

Heladas

Orígenes y tipos de heladas

Las heladas en Mendoza

Importancia

Se estima que entre un 5 % y un 15 % de la producción mundial es dañada por las heladas anualmente.

En la Provincia de Mendoza se producen normalmente años con heladas parciales que afectan sólo a algunas regiones. Otros años se han llegado a producir heladas generales que afectaron todo el territorio provincial y en algunos años, este fenómeno no se presentó. Los datos disponibles de superficie afectada con daños totales señalan una gran variabilidad; pero en promedio pueden llegar a perjudicar alrededor del 9% del total del área cultivada bajo riego de la provincia. Las heladas de tipo general suelen suceder muy esporádicamente y afectar seriamente más del 60% de la superficie cultivada (un ejemplo claro es la helada del ciclo agrícola 1992 - 1993 que afectó a todo el país, incluido Mendoza).

A nivel de productor, la disminución de producción puede llegar hasta un 100 % y, aún con daños menores, puede causarle disminuciones de calidad importantes.

Por esta razón, desde el Estado y con una participación activa de los productores, han surgido leyes que fomentan la prevención y defensa contra las heladas y se han implementado sistemas de pronóstico y alerta, con el fin de prevenir el riesgo y disminuir los efectos dañinos de este fenómeno meteorológico.

¿Cuándo se produce la helada?

Desde el punto de vista estrictamente meteorológico, se considera que se ha producido una helada cuando la temperatura del aire dentro de la casilla meteorológica (a 1,5 m de altura) ha descendido por debajo de cero grado centígrado.

Por otra parte, teniendo en cuenta el criterio agrometeorológico, se considera que se produce una helada cuando la temperatura ha disminuido lo suficiente, al punto tal, de producir daños en los órganos vegetales.

¿Cuál es el daño que provoca?

Inicialmente se pensó que el daño de las heladas a las plantas era producido por un aumento de la concentración de las sustancias al interior de las células debido a pérdidas de agua. Posteriormente, se estableció que éste era producido por la formación de hielo en el interior de las células, que crece como agujas y perfora las membranas celulares. Cuando se produce una helada, el efecto en la planta es en el ámbito celular; se congela el agua intercelular provocando, entre otros daños, su deshidratación (plasmólisis) o la ruptura de la célula. Con posterioridad, como consecuencia de ese daño, se produce una fuerte deshidratación que provoca la muerte de las células, y por lo tanto, de los órganos vegetativos o de reproducción que la componen.

Los brotes jóvenes primaverales y las flores son los mas sensibles por su alto contenido en agua.

El hielo puede ocasionar heridas en la planta por las cuáles suelen ingresar agentes patógenos. Se pueden también destruir las yemas y las flores, impidiendo que se transformen en frutos. En el caso de una helada tardía (primavera), se dañan los frutos en formación y los que sobreviven resultan con malformaciones.

Los orígenes de las heladas

¿Cómo se transmite el calor?

Tanto las heladas como el daño que provocan son esencialmente fenómenos de carácter físico. Por esto y para comprender mejor como se produce una helada revisaremos someramente los procesos de transferencia de calor, estos son:

- Convección
- Transmisión
- Radiación
- Cambio de estado

Convección

La **Convección** se puede visualizar si imaginamos lo que sucede cuando se calienta agua en un recipiente.

La llama calienta el fondo del recipiente y éste el agua que se encuentra sobre él. Al calentarse el agua disminuye su densidad y suben burbujas de agua caliente hacia la superficie calentando el agua de más arriba. Por este proceso toda el agua del recipiente se calienta.

Lo mismo sucede con el aire sobre el suelo caliente, en el día se produce temperatura alta a nivel del suelo. El aire cercano a él se calienta y asciende por diferencia de densidad.

A la inversa si el suelo esta frío, en la noche, no hay movimiento del aire hacia arriba. La temperatura será baja a nivel del suelo.

La convección es importante en el caso de las heladas. Además, el aire frío (que es más pesado que el aire cálido) tiende a acumularse en las depresiones del terreno y se escurre a lo largo de las pendientes.

Transmisión

Es el caso del movimiento de calor que se produce al interior de una barra de metal. Si a éste se le calienta por una punta podemos sentir que, después de un rato, se sentirá caliente en el otro extremo. En el suelo se produce movimiento de calor por esta vía.

Radiación

La transmisión de calor por **RADIACIÓN** es importantísima en el problema de las heladas por ser el proceso dominante y el más rápido.

El calor, al igual que la luz, puede transmitirse por ondas (radiación electromagnética) llamadas infrarrojas o de onda larga, que nosotros no vemos; pero

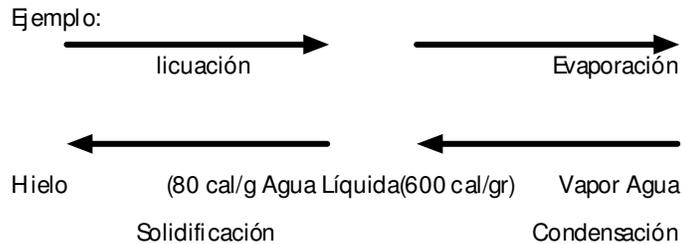
que podemos sentir. Por ejemplo, cuando acercamos las manos a un objeto caliente sin tocarlo.

Todo cuerpo a una temperatura superior a 0 absoluto pierde energía por radiación debido al movimiento de sus moléculas.

La superficie del suelo se enfría en la noche, pues pierde su calor por radiación, el aire sobre él se enfría y ello contribuye a la producción de una helada.

Cambio de estado

Cuando el agua pasa de sólido a líquido o gaseoso absorbe calor, si este material cambia de lugar y en su nueva ubicación se produce el proceso inverso, pasa de gaseoso a líquido o a sólido, liberando el calor absorbido.



Calor absorbido o liberado: un gramo de hielo debe absorber 80 calorías para transformarse en agua líquida y un gramo de agua, 600 calorías para formar vapor de agua.

A la inversa, un gramo de vapor de agua libera 600 calorías para transformarse en agua líquida y ésta 80 calorías para formar hielo.

¿Cómo y cuándo se produce una helada?

Existen 3 tipos básicos de heladas, y un cuarto tipo que es el resultado de la combinación de los otros tres:

Heladas por advección

Se originan cuando una masa de aire frío invade una región.

Se caracterizan por estar acompañadas por viento, afectando los lugares más altos y son de carácter macroclimático, es decir que son heladas de tipo general, la temperatura disminuye en una gran región o país. Pueden estar acompañadas de tiempo nublado y lluvioso. Para contrarrestarlas a nivel de finca, se necesita una muy alta cantidad de calor por hectárea y por hora (alrededor de 2.000.000 kilocalorías /ha/hora). Generalmente, suelen producir severos daños a todos los cultivos, sin distinción de especie o variedad. Es muy difícil, casi imposible, de protegerse por la gran cantidad de energía requerida. Afortunadamente ellas se producen en invierno durante el período de reposo de la vegetación. Solo muy casualmente ocurren en primavera.

Heladas por irradiación

Son muy comunes en Mendoza. Ellas se producen en primavera, cuando las pérdidas de calor que sufre la superficie del suelo (por radiación) son superiores a los aportes que recibe.

En términos micrometeorológicos, las heladas se producen cuando el balance de energía de la superficie del suelo es negativo. Éste se enfría demasiado durante la noche, afectando también las capas de aire cercano al mismo. Se caracterizan por producirse con cielo despejado, ausencia de viento, afectando más las zonas bajas, por acumulación de aire frío. Afectan el mesoclima. Es decir que son heladas de tipo parcial, que afectan sólo una zona de una región o, a veces, sólo a algunas fincas dentro de una determinada zona. Se calcula que se pierden unas 600.000 kilocalorías por hectárea por hora.

¿Cuándo se produce una helada por irradiación?

