

CONTROL DE HELADAS EN

Durante el invierno de 2007, intensas y prolongadas heladas destruyeron buena parte de la producción de hortalizas y frutas subtropicales cultivadas en la zona centro-norte de Chile. Existen métodos que pueden incrementar la temperatura del aire o las plantas, evitando así efectos de congelamiento de las mismas.

Leoncio Martínez B.
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
lmartinez@inia.cl

Antonio Ibacache G.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Leonardo Rojas P.
Ingeniero Agrónomo

INIA Intihuasi

En el sector rural, cuando por la noche la temperatura del aire baja más allá de los 0°C se dice "va a caer una helada", que podría dañar los cultivos o "quemarlos". El grado de daño depende de la intensidad de las bajas temperaturas, pues no es lo mismo una temperatura mínima de -1°C o de -4°C. También influye el tiempo de duración de temperaturas inferiores a 0°C. Si la helada se prolonga por varias horas, el daño es más intenso que si sólo dura una hora o menos.

Durante el invierno 2007 el período de bajas temperaturas que se produjo en gran parte de la zona centro-norte del país provocó serios daños económicos al sector agrícola, comprometiendo gravemente la producción de hortalizas de hojas y frutos, papas y especies frutales subtropicales, como papayos, chirimoyos, limoneros y paltos.

Existen dos tipos de métodos para mitigar el daño económico en los cultivos: los pasivos y los activos.

Los **métodos pasivos o preventivos** son aquellos que cuya finalidad es evitar el daño por heladas sin la necesidad de aplicar energía extra al sistema. Entre éstos se destaca la selección de lugares de cultivo con pocas probabilidades de ocurrencia de bajas temperaturas, como son los suelos que se ubican en posición de ladera; facilitar el drenaje de aire frío hacia zonas de posición más baja (figura 1) eliminando vegetación como cercos vivos, hileras de árboles; cultivar especies menos susceptibles a daños por heladas; manejar la humedad del suelo para facilitar el transporte de calor, y utilizar cobertores es-

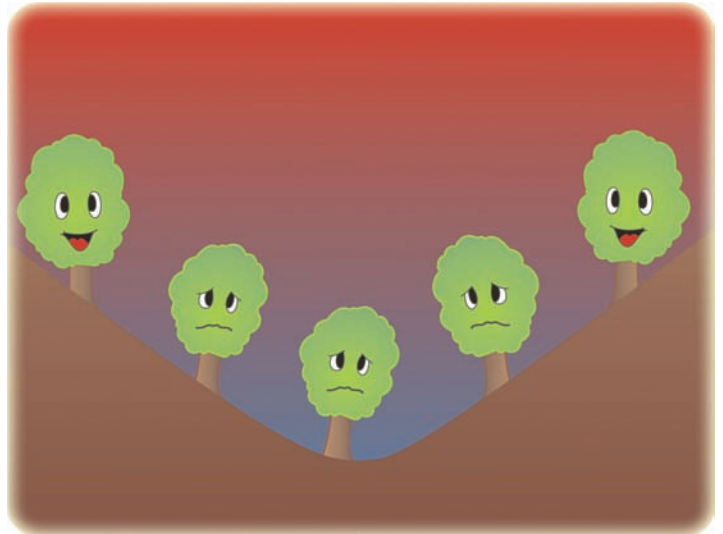


Figura 1. El aire frío se acumula en las zonas bajas.

peciales para disminuir la pérdida de calor hacia el espacio exterior.

En general los agricultores adoptan este tipo de medidas, lo que contribuye a minimizar el daño por heladas en tiempos normales. Pero cuando la magnitud del fenómeno es extraordinaria, es necesario usar los métodos activos.

Métodos activos

Los **métodos activos** se caracterizan porque aplican energía para contrarrestar la pérdida natural de calor desde la superficie del suelo. Los más usados son los siguientes:

1. Calefactores

Durante una helada el suelo pierde energía a razón de 50 a 90 J/m² (joule/m²). Una forma de compensar la pérdida de calor es quemando algún material en forma controlada a toda la superficie. Los calefactores pueden ser de dos tipos: fijos o móviles.

Los **calefactores fijos** consisten en quemadores tipo mecheros que utilizan combustible, de preferencia petróleo (figura 2). Una parte del calor originado por el mechero genera torbellinos que distribuyen el calor por convección, y otra parte asciende a niveles superiores de la atmósfera y se pierde. Las plantas en contacto directo con el mechero también reciben calor por radiación. Este aspecto es importante al momento de ubicar los calefactores dentro del huerto, de manera que gran parte de las plantas quede en contacto directo con ellos.

