para mantener la masa de aire caliente en la zona a proteger, es necesario volver al mismo lugar entre 10 a 20 minutos. Por lo mismo no es eficiente con temperaturas muy bajas y no responde muy bien en cultivos bajos como vides en espaldera. Su aplicación, es más eficiente para heladas por radiación.

Además, para realizar este tipo de protección es conveniente un sistema de vigilancia meteorológica, a través de estaciones automáticas o convencionales, que vayan monitoreando el descenso térmico, así encender los calefactores en el momento adecuado y de esa forma disminuir la contaminación y los gastos.

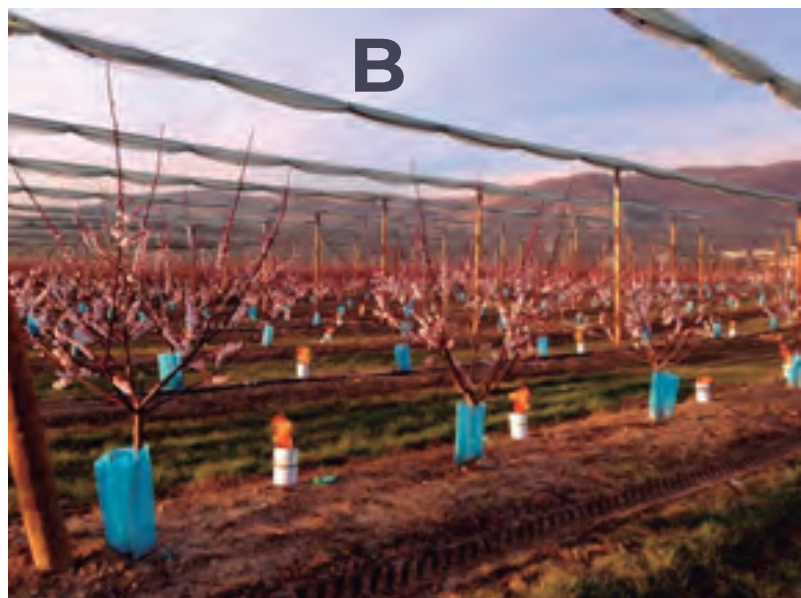


Figura 16. A. Plantas de duraznos con protección para heladas con calefactores utilizando como combustible aserrín con aceite y B. Calefactores a gasoil (Adriana Calvo, España).

### **Torres de ventilación**

Se basan en impulsar masas de aire para mezclar el aire caliente que ha subido desde el suelo, con el aire frío cercano a los árboles o parras. La altura del ventilador debe considerar la altura de la capa de inversión térmica (Fig. 17). Para ello son necesarios estudios previos mediante un “mástil de temperatura” donde se colocan termómetros a diferentes alturas, para, de esta forma, conocer la altura media del mástil o torre donde estará instalado el ventilador o turbina, de modo de revertir el aire más caliente de arriba hacia el suelo. Si el relieve es irregular, la altura de la torre seguramente variará de acuerdo a la altura de la inversión térmica.

Por lo tanto, no son aconsejables alturas fijas de torres, sin un estudio del “techo de inversión”. Además, no se recomienda su uso en zonas ventosas (sobre 8 Km/h) o en caso de heladas extremas pues los equipos se pueden dañar si se forma hielo en las aspas. En los modelos más eficientes, una torre protege entre 4 a 6 ha.

Al seleccionar los equipos se deben considerar los de menor nivel de ruido (a partir de determinados decibeles, su funcionamiento puede ser prohibido por los Servicios de Salud) y de menor consumo de energía posible, para reducir emisiones. Son equipos de alto costo inicial pero tienen el menor costo operacional entre los métodos activos de control de heladas. Las torres de ventilación son aptas sólo para heladas por radiación, pero al ser combinadas con emisión de calor, protegen heladas más severas y también de heladas advectivas, hasta  $-3^{\circ}\text{C}$ .



Figura 17. Plantas de ciruelas con protección para heladas con ventiladores (Fedefruta, Chile)

### **Aplicación de humo**

Diversas investigaciones han demostrado que su efecto real es prácticamente nulo. No se recomienda porque es adverso al medio ambiente, generando contaminación y puede causar accidentes por disminución de la visibilidad. Por otra parte, a la salida del sol el humo impide el paso del calor hacia el suelo, prolongando aún por mayor tiempo la duración o efecto de la helada (Fig. 18).



Figura 18. Plantas de duraznos con protección para heladas con calefactores y humo

## **MANEJOS POSTERIORES AL DAÑO POR HELADAS**

En general, luego de una helada, se debe esperar a que la planta salga del estrés y se reactive antes de dar inicio a las estrategias de mitigación. Algunas prácticas culturales que pueden mitigar el daño por heladas en especies frutales:

- Poda. Entre expertos hay coincidencia en que no se debe podar después de una helada severa. Se recomienda un período de espera de varios días, o semanas, dependiendo de la especie. Posteriormente, evaluar el alcance de los daños y una vez que ha pasado el período de riesgos de heladas, realizar una poda suave cuyo propósito es remover los brotes y ramas afectadas. Hay distintas estrategias dependiendo de la especie. En vides y algunos frutales se debe considerar, en caso de heladas fuertes, que la repoda tendrá como objeto principal generar buena reposi-

ción de yemas y madera para el año siguiente.

