

MITIGACIÓN Y CONTROL DE HELADAS EN CITRICOS Y FRUTALES CON PULSADOR Y MICROASPERSON

CARLOS ALBERTO ARENES ALCOVER
técnico especialista administración y gestión
empresas agrícolas
TEL+34 629632886
carlos@controlheladas.com
www.controlheladas.com

El agua convertida en hielo protege

- **Aplicar agua** es un método comprobado de control de heladas.
- La cantidad de agua necesaria para un efectivo control es por el momento desconocida.
- **La aspersión tradicional exige cantidades muy altas de agua**, razón por la cual se convierte en un método de alto costo, alta demanda de agua y de potencia .
- Lo anterior ha limitado la ejecución de proyectos de control con aspersión

LA LITERATURA AFIRMA QUE ES NECESARIO UNA APLICACIÓN DE 3,50 MM/HORA PARA CONTROLAR - 4° C

- Esta cifra, traducida a caudal continuo, **significa 35 metros cúbicos/ hora /ha ó un equivalente de 10 litros/seg/há.**
- 1,0 mm de aplicación es equivalente a 2,78 lts/seg/ha
- Para el control efectivo se debe aplicar agua en forma constante -durante todo el evento de la helada- a toda el área que se desea controlar.
- **Estos valores hacen realmente impracticable** la implementación de este método en nuestros huertos.

Valores tradicionales

- 5 hectáreas requerirían caudales continuos de 50 lts/ seg. o disponer de 1.750 metros cúbicos de acumulación en tranques para 10 horas de control, y disponer a continuación de caudales de reposición.
- También exige diámetros de tuberías de grandes dimensiones, filtros, equipos de bombeo y potencia eléctrica.
- Esa es fundamentalmente la razón por la cual este método no está presente en nuestros predios

Origen de esos valores

- El origen de ese valor de 3,5 mm/hora proviene de una **ecuación de equilibrio térmico** entre la cantidad de calor perdida en una noche de helada por radiación y la cantidad de calor aportada al medio por el calor latente del agua que cambia de estado de líquido a hielo.
- Este modelo de interpretación del fenómeno de control es errónea.



Origen de esos valores

- LA ECUACIÓN DE BALANCE TÉRMICO NO CONSIDERA:
 - Radiación inmediata del calor producido, hacia la atmósfera por sobre el nivel de los árboles.
 - Influencia de la convección o efecto de corrientes de aire imperceptibles para el ser humano.
 - Balance térmico a nivel del elemento que deseamos proteger.
 - Interrelación entre la masa vegetal que intercepta el calor producido y el medio que la rodea.
 - Aporte del calor de agua contenida en las primeras capas del suelo.
 - Aporte del calor del agua por conducción (contacto) antes de producirse la helada.
 - Temperatura, características físicas (emisividad) de los elementos que se desean controlar.

Si la ecuación de balance térmico interpretara el fenómeno que ocurre en la realidad bastaría sólo aplicar agua en forma subarbórea para proteger. Esa práctica ayuda al control pero no es totalmente efectiva, y es a consecuencia de esa limitante que se recomienda aplicar agua y convertirla en hielo por sobre el elemento que se intenta proteger. Si el elemento (hoja, brote, tallo, flor, fruto) no se rodea por una capa de hielo, este se daña, a pesar de aplicar agua al suelo y a la hoja vecina (observaciones en terreno)

Una buena noticia

¡Se puede aplicar menos agua!

- 15 años atrás: con la **aparición de los microaspersores** fue posible en un primer intento disminuir la cantidad de agua a aplicar.
- Entendiendo que las densidades de plantación de los cítricos varían en rangos de 400 a 800 plantas /há, **instalamos un microaspersor de 40 litros/hora en cada árbol.**
 - Ese microaspersor tiene un radio de alcance de 3,0 metros y demanda caudales de 1,6 a 3,2 mm/hora. Funciona bien pero también es altamente exigente en caudales, a pesar que estos disminuyen de 10 lts/seg/ha a 7 y 5 lts/seg/há.
 - Actualmente es posible evaluar y desarrollar proyectos con ese nivel de aplicación, pero también son de alto costo y exigencias de altos caudales instantáneos.



Una buena noticia

¡Se puede aplicar menos agua!