Es de esperar una helada por irradiación cuando se tiene:

- Una noche clara, sin nubes.
- Una humedad atmosférica baja
- Muy poco o nada de viento

En estas condiciones, las pérdidas de calor de la superficie del suelo son, esencialmente, por radiación y superiores a los aportes, produciéndose la helada.

Heladas por evaporación

No tienen gran incidencia en la región de Cuyo, pero si en el Noreste del país. Se producen cuando ingresa un frente frío y produce lluvia. Esta agua que queda depositada sobre los vegetales y el suelo se evapora (ya que el aire que entra sigue siendo frío y seco) a expensas de quitarle calor al suelo y a los órganos vegetales principalmente. En este caso, las pérdidas rondan las **500.000 kilocalorías por hectárea por hora**.

Heladas mixtas

Son las que provocan mayores daños en la Provincia de Mendoza y se producen por la combinación de heladas por advección, por irradiación y por evaporación. Una típica helada de este tipo se desarrolla de la siguiente manera: generalmente se inicia con la entrada de un frente frío, el que produce nubosidad y al mismo tiempo enfría el ambiente. Paralelamente, las pérdidas por irradiación no son importantes ya que está nublado. Una vez que el frente pasó, la nubosidad se disipa, produciéndose una fuerte pérdida de calor por irradiación desde el suelo, lo que produce la helada. Otra situación más severa aún que la anterior es cuando previo a la entrada del frente frío se verifican condiciones de viento Zonda. En efecto, este viento seco, disminuye significativamente la humedad del ambiente; lo que provoca que cuando el frente frío haga su ingreso no produzca nubosidad. Esta falta de nubosidad y baja humedad atmosférica favorecen las pérdidas por irradiación, que se suman al descenso térmico producido por el frente frío. Para una helada mixta, se calcula que como máximo se pueden llegar a perder **3.100.000 kilocalorías por hectárea por hora**.

Factores que influyen sobre la intensidad de una helada

Nubosidad

Las nubes actúan como una barrera que evita las pérdidas de energía.

Absorbe la radiación del suelo y la reemite. En consecuencia reduce las diferencias entre ganancias y pérdidas de energía moderando las variaciones térmicas.

Velocidad del viento

El viento contribuye a mezclar las capas de aire igualando las temperaturas de la masa del aire. Mezcla el aire cálido que está a cierta altura con el aire frío a nivel del suelo provocando un calentamiento del aire frío y de esta forma disminuye el riesgo de helada. Por ello, si no hay viento, hay mayor posibilidad de que se produzca una helada.

Las hélices usadas para control de heladas tratan de imitar este efecto.

Humedad del aire

Cuando la temperatura disminuye en la noche, y el aire está húmedo puede saturarse. Si el enfriamiento continúa, el agua contenida en el aire precipita como:

La aparición del rocío o hielo frena el enfriamiento del aire por liberación de calor del agua al condensarse (600 cal/gr) en agua o al congelarse (80 cal/gr).

Esta energía no es suministrada si el aire está seco y el riesgo de helada es mayor (helada negra). Además la emisividad del aire aumenta con la humedad atmosférica.

El Laboreo del Suelo y la Cubierta Vegetal

Un suelo trabajado es más poroso que uno no trabajado y su conductividad térmica disminuye. Una vegetación uniforme juega un rol de aislante y se observa una disminución sensible de la temperatura del suelo.

Ejemplos:

A igualdad de condiciones se registrará en distintos suelos lo siguiente:

Suelo desnudo, compacto, sin trabajar: 0 °C

Suelo con maleza segada y húmedo: - 0,3 °C

Suelo con maleza baja y húmedo: - 0,6 a -1,7°C

Suelo trabajado, poroso (rastreado y suelto): - 1,1 °C

Suelo enmalezado (cubierta vegetal alta): - 1,1 a -2,2 °C

Cubierta vegetal alta con restricción de drenaje de aire:
-2,8 a -3,8 °C.

La paja, las malezas o el trabajo en el suelo frenan el aporte de calor de las capas profundas del suelo.

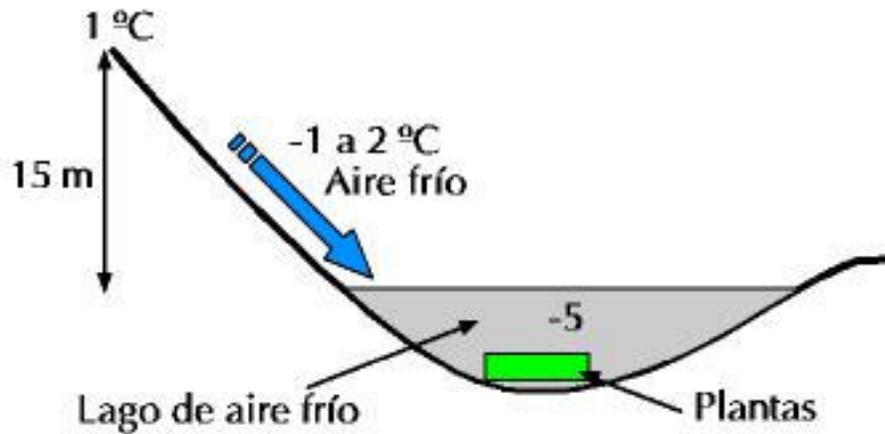
El relieve o pendiente del terreno

La inclinación del terreno es muy importante

La helada será más intensa en el fondo de un valle debido a la acumulación de aire frío (tiene una densidad mayor). Ejemplo:

En la cima de una colina, la temperatura puede ser de sólo 1°C, superior a 0 mientras que, a medida que se desciende, disminuye la hasta -5°C en el fondo del valle, donde se acumula el aire frío.

El aire frío se desliza a lo largo de las pendientes y se acumula en los lugares más bajos.



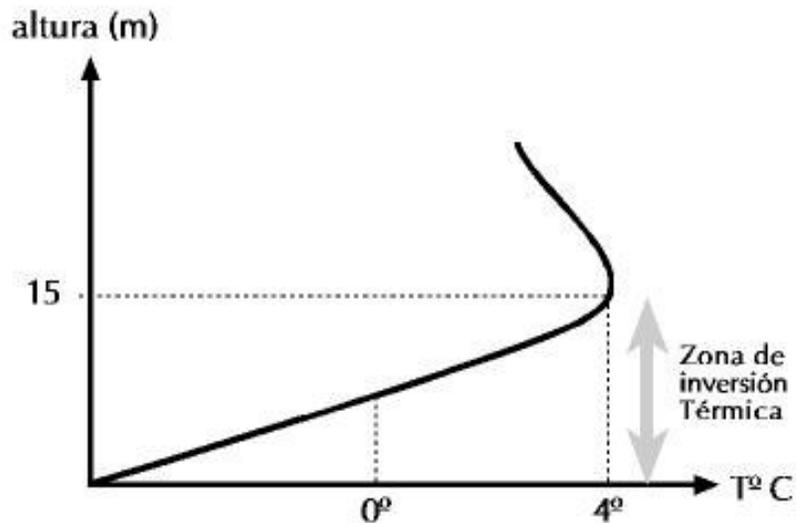
Toda barrera que evite el escurrimiento del aire frío favorece las heladas.

La altura sobre el suelo

En la noche la superficie del suelo se enfría primero, lo que a su vez hace disminuir la temperatura del aire en contacto con él.

Así, durante la noche la temperatura aumenta con la altura. Se produce lo que se llama una inversión térmica por ser lo inverso a lo que sucede en el día.

En la región se puede notar esto cuando se observa que la helada afectó a la viña en espaldero y no a los parrales vecinos.



Métodos de defensa contra heladas

Consisten en elegir la zona de cultivo, las especies y variedades, la orientación, la poda y densidad de plantación, así como todas aquellas técnicas apropiadas para disminuir el riesgo de heladas.