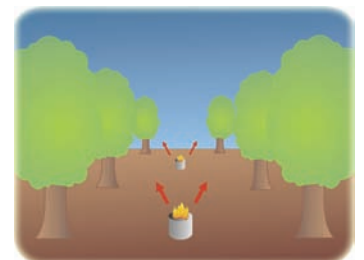


Figura 2. Mecheros utilizados en el control de heladas.

LA AGRICULTURA (I PARTE)

En una hectárea se necesitan entre 100 a 125 calefactores, con una quema de combustible de 2,5 a 3 litros por hora de petróleo por mechero. Estimando 125 quemadores por hectárea, con un consumo de 2,5 l de petróleo por hora, el combustible requerido es de 312,5 l/h/ha. Dado que las heladas que producen mayor daño en la zona centro norte tienen una duración de 6 a 8 horas, y asumiendo un precio del diesel cercano a \$500 por litro, el costo directo en combustible por hectárea en 8 horas es de \$1.250.000/ha/noche.

Al utilizar este método de control se debe disponer de la infraestructura necesaria para manipular combustibles en volúmenes significativos, y el personal suficiente para encender los calefactores cuando la temperatura esté cercana a 0°C y recargar el combustible a medida que éste se consuma.

La utilización de mecheros es contaminante, debido a que en condiciones de heladas por radiación no hay viento; por lo tanto, el humo tiende a permanecer en el lugar afectado o en los alrededores por varias horas.

Los **calefactores móviles** son unidades de arrastre conectadas a un tractor. Poseen quemadores de gas licuado en balones de 45 kg (figura 3). Para distribuir el calor, la unidad debe permanecer en movimiento durante la helada. El consumo de combustible es de aproximadamente 35 kg por hora de gas licuado. La superficie que se puede proteger depende de la velocidad de trabajo del tractor y la duración del calentamiento (15 a 30 minutos). Con una velocidad de 10 km por hora y una frecuencia de pasada de 30 minutos por

el mismo punto, un equipo es capaz de proteger entre 3 y 5 ha. En un trabajo continuo de 8 horas se requieren 6 balones de gas de 45 kg, con un costo aproximado de \$238.000. Si la superficie a proteger es de 5 ha, el costo unitario en combustible es \$47.600/ha. Para determinar el costo total se debe adicionar el valor del calefactor y los asociados al uso del tractor.



Figura 3. Calefactor móvil.

2. Ventiladores y helicópteros

Los grandes ventiladores, así como los helicópteros, mezclan el aire de mayor temperatura que se encuentra a una altura de entre 10 y 20 metros sobre el suelo con el aire frío que está sobre la superficie de este último. Con ello se consigue elevar la temperatura del aire en contacto con el cultivo uno o dos grados, lo que puede ser suficiente para evitar daño por heladas.

Los **ventiladores de eje horizontal** son en torres de acero de entre 10 y 12 m de altura, con una hélice

de 3 a 6 m de diámetro (figura 4). La hélice gira a 600 rpm. El eje de la hélice se encuentra horizontalmente, pero levemente inclinada para facilitar el flujo de aire "tibio" hacia la superficie del suelo. La hélice rota en torno a la base de la torre dando una vuelta cada 4 o 5 minutos para proteger toda la zona que rodea al ventilador. Una torre de viento cubre

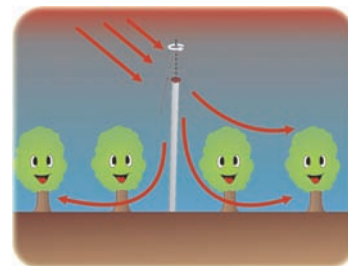


Figura 4. Uso de ventiladores para el control de heladas.

sisten en un ventilador con dos aspas de 2,2 m de diámetro, localizado cerca de la superficie del suelo, que selectivamente impulsa el aire frío hasta una altura aproximada de 100 m sin alterar la inversión térmica lo que es más eficiente desde el punto de vista de uso de energía.

Dependiendo de las características del terreno, una unidad puede proteger entre 5 y 12 ha. El requerimiento de potencia de la unidad es entre 20 y 50 kilowatt, dependiendo de las características del predio como topografía, densidad de plantación, presencia de malezas, etc. Al utilizar motores diesel, el consumo de combustible es de 12 l/ha/h.