En la búsqueda de elementos que nos permitieran aplicar menos agua y en un principio aplicado sobre el control de heladas en viñas **dimos con un dispositivo inventado no hace mas de 15 años conocido por pulsador**, lo que nos permite hacer una oferta técnica y económica conveniente a los productores de frutas y hortalizas.



El Pulsador – una Novedad

EL PULSADOR ES UN DISPOSITIVO QUE PERMITE APLICAR UNA REDUCIDA CANTIDAD DE AGUA, EN FORMA INTERMITENTE, CONVIRTIENDO UN CAUDAL CONTINUO BAJO EN UN CAUDAL INSTANTANEO MUY ALTO.

- El pulsador asociado con un gotero autocompensado y una cabeza de giratoria se convierte en un **microaspersor de bajo caudal y de alto alcance**.
- Este conjunto de elementos **se instala sobre la copa de los árboles**, logrando mojar la canopia con caudales de 8, 12, 16, 20 y 25 litros por hora/ árbol

Bajo caudal-gran alcance

- El caudal de los goteros es transformado por el pulsador en un alto caudal instantáneo, alcanzando diámetros de mojado de 9.5 metros.
- No es posible lograr este rendimiento con un microaspersor normal.
- Para plantaciones de 500 árboles /ha, el caudal de consumo con un gotero de 20 lts/hora es de 10.000 lts/hora/ha o 1 mm/hora.
- Esta cantidad es muy baja y nos permite utilizar los sistemas de riego tecnificado existentes ya sea goteo o micro aspersion en su totalidad.
- El bajo caudal se traduce en un bajo costo de infraestructura, bajo costo de instalación y bajo costo de operación.
- Máximo aprovechamiento del sistema de riego existente