Se clasifican en dos tipos:

Métodos de "Defensa Pasiva" o "Preventivos"

Métodos de "Defensa Activa"

a) Método de prevención o "defensa pasiva"

Consisten en elegir la zona de cultivo, las especies y variedades, la orientación, la poda y densidad de plantación, así como todas aquellas técnicas apropiadas para disminuir el riesgo de heladas.

Elección de la zona donde se establecerá el cultivo

La mayoría de las especies productivas (viña, frutales, hortalizas entre otros) **deben cultivarse en zonas donde el riesgo de helada sea bajo o nulo durante el período en que las plantas son sensibles al daño** ocasionado por esta contingencia. En caso contrario, deberá asumirse el costo de "Defensa Activa". Debe seleccionarse debidamente la región o el lugar o, si éste ya se tiene, seleccionar muy bien las especies y/o variedades que puedan resistir o escapar al efecto de las heladas. Hoy en día, ante la competencia de mercados y las exigencias de los mismos, las inversiones en agricultura son importantes y no se puede dejar librado al azar este aspecto. Existen **mapas de riesgo de heladas** que se pueden consultar. La Dirección de Agricultura y Prevención de Contingencias está brindando este servicio por intermedio de las Instituciones adheridas y también se puede consultar su página web: www.contingencias.mendoza.gov.ar

En particular, antes de decidir sobre un lugar, es importante verificar su condición topográfica evitando plantar en lugares bajos, a la salida de quebradas o sectores donde se acumule aire frío y facilitar el escurrimiento de ese aire frío. Las exposiciones Norte adelantarán el brote de las yemas y las del sur las atrasarán.

Elección de especies y variedades resistentes

La resistencia al frío es muy variable según el vegetal. Para aquellas zonas más afectadas por heladas, se deberá elegir las especies o variedades más resistentes.

Así, en orden creciente de resistencia, tendremos; cítricos, damasco, cerezo, durazno, peral y manzano.

En general las variedades más altas, de una misma especie, se defienden mejor de las heladas.

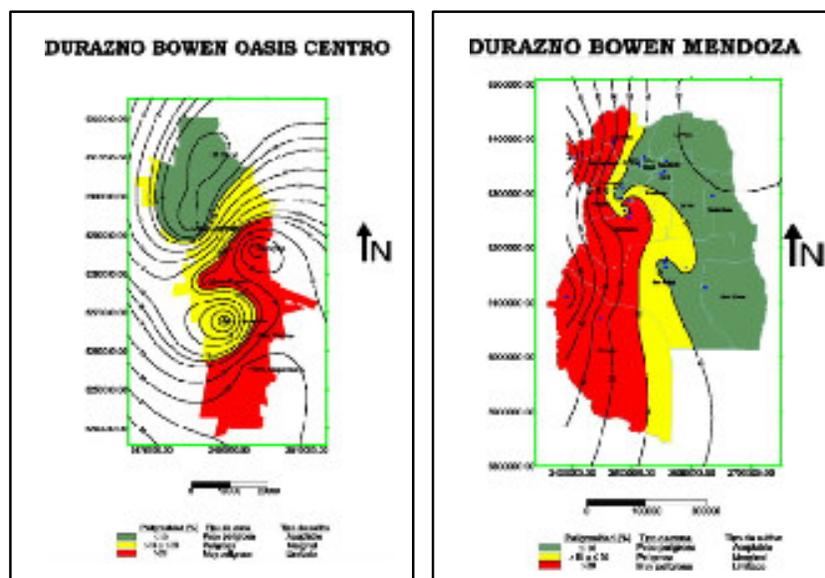
Las variedades más precoces tienen más probabilidad de sufrir daños por heladas.

Adaptación de las especies a las heladas. Mapas de peligrosidad

Se puede relacionar la sensibilidad a las bajas temperaturas de cada especie y sus variedades con las condiciones meteorológicas de cada lugar. Basándose en las estadísticas meteorológicas, se preparan mapas que indican la posibilidad de heladas en una fecha media de la última temperatura peligrosa en la primavera.

Relacionándolo a la sensibilidad o temperatura crítica de cada especie y variedad en los distintos estados fenológicos, se preparan **mapas de peligrosidad de helada para una especie o variedad** de la misma, que ayudan a decidir en la elección del cultivo a radicar.

Dichos mapas, con zonificación de peligrosidad de heladas para distintas especies y variedades están ahora en disponibilidad para todas las personas que deseen consultarlos por Internet en la página web de la D.A.P.C. (www.contingencias.mendoza.gov.ar), gracias a la labor de un grupo de profesionales y técnicos de la provincia. Esta será una de las herramientas más importantes del desarrollo futuro de la agricultura en la provincia.



Orientación, poda y densidad de las plantaciones

La orientación de las hileras y la densidad de plantación tiene importancia para facilitar el drenaje del aire frío.

Elegir una orientación de las hileras y una densidad de plantación que no frene este escurrimiento.

Una poda de formación que favorezca el crecimiento en altura disminuye el riesgo de helada porque las yemas estarán más altas. Un aumento de altura de un metro es equivalente a un incremento de 0,5 ° de temperatura. Una manera de disminuir el riesgo en viña en espaldero es conservar verticales los cargadores

después de la poda y atarlos horizontalmente a los alambres cuando el peligro de heladas haya pasado.

Por otro lado, una poda doble puede retrasar el inicio del brote de las yemas hasta una semana, pero es difícil de hacer en viñas grandes. Las yemas del ápice se desarrollan primero y avanzan hacia la base. Aprovechando esto puede hacerse una poda larga en lugares susceptibles a heladas. Las yemas de la base que se dejan para que fructifiquen, en poda normal, se retrasarán con la poda larga. Los cargadores se cortan del largo apropiado una vez que el período de heladas haya pasado.

Aunque efectiva para evitar las heladas esta práctica puede ser costosa por la mano de obra involucrada. Además, retrasar la segunda poda demasiado puede acarrear problemas porque al remover los cargadores largos del alambrado seguramente provocará daño a las frágiles yemas hinchadas.

Técnicas culturales

Se debe evitar el enmalezamiento y rastrear entre hileras. Las malezas y el suelo suelto actúan como aislantes, frenando el aporte de calor desde el suelo.

Los interfilares deben mantenerse con suelo compacto y sin vegetación. En laderas con pendiente y para evitar erosión se recomienda mantener vegetación corta a menos de 5 cm.

Deben controlarse las plagas y suministrar los fertilizantes necesarios y en proporciones adecuadas para mejorar la resistencia al frío.

Se debe mantener el suelo húmedo; **no saturado o inundado**, ya que el agua es uno de los mejores conductores del calor y contribuye a enfriar más rápidamente el sustrato. **Debe evitarse entonces, la inundación de los suelos durante la época de heladas.**

Inundación de los terrenos

Se pretende con ello acumular calor del día, aumentar la capacidad calórica del suelo y su conductividad térmica. Pero, como se explicó anteriormente, este procedimiento es poco eficaz y **no recomendable**.

Protección química

Se ha propuesto el uso de diversos productos químicos con diferentes efectos para reducir el daño por heladas (cobre, zinc, anticongelantes, bactericidas, amino ácidos, etc...). Con ellos se ha buscado mejorar el "endurecimiento o resistencia al frío, evitar el crecimiento de cristales de hielo, bajar el punto de congelación del agua, eliminar las bacterias que son núcleos de condensación del agua y formación de cristales de hielo o retrasar el desarrollo de las plantas.

Investigaciones hechas en EEUU sobre la efectividad de estos productos han dado resultados parciales. Deben profundizarse estas investigaciones.

Atrasar el desarrollo parece una estrategia más promisorio pero con poco respaldo de investigación.