Los **helicópteros** actúan como un gran ventilador y calefactor móvil (figura 6). El efecto combinado de mover aire tibio ubicado entre 15 y 20 m de altura, y aire caliente

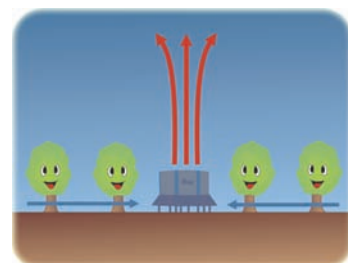


Figura 5. Uso de ventiladores de eje vertical, sistema SIS.

entre 4 y 5 ha, aproximadamente. Para la rotación de las hélices se requieren motores de preferencia eléctricos de 75 kilowatt, pero también se pueden hacer funcionar con gas licuado y petróleo. Si el valor del kilowatt es de \$50, el costo directo en energía eléctrica es \$3.750 por hora. Importante es considerar la tarifa eléctrica contratada, en las que se debe cancelar por potencia, independientemente de si se utiliza o no.

Los **ventiladores de eje vertical** o Sistema SIS (sumideros invertidos selectivos) fueron desarrollados en los años 90 por Rafael Guarga en Uruguay (figura 5). Con-

de 600°C que sale de la turbina del aparato, contribuye a un aumento de la temperatura del aire en la zona foliar.

Debido a la escasez de helicópteros para realizar control de heladas y a los elevados costos operacionales, este método sólo se justifica en cultivos de alta rentabilidad. El valor del servicio es superior a \$500.000/ha/temporada, considerando una superficie mínima de 40 ha. En los parronales del valle de Copiapó, Región de Atacama, es frecuente observar helicópteros en el control de heladas de primavera.

El rendimiento en superficie que puede cubrir un helicóptero depende de la velocidad, de la separación entre pasadas y de la frecuencia de paso sobre el mismo punto para evitar que la tempera-

Debido a la escasez de helicópteros para realizar control de heladas y a los elevados costos operacionales, este método sólo se justifica en cultivos de alta rentabilidad.

tura baje a niveles que pueda provocar daños al cultivo.

Asumiendo que la nave debe pasar por el mismo punto cada 15 a 20 minutos, un valor de referencia es entre 20 a 40 ha de protección. La altura de vuelo debe ser menor

a 15 m, por lo cual se requiere adoptar medidas de seguridad extremas para el piloto y el personal de apoyo en tierra.

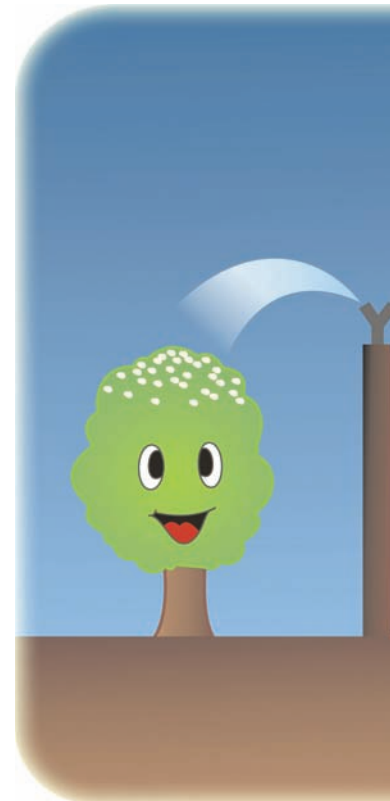
3. Aspersores

Los aspersores para mojar bajo y sobre el follaje han sido utilizados por muchos años para el control de heladas. La protección al cultivo se basa en la liberación de calor del agua al pasar de estado líquido a sólido (calor latente).

En el campo, la temperatura del agua almacenada en acumuladores es del orden de 10°C. La idea central es que el agua depositada en las hojas se congele. En este escenario, el descenso de temperatura del agua desde 10°C a 0°C libera 41,8 J/g más 334 J/g por congelamiento. Este calor puede experimentar tres vías: pérdida por radiación, pérdida por evaporación del agua o ser transferido a las hojas.

En condiciones de bajo viento y tasas de aplicación de agua al mismo ritmo que ésta se congela sobre las hojas, la mayor parte de la energía se transfiere en forma de calor latente, que ayuda a evitar el daño por bajas temperaturas al interior de las células.

Tiene la ventaja de que el consumo de energía es bastante más bajo que el requerido para calefactores y grandes ventiladores (figura 7). La desventaja es que debe diseñarse un sistema de riego especial para el control de heladas, lo que puede significar un alto costo de inversión. Adicional-



El uso de aspersores tiene la ventaja de que el consumo de energía es bastante más bajo que el requerido para calefactores y grandes ventiladores. La desventaja es que debe diseñarse un sistema de riego especial, lo que puede significar un alto costo de inversión.