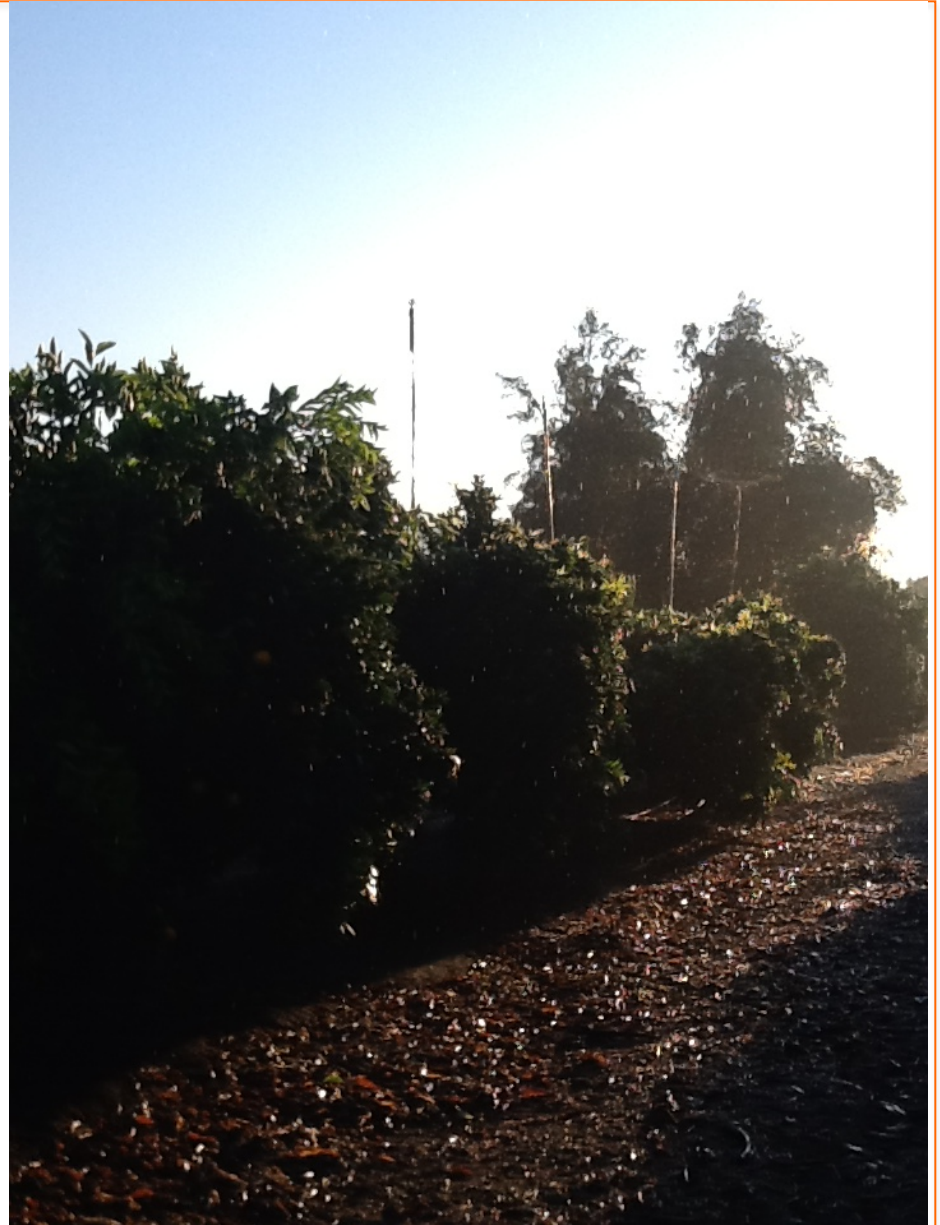
Bajo caudal y control efectivo

- Debido a que esta baja aplicación de agua a funcionado bien en Uva vinífera, Cerezos, Kiwis, Uva de Mesa , aguacates y cítricos .
- ¿Cuál es el fenómeno real que ocurre cuando se aplica agua sobre un elemento expuesto a temperaturas bajo cero?
 - ¿Porqué controla a pesar que la cantidad de agua es muy baja?
- Son varios los eventos que se producen cuando se aplica agua sobre un árbol, que se encuentra a una temperatura de 15 a 18 C . En un principio el elemento que queremos proteger recibe calor por «conducción» (contacto) con el agua. A este evento lo denominamos primer nivel de protección.
- Una vez alcanzada la temperatura de congelación se inicia la formación de hielo sobre las hojas, tallos, frutos y envolviendo o cubriendo parcialmente los elementos humedecidos o con agua en su superficie.

El Efecto Iglú- Segundo nivel de protección

- Es en este momento que se inicia la segunda etapa de protección y que haciendo la analogía con el mundo esquimal lo definimos como **EFEECTO IGLÚ**.
- **El hielo actúa como una capa protectora aislante de excelente comportamiento**, evitando la pérdida de calor por radiación y convección.
- Esta capa aislante es un abrigo para la planta. En forma simultánea con la formación de hielo se produce el aporte del calor latente del agua al cambiar de estado líquido a sólido y que alcanza a 80 calorías /gramo (*Es una cantidad enorme de calor que se entrega en forma parcial a la planta por conducción y mayoritariamente se pierde en la atmósfera por radiación*)
- Con la capa aislante formada el fenómeno de pérdida de calor descrito en las ecuaciones de Stefan-Boltzmann se suscribe sólo al entorno del elemento que queremos proteger, la capa aislante de hielo y por último la temperatura exterior en la capa de hielo.
- *Nota: Las ecuaciones de Stefan- Boltzmann explican la pérdida de calor de un cuerpo de una cierta emisividad expuesto en el vacío a una bóveda cerrada de diferente temperatura.*





Calor Latente- Tercer y último nivel de protección

- Una vez producida la capa aislante y ante la permanente aplicación de agua que se convierte en hielo, liberando el calor latente, estimamos que **la cubierta exterior de la capa de hielo se mantiene en temperaturas cercanas a 0° C**, evitando que el hielo disminuya su temperatura la cual puede llegar al cero absoluto.
- Como la capa exterior de hielo se encuentra bajo constante recepción de calor por conducción, el elemento que se encuentra bajo esa delgada capa de hielo que actúa como aislante queda protegida, estimándose que alcanza niveles cercanos a 0°C .

Calor Latente- Tercer y último nivel de protección

- La cantidad de agua que es interceptada por la planta es la que realmente mantiene una temperatura cercana a 0°C .
- Esta cantidad es función de un coeficiente de intercepción que en árboles de alto follaje puede alcanzar un 30% ó 40% del total del agua.
- Eso significa que **el agua útil en el control es muy baja** y en situaciones extremas como uva vinífera sin follaje puede llegar a ser inferior al 10% del agua aplicada.
- Este otro fenómeno de la intercepción acrecienta aún más las dudas sobre la forma que controla el agua la disminución de la temperatura.