Aceites Minerales retrasan las yemas 15 días pero **con menores rendimientos y menor uniformidad**.

Investigaciones de la Universidad de Colorado en EEUU y Nueva Zelanda han mostrado que aplicando a los cargadores una mezcla de Alginato de Sodio con una solución de glucosa 1 M seguida de una aplicación de cloruro de calcio para evitar que el agua lave el alginato, ha logrado atrasar en dos a tres semanas la brotación.

b) Método de "Defensa Activa"

Son aquellos métodos aplicados antes de la helada o durante la misma, y que en sí requieren un consumo energético para su aplicación. El principio de estos métodos es muy simple: la helada se debe al frío, por lo tanto, se debe evitar el enfriamiento aplicando una fuente de energía calórica.

Para evitar una helada es suficiente, en teoría, aportar a la superficie del suelo una energía complementaria igual a aquella perdida por esta superficie, que es la que provoca el enfriamiento.

Las críticas más comunes a estos métodos son: su costo elevado y la necesidad de contar con un conocimiento adecuado para hacer eficiente el sistema.

Entre los distintos métodos en aplicación se destacan:

1) Mezcla mecánica del aire con ventiladores o turbinas

Se trata de mezclar, con ayuda de grandes hélices, el aire frío cercano al suelo con el aire más cálido de las capas atmosféricas más altas. Los americanos aseguran aumentos de temperaturas de 1,5 a 4°C; sin embargo, los franceses dicen que los aumentos conseguidos por ellos con estos mismos equipos son de sólo 0.5 -1.0 °C.

Una hélice que no rote sobre su eje tiene un alcance de alrededor de 180 m bajo condiciones de calma, sin viento.

En general, la eficacia de estos sistemas disminuye rápidamente cuando uno se aleja de la hélice, inversamente proporcional al cuadrado del radio, esto disminuye la superficie protegida. El área protegida es en realidad un óvalo debido a la influencia del viento.

La protección, cuando se aplica contra el viento es de 90 a 100 m y, a favor, es de 130 a 140 m. En plantaciones grandesse puede lograr efectos sinérgicos diseñando el sistema de tal manera que calce la dirección de las hélices con el espaciamiento y alcance. Las máquinas modernas descansan en el principio de que un cono de aire grande y moviéndose lentamente es el más efectivo.

El máximo aumento de temperatura que se puede lograr con este sistema es de un 50 % de la diferencia de temperatura entre 2 y 20 m. **Si esta diferencia es menor de 1.5 ° C este sistema es poco eficiente.**

Una máquina de 130 HP, a combustible líquido o a propano, sirve para proteger 4 a 4,5 has con una distancia radial de 120 m. Las hélices están normalmente montadas en torres a 10 a 11 m del suelo, rotan a 590 rpm y mueven de 400 a 500 m³ /s de aire.

El aire tiene un calor específico de 0.29 kcal/°C/m³. Así, para una hélice como la anterior con aire a 4° aportará unas 235.000 kcal/ha/hr.

Es aconsejable iniciar el funcionamiento de los motores cuando la T° del aire esté a 1° sobre cero. Estos equipos son caros y es conveniente asegurarse bien sobre la eficiencia que tendrán sobre el cultivo a proteger antes de adquirirlos, comparando efectividad, costos de instalación y mantenimiento, con otros sistemas que brindan mayor seguridad y eficiencia.

2) Helicópteros

Son una variación de los ventiladores, cara y a veces peligrosa. Son efectivos, ya que pueden ajustarse a la altura de la inversión y moverse a sectores fríos del cultivo. El área protegida depende de la potencia del helicóptero. En general, mientras más pesado, más efectivo y más caro. Lo ideal es conocer las características de la inversión; pero ello requiere mediciones de temperatura a diferentes alturas.

El método se considera posible; pero es caro y engorroso y necesita mayor experimentación.

Un solo helicóptero puede proteger hasta unas 20 has; pero su costo operacional es muy alto.

3) Cortinas de tela o plástico tendidas sobre el cultivo que se desea proteger

Este procedimiento es aplicable sólo a cultivos pequeños y en superficie limitadas.

El polietileno sirve para aumentar la temperatura del aire en el interior del invernadero durante el día. La protección es cuestionable; dado que el polietileno no impide el paso de los rayos calóricos (infrarrojos) que se pierden por irradiación durante la noche por esto **no sirve para proteger de una helada sino se utiliza algún tipo de calefacción**. El polivinilo es mejor pero más caro.

En algunos casos, cuando una corriente de aire frío es la causante de las bajas temperaturas y su altura es inferior a la del invernadero plástico, se podría obtener un efecto positivo.

4) Cortinas de humo, nubes o nieblas artificiales

La facilidad para obtener cortinas de humo y neblinas condujo a pensar en su utilización para luchar contra la helada. Es fácil producir cortinas que impidan el paso de la luz **pero mucho más difícil es producir cortinas que impidan el paso de la radiación infrarroja**, la dificultad es obtener partículas lo suficientemente grandes.

Además, **estas cortinas son fácilmente desplazadas por poco viento que se produzca**.

Este método no es recomendable por el momento, mientras no se consiga una granulometría más apropiada.

5) Radiadores infrarrojo

Se utilizan cámaras de combustión de acero inoxidable que se ponen al rojo, cuando se las enciende, emitiendo radiación infrarroja, la cual es proyectada sobre la vegetación. La idea es calentar directamente el vegetal por radiación y no el aire. Este método permite aumentar la temperatura de 0.4 a 0.7°C y la energía recuperada es poca en relación a la emitida.

En la práctica, **los resultados obtenidos en U.S.A. han sido desilusionantes y los equipos ensayados en Francia no fueron adoptados.**

6) Aspersión de agua

El uso de una aspersión con agua para luchar contra las heladas, aprovecha la liberación de calor que se produce al congelarse el agua (80 cal/gr) y la energía almacenada en el agua, (1 cal/gr/ °C).

Una capa de agua sobre una hoja que se está enfriando, al congelarse, libera energía que es aprovechada por la hoja y su temperatura no descenderá de 0° C, si se mantiene una aspersión constante durante el período de temperaturas bajas, hasta que el hielo se haya fundido por acción del sol.

Este método es eficaz para luchar contra temperaturas de hasta -7°C. Los aumentos de temperatura que se obtienen son del orden de 4 a 5°C.

Los motores del sistema conectados a termómetros permiten automatizar su partida y detención ajustando la duración de la defensa a la de la helada y reducir costos.

Para obtener un buen resultado se requiere:

De 20 a 30 aspersores por ha, de 4 - 4,5 mm, los cuales deben girar a 1 revolución por minuto, funcionando a una presión de 3.5 - 4.3 atmósfera. La repartición de la lluvia debe ser lo más homogénea posible.

Actualmente se prefiere el uso de microaspersores funcionando en forma continua durante la helada porque requieren menos presión y gastan menos agua que los aspersores. El aspersor Flipper es un tipo nuevo que gasta menos agua por mojar sólo la hilera de plantas.

Una ventaja de estos sistemas es que permiten su automatización con termómetros en el campo y controles de partida y operación.

Las cantidades de agua varían según el tipo de planta, el rigor de la helada, el tamaño de la superficie a proteger y el tipo de cultivo.

Algunos ejemplos:

Plantas bajas 15 – 20 m³ / hora / ha
Frutales y viñas 20 – 30 m³ / hora / ha

Además debe disponer un stock de agua almacenada de 500 -1000 m³ por ha.

Los problemas que se encuentran al aplicar este método son:

- Costos elevados de instalación.

- Descenso inicial de la temperatura al empezar a funcionar el sistema, lo que dura entre 15 a 30 min. Si la temperatura del termómetro bulbo húmedo es -3°C , se debe iniciar el sistema con temperatura ambiente de $1,1^{\circ}\text{C}$; si es de -4 se debe iniciar a $1,6$ y si es de -5 a $2,2$.