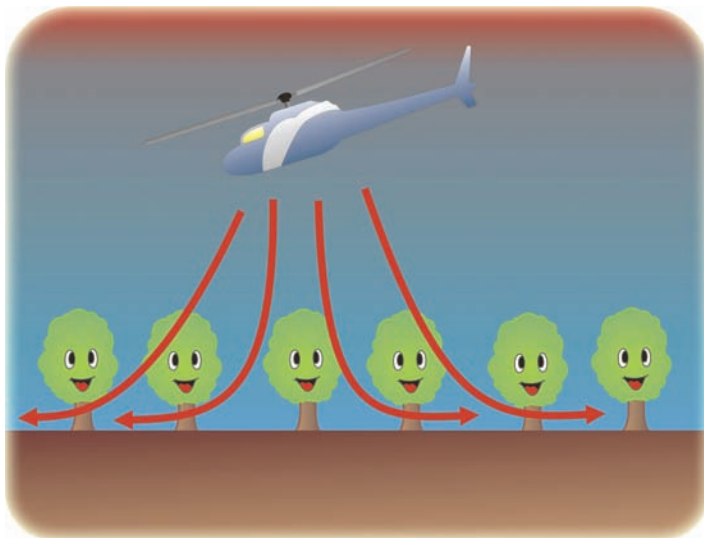


Figura 6. Uso de helicópteros en el control de heladas.



Figura 7. Uso de aspersores para el control de heladas.

mente, el agua disponible debe ser suficiente para regar en forma simultánea toda la superficie a proteger.

Es necesario disponer de mano de obra para asegurar el buen funcionamiento del equipo durante la helada y que los aspersores funcionen en forma normal, ya que la acumulación de hielo en ellos puede impedir la rotación. Los aspersores requeridos para el control de heladas son de baja intensidad de precipitación, alrededor de 2,5 mm/h, y una velocidad de giro de una vuelta cada 30 segundos. En sistemas de riego por as-

persión tradicionales, la intensidad de precipitación es de 10 mm/h. En heladas con viento, la intensidad de precipitación debe aumentar en función de la velocidad del viento, para compensar la pérdida de calor que se produce por evaporación.

El uso de fuego y humo

En relación al uso de fogatas y generación de humo para el control de heladas, es necesario tener algunas consideraciones.

Respecto de las **fogatas**, el calor adicionado al medio no es eficien-

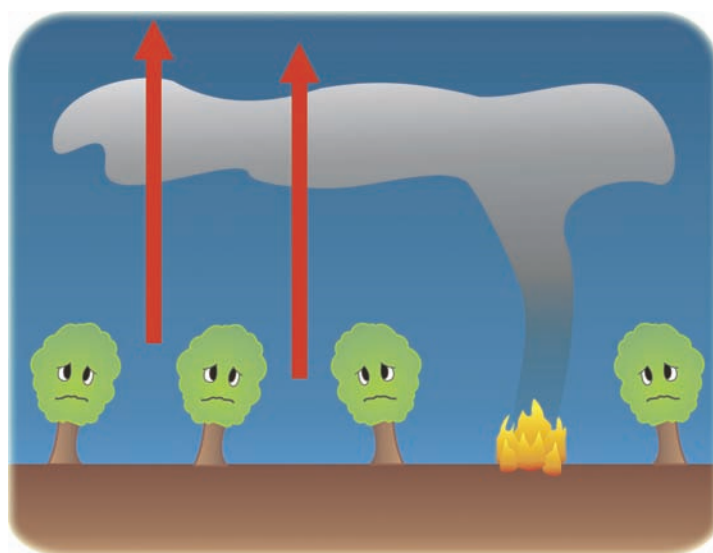


Figura 8. El humo es transparente al paso de calor desde el suelo y no protege contra la helada.

te. El fuego calienta el aire a temperaturas entre 600° y 1.000°C. El aire caliente asciende rápidamente, hasta alcanzar alturas en las que gran parte del calor se pierde definitivamente. Las fogatas producen torbellinos en un radio de influencia no superior a 20 metros y el área calefaccionada por radiación no es importante en una superficie bajo cultivo. El uso de fogatas tiene un efecto limitado en el control de heladas.

Por su parte, el **humo** producto de la quema de neumáticos, madera o maleza, no tiene efectividad en el control de las heladas (figura 8). El humo puede concentrarse en los estratos bajos de la atmósfera y contiene partículas en suspensión de menos de un milímetro

de diámetro, impidiendo parcialmente el paso de la luz. Sin embargo, no impide que el calor se pierda por radiación del suelo, pero, a la salida del sol, sí impide el paso de calor hacia el suelo, prolongando por algún tiempo el efecto de la helada. El uso de humo no debe ser utilizado para el control de heladas, pues su efecto es nulo. **Ta**

El uso de humo no debe ser utilizado para el control de heladas, pues su efecto es nulo.