La utilización del sistema de riego existente

- Este sistema requiere **utilizar la totalidad del equipo de riego tecnificado existente**. En esto se sustenta su bajo costo.
- Si el huerto no cuenta con este tipo de infraestructura este método no es aplicable y debe instalarse un sistema integral que incluya riego y control de heladas.

USO DEL EQUIPO DE RIEGO EXISTENTE, UTILIZACIÓN DE LAS SUBMATRICES:

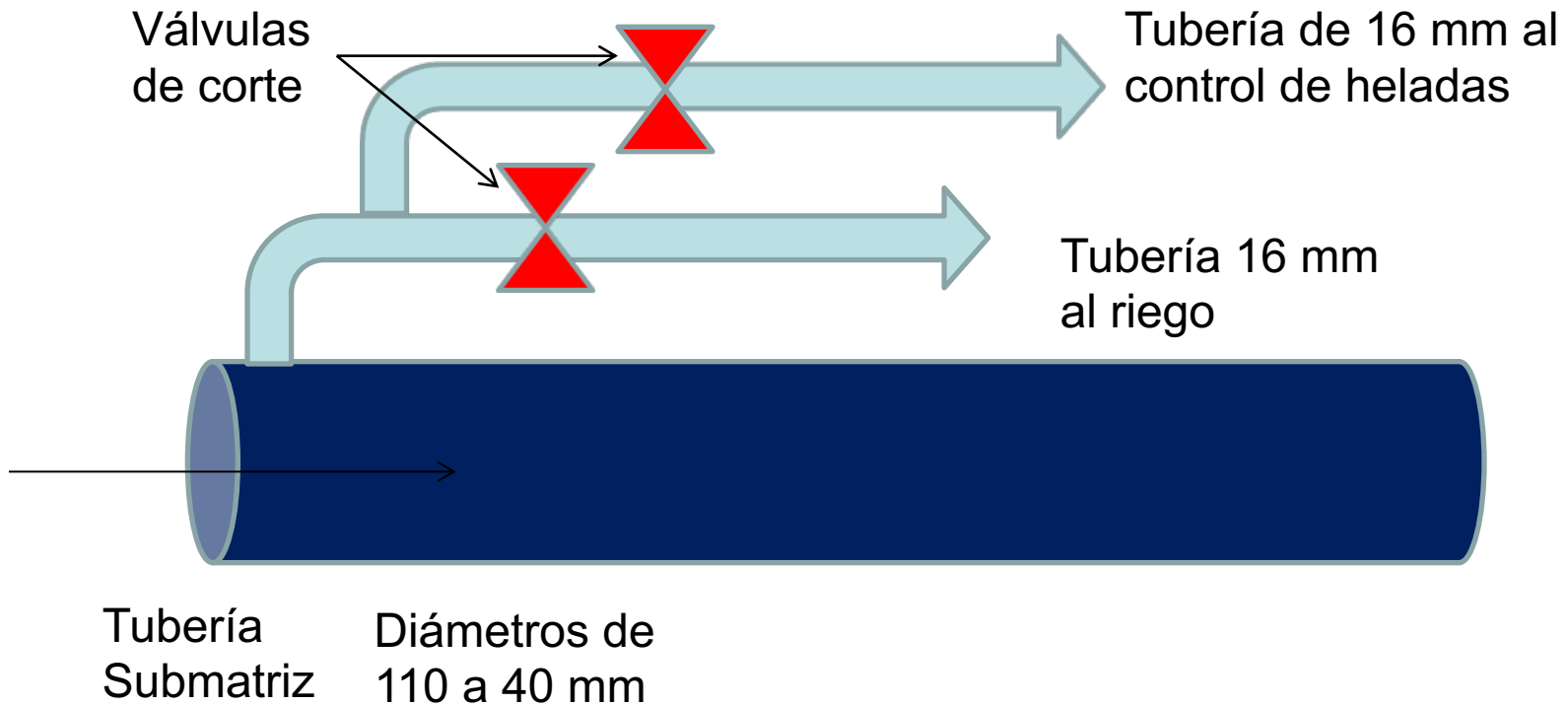
- En un sistema de riego definimos las tuberías submatrices como aquellas desde las cuales salen los chicotes con sus respectivas líneas de goteros o microaspersores.