- Debe tenerse cuidado al utilizarse en suelos pesados, arcillosos, donde un drenaje lento puede provocar un exceso de agua en el suelo, que puede ser perjudicial para el cultivo.

- Debe diseñarse un sistema de drenaje para evitar inundación en el cultivo

7) Calentamiento del aire

Esta técnica es muy usada. Consiste en calentar el aire frío que rodea la planta, ya que éste provoca el enfriamiento de los vegetales.

El método y sus principios son simples y efectivos.

Se distribuye un cierto número de calentadores o quemadores de combustibles líquidos derivados del petróleo (Gas-oil, fuel-oil) o gaseoso (propano) sobre el terreno y se encienden cuando la temperatura alcanza 0°C - 1°C .

Calorías aportadas por distintos combustibles

Madera	3.990 - 4.420	Kcal por Kg
Carbón Vegetal	8.080 - 8.100	Kcal por Kg
Carbón Mineral	3.335 - 8.115	Kcal por Kg
Fuel oil	10.454	Kcal por Kg
Gas oil	entre 10.188 y 10.852	Kcal por Kg
Kerosén	10.995	Kcal por Kg
Petróleo crudo	10.496	Kcal por Kg
Biodiesel	entre 10.094 y 10.732	Kcal por Kg

La experiencia ha demostrado que es preferible usar un número elevado de quemadores (100 a 300/ha) pequeños, que un número más reducido de quemadores más poderosos. Esto tiene la ventaja de una mejor homogenización del calentamiento y un movimiento más efectivo del aire. Es fácil conseguir aumentos de temperatura de 3 a 5°C .

El consumo de combustible líquido es de 300-600 lt/ha/hora.

En la práctica, se comienzan a encender los quemadores uno por medio o, si están en línea, línea por medio, cuando la temperatura está a 1°C . Esto hace ganar tiempo y frena la disminución de la temperatura. Una persona, con una antorcha, es capaz de encender los quemadores de 1 ha en una hora.

Existen diferentes tipos de quemadores; todos basados en los mismos principios; pero con diferente eficiencia en el gasto. Todos ellos, en diferentes escalas, son contaminantes del aire.

Se ensayan actualmente biocombustibles menos contaminantes, tal como el biodiesel y mezclas de derivados del petróleo con biodiesel. Los biocombustibles son combustibles de combustión relativamente limpia, no tóxicos y biodegradables, elaborados a partir de recursos naturales renovables, tales como aceites provenientes de algún producto agropecuario. Algunas de sus materias primas son: soja, maní, colza, lino, cártamo, nabo, grasas animales y otros cultivos no oleaginosos como el algodón.

Presenta ventajas interesantes por ser de producción renovable, con un balance de carbono menos contaminante que los combustibles fósiles, puede emplearse solo o mezclado con derivados del petróleo, no contiene azufre por lo que contribuye a la no formación de las lluvias ácidas, son de reducida emisión de anhídrido carbónico y monóxido de carbono. Si se derrama es biodegradable no afectando a la flora y la fauna natural, emite menos humo visible al ser quemado, posee un punto de ignición más elevado que los derivados del petróleo, etc.

La industria de los biocombustibles se está desarrollando en el país y ya se están realizando investigaciones académicas sobre las posibilidades para su uso en la lucha contra las heladas en nuestra región, en diversas formas y mezclas.

Otra posibilidad ensayada es la combinación de ventiladores con un sistema de calentamiento, o sea un agitador de aire caliente; **pero los aparatos usados son de una eficacia muy baja.**

También se les combina con hélices para asegurar que logren una protección eficaz cuando la inversión térmica es poca.

Otra alternativa es la utilización de quemadores a gas licuado, que presentan algunas ventajas (fácil para encenderlos, para apagarlos y automatizar). Su uso podría ser interesante si se bajan los costos y se logran sistemas de distribución en el cultivo que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad durante la operación.

Ejemplo para el cálculo de focos y combustible necesario para una noche de helada

Supongamos que debemos contrarrestar una helada en donde se estén perdiendo unas 2.300.000 kilocalorías por hectárea y por hora y de acuerdo a las condiciones que se presentan en nuestra finca, se cree suficiente realizar una defensa durante un período de 5 horas. Se estima, que cada foco de combustión, para que el sistema sea eficiente, debe proveer alrededor de 10.000 kilocalorías por hora. Es decir que necesitaremos:

$$\frac{2.300.000 \text{ Kcal/Ha/hora}}{10.000 \text{ Kcal/hora/foco}} = \mathbf{230 \text{ focos por hectárea}}$$

Si decidimos utilizar fuel-oil, de acuerdo a la tabla, puede suministrar 10.454 kilocalorías por kilogramo de combustible, si nuestro sistema fuera 100% eficiente, necesitaríamos:

$$\frac{2.300.000 \text{ Kcal/Ha/hora}}{10.454 \text{ Kcal/kg}} = \mathbf{220 \text{ kg por hectárea por hora}}$$

Se pueden utilizar focos quemadores de 20 litros, con tapa y sin chimenea para ir regulando la combustión a medida que la temperatura en el monte vaya cambiando. Este tipo de recipiente tiene una eficiencia de alrededor del 50% es decir, que la mitad del mismo se perderá al no tener una combustión adecuada, debiendo suplementar esa deficiencia con más combustible.

$$\frac{220 \text{ kg/Ha/hora}}{50 \%} = \mathbf{440 \text{ kg por hectárea por hora}}$$

Luego, para 5 horas $440 \text{ kg/Ha/hora} * 5 \text{ horas} = 2.200 \text{ kg/Ha}$

A modo de resumen podemos decir que para el caso del ejemplo, y para contrarrestar una helada de **2.300.000 kilocalorías**, necesitaríamos alrededor de **2.200 kilogramos de fuel-oil** para **cada hectárea** a defender, durante un período de **5 horas**, utilizando como recipientes de combustión quemadores comunes (tachos) de **20 litros con tapa**. Usted puede repetir el cálculo con sus propios datos.

Ahora bien, si se utilizan calefactores o estufas con chimenea y retorno, tal como el que se muestra en la foto, la eficiencia de aplicación mejora sensiblemente, contribuyendo a un ahorro de combustible.



Ventajas de la utilización de calefactores o estufas con chimenea y retorno, en lugar de quemadores comunes o "tachos".

Actualmente se recomienda, si se va a aplicar un sistema de calentamiento del aire, el diseño del sistema de defensa basado en calefactores o estufas con chimenea y retorno.

Utilizando gasoil puro o una mezcla del 72 % de fuel oil y 28% de gas oil (72/28), el consumo de combustible será significativamente menor en los calefactores

(estufas) que en los quemadores comunes (tachos). Se consumirá el 56,4 % menos si se utiliza gas oil o el 66,6% menos si se utiliza la mezcla.

Otro aspecto que mejora al utilizar estufas en lugar de tachos es la disminución en la contaminación ambiental. Midiéndola como presencia en el aire de monóxido de carbono, es casi nula con las estufas (2 partes por millón) y muy alta en los tachos (70 a 100 partes por millón). Midiendo la contaminación en contenido de hollín, resulta un 60,54 % menor con las estufas, si se utiliza gas oil y un 79,22% si se utiliza mezcla 72/28. La presencia de residuos en las plantas (cualitativa) es también apreciablemente menor a simple vista con calefactores o estufas que con quemadores comunes (tachos).

Sistema de defensa contra heladas

Un sistema de defensa debe estar basado en:

- a) un **pronóstico o alerta** de helada para preparar el sistema de defensa,
- b) una **alarma** que indique el momento de iniciar la defensa (individual o colectiva) y
- c) un **control** de temperatura dentro del cultivo (para monitorear el sistema de defensa).