- Protección contra la radiación. Luego de la poda y cuando uno de los efectos de la helada haya sido la caída severa de hojas, el tronco y brotes quedan expuestos a la quemadura por el sol. Se sugiere protegerlos con un producto adecuado.

- Fertilización. El programa de fertilización debe partir una vez que los brotes inicien su crecimiento activo (brotes de 10 a 15 cm de longitud). Lo más importante es considerar los nutrientes que mejoren la regeneración de tejido y la capacidad fotosintética.

- Plagas. Se debe cuidar la sanidad de los brotes que crecerán luego de la helada. Interesa que los brotes se desarrollen sin limitaciones, en especial, libres de ataque de insectos o enfermedades. En heladas fuertes pueden generarse micro heridas, tanto en los cargadores, en las especies que los poseen, como en la madera, que pueden servir como puerta de entrada a hongos que podrían generar efectos negativos en la planta como una menor producción durante las temporadas siguientes. El uso de algunos productos que activen los mecanismos de defensa de la planta podría contribuir a la protección del cultivo.

Se concluye que luego de una helada se debe actuar con mucha prudencia, dejando los árboles o parras tranquilos y esperar que pase el período de heladas. Las labores culturales se iniciarán una vez conocida la respuesta de las plantas al efecto de las bajas temperaturas.

Es necesario además recalcar que es necesario tener o realizar un estudio agroclimático de heladas de la región o lugar donde se implante un cultivo, para conocer las fechas medias de primera y últimas heladas, su dispersión alrededor de ese valor, las fechas extremas que algunas vez ocurrieron y la intensidad. De esta forma la planificación de la producción cobrará importancia al conocer los riesgos posibles que se esperan.

## BIBLIOGRAFÍA

Assman, A.; Citadin, I.; Locatelli, M.; Scariot, S; Danner, M. y Bassols Raseira, M. 2008. De pessegueiro a geadas. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p.

Bravo, R., Munoz, M. y Quintana, J (Editores). 2020. Heladas. Factores atmosfericos, tendencias y efectos en frutales y vides. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletin N° 417. 102 pp.

Chaar, J. 2013. Resistencia a heladas en plantas frutales. Avances en Investigación Agropecuaria. Aia. 17(3): 109-121. ISSN 0188789-0

Chunxian Chen, Okie, W. y Beckman T. 2016. Peach fruit set and buttoning after spring frost. HORTSCIENCE 51(7):816–821. 2016.

Connors, C.H. 1922. Fruit setting on the J. H. Hale peach. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 19:147–151.

Del Pedregal, J. El palto y las heladas. INIA La Cruz. Boletín N° 8. 20 pp.  
<https://fedefruta.cl/heladas-tecnologias-para-controlar-al-invasor/>

Mansergas, F. 1968. Lucha contra heladas en plantaciones frutales. Estación Experimental de Aula del Centro de Investigación y Desarrollo del Ebro. Zaragoza. Cuaderno N° 3. Ed. Tipo Línea.

Okie, W. 1998. Handbook of peach and nectarine varieties: Performance in the southeastern United States and index of names, p. 714. U.S. Dept. Agr., Agr. Hdbk.

Pascale, A.; Damario, E. y Bustos, C. 1997. Índice agroclimático de peligrosidad de heladas primaverales en frutales. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. Facultad de Agronomía. UBA. Rev. Facultad de Agronomía. 17 (1): 25-30

Proebsting, E. 1982. Cold resistance of stone fruit flower buds. Washington State Univ. Coop. Ext. PNW Bul. 221.

Rieger, M., S. Lu, and M. Duemmel. 1991. Frost tolerance of some peach and Japanese plum cultivars. Fruit Var. J. 45:3–6.

Soria, J. y Pisano, J. 2007. Heladas de los frutales en Uruguay. Jornadas de divulgación INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/504/1/111219220807120526.pdf>

Valero, U. 2007. Daños por heladas en frutales. Sintomatología y evaluación. Departamento de Hortofruticultura. Universiudad de Lleida. Curs: Valoració de danys climatològics i incendis. Centre de Formació i Estudis Agrorurals Generalitat de Catalunya - Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural Reus - Tarragona

Wang, C. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. HortScience. 17:173-186.

Wang, C.Y. 1990. Chilling Injury of Horticultural Crops, CRC Press, Boca Raton FL, 313 pp.

Wang, C.Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. Hort. Rev. 15:63-95.

## Autoras

Viviana Curzel  
Rafael Hurtado

## Diseño y comunicación

Valeria Achem

## Revisión

Dante Aramayo

Comisión Asesora de Publicaciones INTA - EEA SALTA

## Fotografías

Viviana Curzel