La utilización del sistema de riego existente

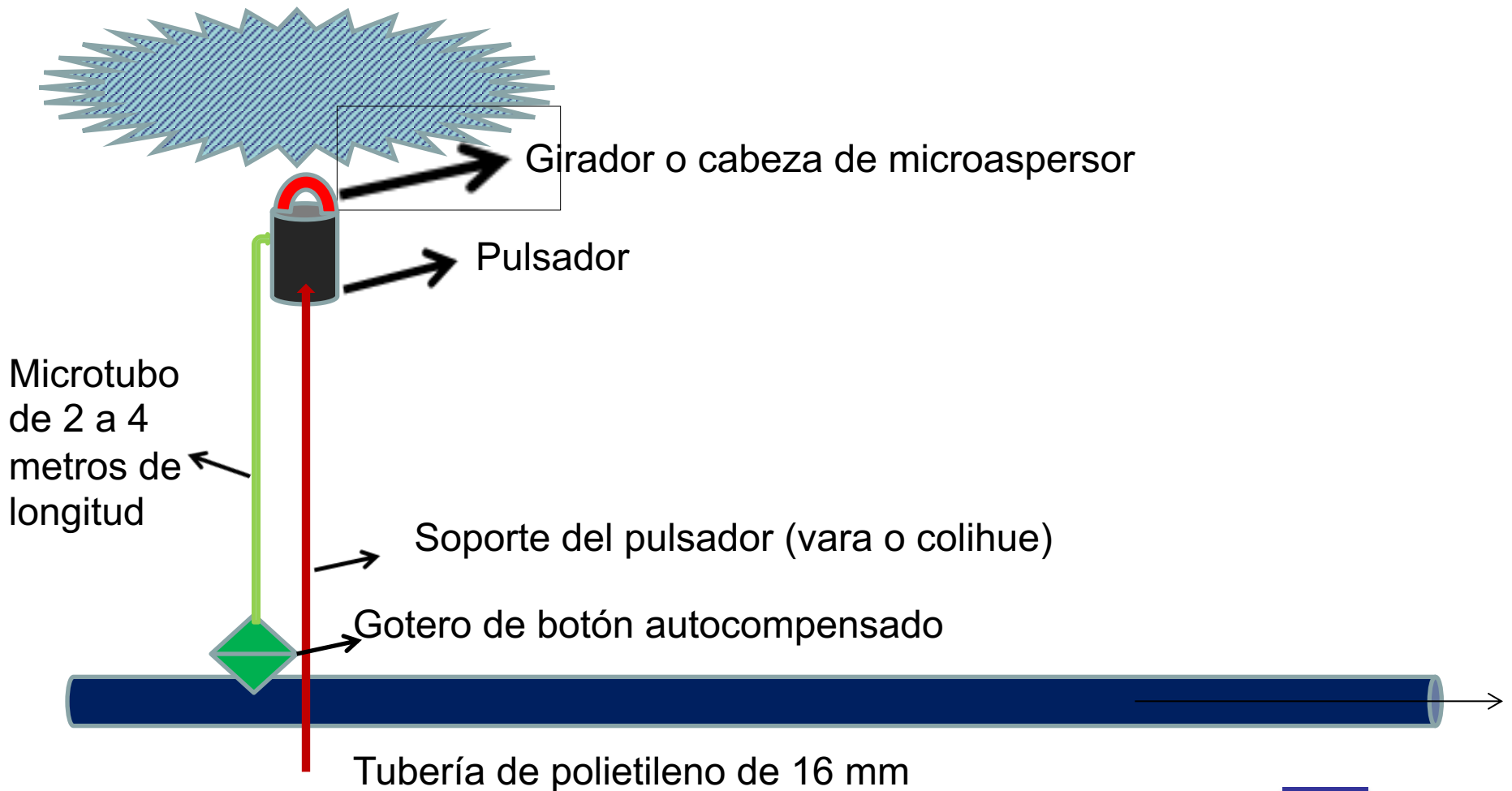
- Con este método el caudal que conduce la submatriz para abastecer los pulsadores es inferior al caudal que requiere para regar.
- Por tal razón es posible conectar una nueva línea o tubería de polietileno de 16 mm. a las submatrices existentes. Este se logra instalando dos válvulas en cada chicote, una que abastece el riego y la otra el control de heladas.
- El sistema operará alternativamente en uno u otro modo. El cambio de sistema es rápido y normalmente no se está regando cuando se requiere control.

