

INFORME TECNICO Y DE GESTIÓN FINAL



EJECUTOR:

Nombre	UNIVERSIDAD DE CHILE
Giro	EDUCACION
Rut	
Representante	ENNIO VIVALDI

NOMBRE DEL PROYECTO: Mejoramiento de la eficiencia del control de heladas mediante un sistema de precalentamiento de agua

CODIGO: PYT 2015-0304

Nº INFORME: FINAL

PERIODO: desde Abril 2015 hasta Abril 2017

NOMBRE Y FIRMA COORDINADOR PROYECTO

Nombre	FERNANDO SANTIBÁÑEZ QUEZADA
Rut	
Firma	

I. RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto nace en la necesidad de contar con una tecnología simple, escalable y eficaz para el control de las heladas que han venido produciendo grandes pérdidas al agro nacional. Se busca disponer de un sistema que por sí sólo, o complementariamente a los sistemas de los que ya disponen los agricultores, elimine o reduzca las amenazas que provocan las heladas, especialmente las de origen polar que en los últimos años han adquirido especial peligrosidad por su intensidad y frecuencia. Especial énfasis se ha puesto en que el sistema funcione en base a energías renovables, que permitan utilizar recursos ya disponibles en los predios, así como no contribuir a aumentar la huella de carbono de los productos agrícolas. En su esencia, el sistema propone pre-calentar el agua usada en el control de las heladas, otorgándole una mayor capacidad para prevenir la congelación de los tejidos vegetales. Por su breve duración, el proyecto puso énfasis en el diseño y operación de un sistema pre-calentador de agua, el que se acopla al sistema normal de riego de modo de hacer llegar el agua a la superficie del suelo del huerto o directamente al follaje, con una temperatura igual o superior a los 18°C. Los resultados preliminares son alentadores, pues entregaron evidencias de que ya a los 18°C el sistema permitiría atenuar heladas de hasta -4°C, lo que permite suponer que con temperaturas más elevadas podría asegurarse el control hasta los -6°C. Pudimos probar que existe capacidad nacional para diseñar y construir estos artefactos, los cuales podrían estar dentro de rangos de costos que los ponen al alcance de agricultores de diferente tamaño. Adicionalmente, el proyecto permitió desarrollar tecnología para aplicar imagenología IR, en base a cámaras termales, para evaluar sistemas de control de heladas, esta es la primera experiencia en Chile que usa esta tecnología. A través de talleres y días de campo, se capacitó a unos 200 técnicos y agricultores. A parte de estas instancias formales, en el módulo experimental instalado en SOFRUCO, se recibió la visita de numerosas personas a quienes se les hicieron demostraciones del sistema.

II. TEXTO PRINCIPAL

1. Breve resumen

Las heladas vienen representando pérdidas que en años específicos alcanzan a varios cientos de millones de dólares en el agro. En síntesis el proyecto propone diseñar, construir y operar una precalentador de agua con capacidad para subir entre 5 y 10°C la temperatura del agua de riego mecanizado, asegurando una adecuada reducción de daño de las heladas en la agricultura. Se buscó movilizar tecnología nacional que permita el escalamiento y masificación del sistema. El sistema consiste en una unidad constituida de un intercambiador de calor, hecho con 36 tubos de caldera, por donde pasa el agua por 4 cámaras de combustión que pueden funcionar a biomasa o gas. El agua pre-calentada va al huerto a través de aspersores de superficie o de aspersores elevados, apelando a una entrega gradual y en pequeñas dosis de calor sobre la superficie del huerto o directamente sobre el follaje a proteger. Las experiencias mostraron que con esta metodología pueden prevenirse daños provocados por heladas de hasta -4°C y probablemente más intensas dependiendo de la temperatura de salida del agua en el pre-calentador. La simpleza del diseño, hecho con materiales y tecnología completamente nacionales, permite pensar que es un sistema con buen potencial para ser usado por agricultores de diferente tamaño, ayudándoles a prevenir las enormes pérdidas que hemos visto en estos últimos años. Quedan varias tareas para un segundo año de desarrollo, faltando pruebas con combustibles de alto poder calorífico, con aguas más frías (las de superficie tienen unos 8°C comparadas con las de pozo que tienen entre 13 y 14°C), sistemas intermitentes de operación lo que permitiría aumentar la superficie controlada por cada unidad, mejoras en el diseño reduciendo pérdida de calor y mejorando la eficiencia del intercambio de calor.