Pronóstico o alerta de heladas

La advertencia o pronóstico de las heladas puede hacerse a nivel nacional o regional. También existen otros pronósticos generales de diversas instituciones tales como el Servicio Meteorológico Nacional, el INTA, etc. Éstos tienen como única finalidad el avisar, a veces con varios días de anticipación, sobre la posibilidad de ocurrencia de heladas, y le son útiles al productor agrícola para instalar o revisar sus sistemas de defensa con la suficiente anticipación. Actualmente los sistemas de pronóstico son bastante precisos y confiables.

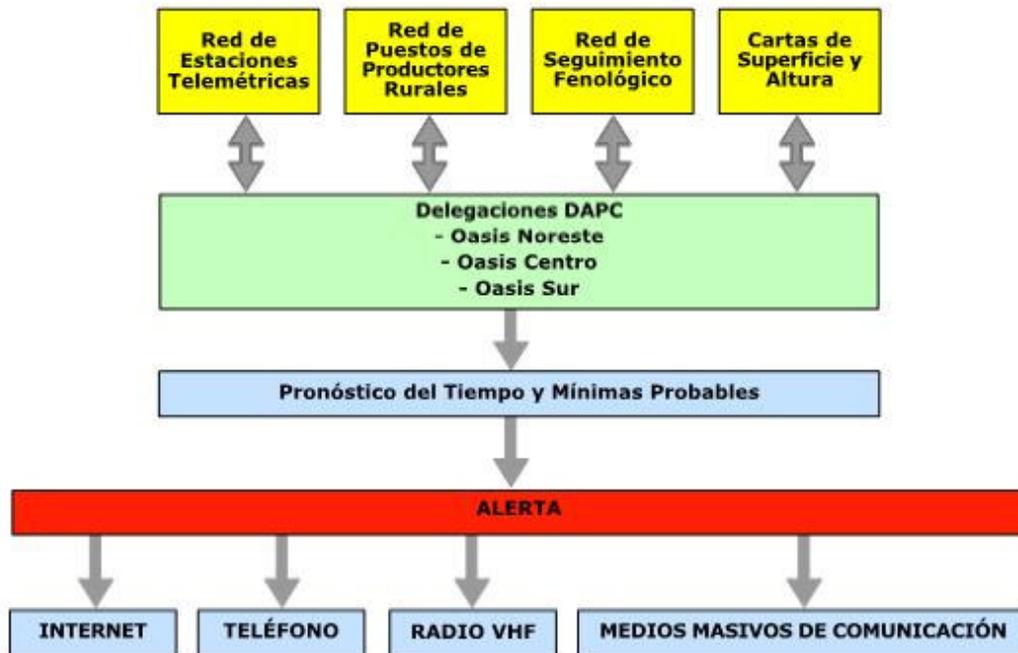
Sistema de pronóstico, alerta y prevención de heladas

El sistema prevé durante todo el año y principalmente antes de comenzar la época con el mayor riesgo de ocurrencia de heladas tardías la de brindar información y capacitar a productores, alumnos y público interesado en general sobre los métodos para prevenir y defenderse de las heladas.

La Provincia de Mendoza posee en los tres oasis productivos, sistemas de pronóstico y alerta que dependen de cada Delegación de la Dirección de Agricultura y Prevención de Contingencias, apoyados en estaciones meteorológicas propias y de productores relacionados, donde el productor puede recurrir consultando por Internet, telefónicamente o por radio en banda de VHF. En todos los casos se aconseja comunicarse con la Delegación que corresponde a la localidad donde radica su finca, a fin de informarse, en especial sobre la frecuencia de radio VHF que se puede utilizar en su región. Además de la colaboración de las emisoras de radio AM y FM locales.

La persona interesada a través de cualquiera de los sistemas de comunicación antes mencionados, es asesorado en forma continua durante las 24 horas, desde el 1º de agosto hasta el 30 de noviembre de cada año, sobre el pronóstico del tiempo extendido, pronóstico de la mínima probable para el día siguiente, los parámetros agrometeorológicos en tiempo de ocurrencia real, las temperaturas críticas para cada estado fenológico y todo lo relacionado a la defensa pasiva y activa contra las heladas.

En el caso de la Provincia de Mendoza, existe en los tres oasis productivos, sistemas de pronóstico y alerta que dependen de cada Delegación de la Dirección de Agricultura y Prevención de Contingencias, apoyados en estaciones meteorológicas propias y de productores relacionados, donde el productor puede recurrir consultando por Internet, telefónicamente o por radio en banda de VHF. En todos los casos se aconseja comunicarse con la Delegación que corresponde a la localidad donde radica su finca, a fin de informarse, en especial sobre la frecuencia de radio VHF que corresponde utilizar en su región.



Sistemas de alarma

El sistema de alarma indica el momento en que debe iniciarse la defensa y no puede prescindirse de él bajo ningún concepto. Consta de uno o más termómetros, localizado en la finca o en la zona, el cual al descender la temperatura a un límite determinado pone en funcionamiento algún tipo de alarma. Existen diversos tipos de termómetros. Las alarmas tienen un radio de influencia relativamente pequeño, dado que cuando se produce una helada en un área extensa, los valores de descenso térmico varían desde un máximo en ciertos lugares hasta registrar temperaturas no dañinas en otros y en los límites de la zona. Las diferencias topográficas, de exposición, etc. hacen que se deba considerar que el área de influencia de una alarma no debe ir más allá de lugares que registran una diferencia de temperatura superiores a los dos grados. Esta diferencia y las diferencias entre las especies y variedades cultivadas, determinan principalmente si la alarma debe ser individual o colectiva.

Los sensores o termómetros indicadores de un sistema de alarma deben estar instalados en lugares estratégicos de las fincas o de la zona donde normalmente se registran las temperaturas más bajas. La emisión de la señal de peligro por el instrumental indicado, puede ser emitida y/o transmitida de diversas formas (sonido, señal de radiofrecuencia, sirenas, teléfono, bocinas de vehículos, altavoces, etc.)

Control de temperatura en el cultivo

Se deben tener termómetros de mínima o sensores de temperatura en los lugares más fríos y decidir, conforme a ellos, la iniciación de la defensa. Si el control es con **termómetros con soporte de madera**, estos deben ser graduados cada dos grados como máximo y colocados horizontalmente **a la intemperie** (nunca debajo o

entre las plantas) y a 0,4 o a 1,0 m, dependiendo de la altura de formación de las plantas.

A nivel del agricultor

Es necesario que el productor mida con instrumental adecuado las condiciones de su finca y observe el estado de sus cultivos. Esto es porque las condiciones de otras fincas de la zona, que posean instrumental de medición, deben considerarse sólo como orientadoras; pues las características particulares de cada establecimiento con respecto a otro, pueden ser muy diferentes e inducir a errores o gastos innecesarios.

Cada productor puede tener su propia casilla meteorológica o bien disponer de aparatos electrónicos distribuidos en el cultivo con sensores a distancia. Estas estaciones electrónicas con sensores especiales, monitorean en forma automática y constante las condiciones ambientales, proporcionando datos de humedad relativa, temperaturas máximas y mínimas, etc.

Casilla meteorológica e instrumental de medición

Para medir en forma objetiva las temperaturas, el productor puede tener también su propia casilla meteorológica y ésta deberá estar construida, instalada y equipada adecuadamente. Se muestra a continuación el tipo de casilla que se debe instalar.

La casilla debe ser instalada en las zonas más bajas del terreno y cercanas a la vivienda, en un sector no irrigado, pero lo suficientemente lejos como para que las temperaturas sean el fiel reflejo de la finca.