Conexión a la submatriz

- En cada chicote se conectan válvulas y una nueva línea de riego



Conexión del pulsador a la tubería de polietileno



La capacidad de aplicación del equipo de riego

- Los sistemas de riego tecnificado, instalados en nuestro país y con el objeto de optimizar las instalaciones de tuberías, bombas y equipos están subdivididos en sectores.
- Un equipo de riego por goteo tiene normalmente una capacidad de aplicación instantánea de 1,3 a 1,6 mm/hora y está subdividido en tres bloques de riego.
- Esto significa que para una densidad de 500 árboles /há , si instalamos pulsadores de 12 lts/hora, tendremos 0.60 mm/hora y podremos regar la totalidad del área, **EN FORMA SIMULTANEA**, sin modificación o con baja intervención en el sistema de riego. ($0,60 \times 3 = 1,80$)
- Cada sistema de riego es analizado verificando la red de bombeo y conducción de agua. En muchas oportunidades lo que se desea controlar es solo parte del predio, existiendo capacidad de bombeo sin uso, facilitando la implementación del proyecto.

Costos de implementación

Distancia de plantación	Arboles /há	Pulsadores/ há	Costo/há	Costo/hg
6,0 x 4,0	416	416	3.328	277
6,0 x 3,0	555	555	4.440	370
5,5 x 4,0	454	454	3.632	302
5,5 x 3,0	606	606	4.848	404
5,0 x 4,0	500	500	4.000	333
5,0 x 3,0	666	333	2.664	222
4,5 x 3,0	740	370	2.960	247

*Valores No incluyen el IVA

*No incluyen mano de obra de montaje , tutores y tubería porta goteros.

*Valores incluyen la totalidad de los materiales: goteros, microtubo, pulsadores y giradores

Costos de Operación y Mantenimiento

COSTO DE OPERACIÓN

- Corresponde al consumo de energía de los equipos de bombeo por las horas que estén en funcionamiento.
- 10 metros cúbicos hora/ha por 0.15 euros el metro cúbico nos da un coste por hora / hectárea de 1.5 euros por 8 horas que dura la helada el coste seria de 12 euros dia/ha/helada .
- Este costo se puede ver incrementado si los equipos operan en horas punta.

Consumo de agua por evento y capacidad de almacenamiento de agua

- La energía para controlar la helada está almacenada en el agua, por lo tanto es necesario disponer de un caudal continuo equivalente al consumo o en su defecto construir un tranque de almacenamiento para guardar el agua.
- El consumo medio de un sistema de control de heladas es de 60 a 80 metros cúbicos /há /evento.
- Esto significa que un huerto de 10 hectáreas debe disponer, sin reposición alguna de a lo menos un almacenamiento de 4.000 metros cúbicos de agua para 5 o 6 eventos de heladas continuas de 10 horas cada una.

Inconvenientes de un sistema que aplica agua

- Aplicar agua presenta grandes ventajas en comparación con otros sistemas de control, sin embargo es necesario mencionar los inconvenientes.
 1. No podemos ASEGURAR un nivel de protección. Se debe entender estos sistemas como un seguro que otorgará un cierto nivel de protección, evitando caídas drásticas de producción, daños severos en los árboles y aumentando la producción en épocas de poca oferta al mercado. Tenemos reportes de control en aguacates con -4.5°C y en Uva vinífera con -7°C
 2. Requieren de mano de obra durante el control
 3. Pueden producir desganches a consecuencia del peso del hielo. Este fenómeno no se ha producido con bajas aplicaciones.
 4. Pueden fallar por error en el tiempo de partida y detención de los equipos.
 5. Los microaspersores son elementos delicados que están expuestos al vandalismo y daño durante el resto de la temporada agrícola