Dentro de la casilla se ubicarán los termómetros de uso meteorológico, se instalarán termómetros que miden variaciones de 0,2 °C y son de alta confiabilidad y precisión. Una casilla bien equipada tendrá cuatro termómetros, cada uno para distintos fines. El termómetro de máxima señala la máxima temperatura (la cual se produce generalmente durante la tarde). El termómetro de mínima marca la temperatura más baja que se registró ese día (generalmente se produce en la madrugada). Se colocan dos termómetros más: el de bulbo seco y otro de bulbo húmedo, los que se utilizan con la **tabla psicrométrica** para determinar el punto de rocío. Éste último dato servirá para conocer si la helada será severa o leve. Dentro de la casilla, los termómetros se ubican en la forma que indica el siguiente esquema:

Como se dijo anteriormente, es aconsejable que el productor posea además, otro termómetro de bulbo seco, que deberá ubicarlo en cercanías del cultivo y en el lugar más frío, a los efectos de conocer la temperatura a la intemperie (para determinar el índice actinométrico), en el cual se basará su decisión para comenzar con la defensa activa. Deberán tenerse en cuenta las siguientes normas o precauciones:

- El termómetro **de máxima** debe colocarse en posición casi horizontal con el bulbo ligeramente hacia abajo.

- El termómetro **de mínima** debe colocarse en posición casi horizontal con el bulbo ligeramente **hacia arriba**.

- Los termómetros de **bulbo seco y húmedo** debe ubicarse en forma perfectamente **vertical**.

- Para el de **bulbo húmedo** se debe usar agua destilada y mantener el recipiente que moja la tela de algodón siempre en condiciones.

- La tela de algodón que moja el bulbo debe estar siempre húmeda y limpia. Si hay mucha tierra depositada sobre la misma, se debe cambiar.

- Para la lectura de los termómetros durante la noche se debe utilizar linterna, ya que los fósforos o encendedores generan calor haciendo que el dato resulte erróneo.

Es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos referidos a los aparatos de medición o a algunos otros accesorios:

• **Evaporímetro:** Si la evaporación es lenta habrá humedad más alta y menos riesgo de helada.

• **Higrómetro:** da el grado de humedad del aire. Si ésta es alta a principios de la noche, es poco probable que se produzca una helada.

Monitoreo con sensores

Existe otra alternativa al uso de los termómetros de vidrio. En el mercado existen desde hace ya algún tiempo, estaciones electrónicas con sensores a tal fin, los que monitorean en forma automática las condiciones ambientales, proporcionando valores de humedad relativa, temperaturas máximas y mínimas, etc.

El instrumental electrónico tiene la ventaja de no romperse tan fácilmente y realiza las mediciones en forma automática durante todo el año, con la posibilidad de almacenar y analizar dichos datos en una computadora personal, a través de programas específicos que el mismo fabricante provee. Antes de adquirirlos, se aconseja asesorarse bien, a los efectos de obtener el mayor provecho a la inversión, en función de las necesidades reales.

Entre estos tenemos:

- 1 - Unidades de medición de temperatura y humedad relativa.
- 2 - Termómetros remotos y estaciones meteorológicas digitales con control remoto.

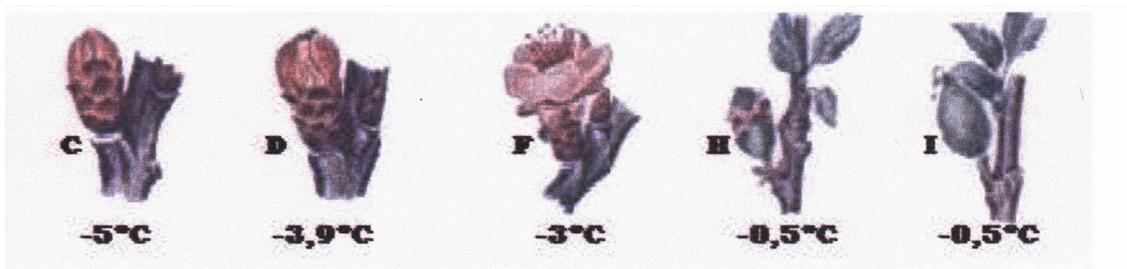
Entre los accesorios electrónicos existen los termómetros de contacto, los cuales, al llegar a la temperatura peligrosa, establecen un contacto eléctrico, que hace funcionar el timbre o sirena de alarma.

Con los datos obtenidos de los termómetros, se ingresa en tablas o programas de cálculo específicos para cada localidad, con los que se determina la temperatura mínima probable. El instrumental, ya sea del tipo de los de vidrio como los electrónicos viene con un manual de operación para cada caso. Con la interpretación de los datos obtenidos de los aparatos de medición y considerando: a) la temperatura crítica de la especie y variedad a proteger; b) el pronóstico de las temperaturas mínimas que se producirán; c) la velocidad en que se va produciendo la disminución de la temperatura y d) el tiempo necesario para poner en operación el método de defensa en su conjunto; el productor determinará el **momento de inicio de las operaciones** para el método de lucha activa que esté aplicando.

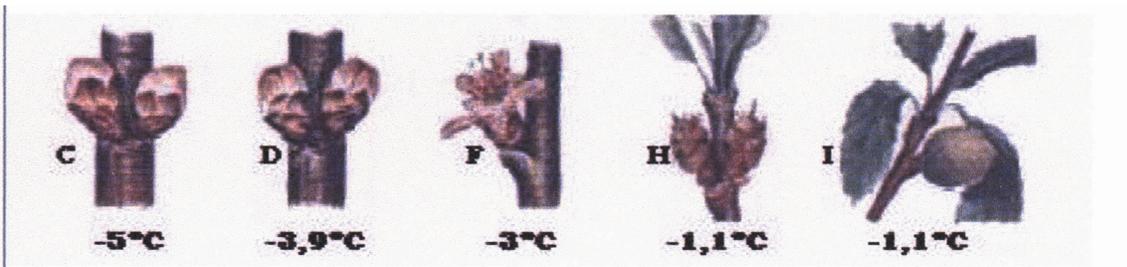
Estados fenológicos y temperaturas críticas

Correlación de los Estados Fenológicos y sus Temperaturas Críticas

Damascos



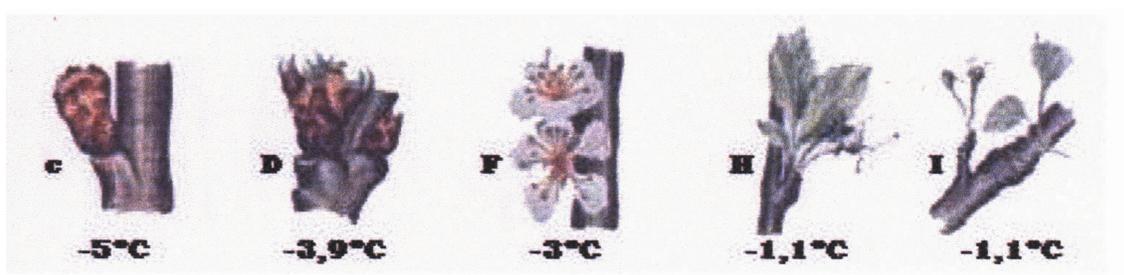
Duraznos



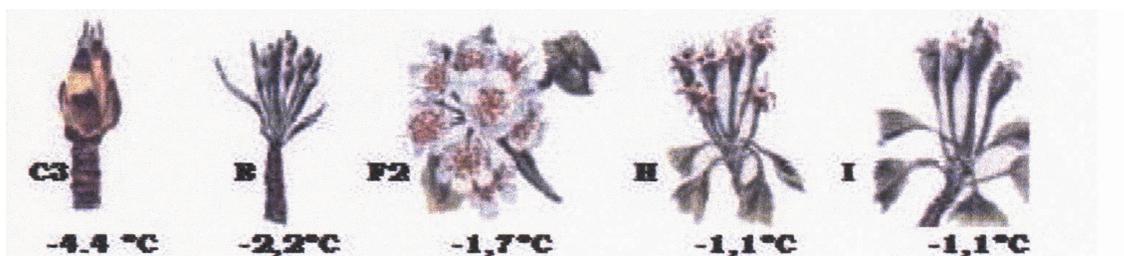
Cerezos



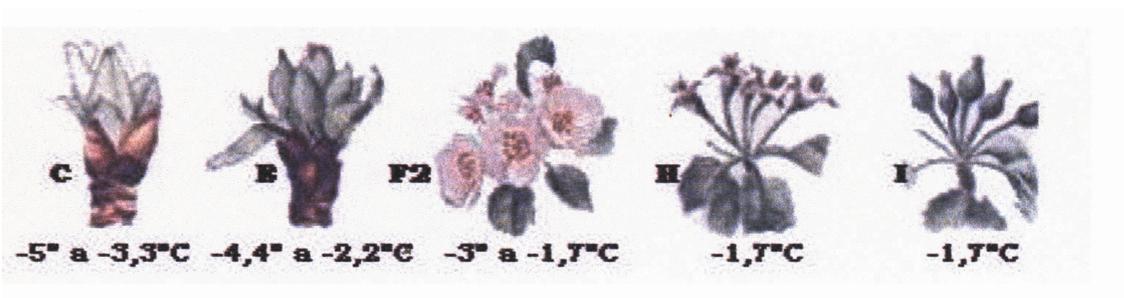
Ciruelos



Perales



Manzanos



Temperaturas críticas a las que se produce daño por heladas en diversos cultivos de Mendoza

(Servicio Agrometeorológico de la Dirección de Agricultura y Prevención de Contingencias Tunuyán - Mendoza)

ESPECIE	ESTADO FENOLÓGICO				
	Receso invernal	Yemas cerradas mostrando color	Plena floración	Pequeños frutos verdes	Fruto de 2 cm.
Vid	-17.0	-1.1	-0.6	-0.6	
Duraznero	-26.1	-3.9	-2.8	-1.1	-3.0
Cerezo	-28.9	-2.8	-2.2	-1.1	-3.0
Peral	-28.9	-3.9	-2.2	-1.1	-4.0
Ciruelo	-34.4	-3.4	-2.2	-1.1	-2.0
Manzano	-34.4	-3.9	-2.2	-1.7	-4.0
Almendro		-3.3	-2.7	-1.1	-1.1
Damasco		-3.8	-2.2	-0.5	-0.5
Nogal		-1.0	-0.5		
Olivo			-0.5		

Las yemas: el caso particular de la vid como cultivo principal de la región

La yema, en el caso particular de la vid, es compuesta: yema primaria, secundaria y terciaria. La yema primaria es la frutal, la más sensible al frío y al daño por heladas. Las yemas secundarias y terciarias son capaces de soportar temperaturas más bajas que la primaria. En algunas variedades la primera yema puede morir por helada y producir algo desde la yema secundaria; pero la mayoría de las variedades sólo producen flores de la primera yema.

Una vez producida la helada, según su intensidad y duración, aparecen síntomas tales como:

- Los tejidos nuevos y yemas se ven laxos y posteriormente se secan tomando color marrón y una apariencia de chamuscada.
- Las hojas adultas se secan o se tornan amarillas.
- Las flores aún cerradas muestran su punta amarillenta
- La corteza de sarmientos afectados se resquebrajan, abriéndose y mostrando la madera.

La vid:

Descripción de temperaturas críticas según el estado fenológico o de crecimiento

Yemas

yema: -17°C

yema inchada: 6 a -12 °C

yema algodón: -3.8 a -8.9 °C

Hojas

primera hoja: -1.9 a -6.1 °C

segunda hoja: -2.2 a -5.6 °C

tercer hoja – inicio de floración: -1.1 °C

Desde separación de racimos florales a pequeños frutos verdes: -0.6 °C

Índice de peligrosidad de heladas tardías para frutales en los oasis productivos de Mendoza

Las heladas y el granizo son las contingencias climáticas más relevantes que limitan la posibilidad de producción en los cultivos.

Según datos de los últimos censos, Mendoza posee cerca de 212.000 hectáreas cultivadas totales, de las cuales 67.000 hectáreas se encuentran implantadas con frutales.

De acuerdo con las estadísticas de Emergencia Agropecuaria de la DAPC, las heladas tardías afectan en promedio 9.260 hectáreas de frutales por año, produciendo grandes perjuicios económicos para la provincia; por las pérdidas de producción y por la enorme erogación de divisas que representa hacer la defensa contra las mismas.

La mayor parte de dichas heladas primaverales pueden ser mitigadas mediante defensa pasivas y/o activas, pero se producen con menor frecuencia heladas de mayor magnitud que por su intensidad o duración, son económica y tecnológicamente imposibles, por el momento, de combatir.

Con el objeto de desarrollar una agricultura sustentable, es necesario eficientizar el manejo de los recursos y la protección del medio ambiente, en consecuencia es cada vez mayor el desafío de conocer en profundidad las variables que intervienen en los procesos productivos.

El conocimiento de las condiciones agroclimáticas de nuestra provincia y los requerimientos de cada cultivo, permitirá implantar montes frutales en las zonas más aptas, por ejemplo donde la peligrosidad de heladas sea aceptable, evitando o disminuyendo la cantidad de defensas activas con los beneficios que ello implica.

En el trabajo se plantearon los siguientes objetivos principales:

- Determinar un índice que manifieste la peligrosidad de las heladas tardías a nivel mesoclimático para las principales especies y variedades frutales cultivadas en la provincia de Mendoza.
- Representar la peligrosidad de las heladas en mapas para facilitar la interpretación.

Los materiales y metodología utilizada consistieron en vincular los datos fenológicos de las principales especies frutales cultivadas en la provincia, con los datos climáticos de frecuencia de heladas de diversas zonas en base a las temperaturas críticas que pueden afectar a cada subfase de la floración. (ver gráfico)

Los datos fenológicos fueron obtenidos de las observaciones realizadas a campo, en conjunto entre la Dirección de Agricultura y Prevención de Contingencias (DAPC) y el Instituto de Desarrollo Rural (IDR) desde el año 1998.

Con los datos de 32 estaciones agrometeorológicas que forman parte de la red perteneciente a la DAPC y las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se obtuvieron las frecuencias de heladas anuales menores o iguales a la temperatura crítica que afecta cada subperíodo.

La peligrosidad de una zona está dada por la probabilidad de que ocurran heladas que afecten a una o más subfases de la floración. En los meses cercanos al invierno aumentan las probabilidades de ocurrencia de heladas y que éstas sean de mayor intensidad. Pero no sólo depende de las características de la zona, sino también de las características intrínsecas del frutal. Por ello, en la medida en que una especie o variedad sea más precoz o se anticipe en la floración el riesgo aumenta.

También es importante el largo de duración de cada subfase y el largo total del ciclo de la floración. Cuando las subfases son más largas y principalmente cuando se alargan aquellas más sensibles, el riesgo aumenta considerablemente.

El índice de peligrosidad de heladas está representado matemáticamente a través de una media ponderada de las frecuencias anuales, afectadas por la duración de cada subperíodo y expresado en porcentaje en función de la frecuencia ponderada potencial máxima calculada, que podría ocurrir para cada frutal en una zona determinada.

Los resultados más importantes obtenidos son:

Las fechas medias y duración de cada subfase de la floración para cada especie y variedad en los 3 Oasis productivos de la Provincia de Mendoza.

El Índice de Peligrosidad de Heladas Tardías para cada especie y/o variedad en las distintas zonas.

Los mapas que representan la peligrosidad de las heladas tardías a nivel provincial y a escala de Oasis productivo.

Gráfico n°1: Subfases de la floración, Duraznero, variedad Bowen, Agua Amarga. Oasis Centro. Año 2.000