2. Cumplimiento de los objetivos del proyecto:

Resultado : Diseño y construcción de un pre-calentador industrial acoplable al sistema de riego.

Resultado plenamente obtenido, la unidad se construyó y operó en las condiciones planificadas.

Resultado: Medición de la eficacia del precalentador

Se realizaron las pruebas experimentales que permitieron evaluar la capacidad del sistema para elevar la temperatura del agua que va al sistema de riego. Se lograron entre 4 y 6°C de aumento de la temperatura para un flujo del orden de 10 litros/segundo (30000 litros hora)

Resultado: Uso de termometría IR para evaluar sistemas de control de heladas
Se realizaron diversas pruebas con termómetros digitales y con una cámara termal, las que permitieron calibrar la tecnología para ser usada en el monitoreo de la efectividad de sistemas de control de heladas.

Resultado: capacitación en uso de multicopteros para obtener imágenes termales.

Capacitación realizada en los sistemas de control y programación de vuelo, y operación de la cámara termal.

Resultado: conocimiento de las condiciones locales que influyen en la efectividad del sistema

Las experiencias de terreno, aunque no hubo heladas suficientes durante el invierno, permitieron establecer parámetros de gestión para un uso eficaz del sistema. Quedó pendiente la prueba de aspersores con diverso tamaño de gota y niveles de intermitencia en la aplicación de agua, esto debido a que no pudimos disponer de un sistema de medición de temperatura de tejidos que nos permitiera monitorear yemas y brotes pequeños (termocuplas micrométricas). Este equipo no fue autorizado por cuanto nuestra contraparte no lo consideró necesario.

Resultado: evaluación técnico económica del sistema según características locales.

Se realizó una evaluación económica para conocer los costos de la inversión y la operación, así como la potencial viabilidad del sistema en diversas condiciones climáticas de la región.

Resultado: Zonificación de la efectividad potencial del sistema en diversas áreas de la región.

Se realizó una zonificación según riesgos de heladas que cubre la totalidad de ambas regiones.

Resultado: establecimiento de protocolos de operación del sistema

Las experiencias permitieron establecer los tiempos de pre-encendido del sistema y las cargas de combustible necesarias para obtener agua a 18°C o más. Se establecieron curvas de efectividad trabajando con 1, 2, 3 y 4 cámaras encendidas, de modo de establecer la potencia requerida en función de la temperatura de salida deseada.

- **Descripción breve de los impactos obtenidos**

Si bien aún no ha sido posible evaluar la reducción en los niveles de pérdida provocados por una helada, los resultados sugieren que estos podrían ser drásticamente reducidos, especialmente en el caso de heladas catastróficas ($< -4^{\circ}\text{C}$), especialmente en paltos, cítricos, cerezos y kiwis.

En los diferentes talleres realizados, pudimos constatar que estas acciones han contribuido a aumentar el interés de los agricultores y técnicos por tecnificar los sistemas y protocolos de manejo de los sistemas de control de heladas. La simple comprensión del mecanismo como operan las heladas, como se gesta el daño y como los factores predisponentes pueden ser controlados está contribuyendo a una tecnificación del problema. En torno al control de heladas se tejen muchos mitos que desvían la atención de los agricultores, haciéndoles incurrir en prácticas poco efectivas y distractivas. Las más de 200 personas capacitadas pueden tener un gran efecto multiplicativo en la tarea de ir difundiendo los elementos conceptuales necesarios para una estrategia efectiva de manejo del problema.

- **Diseñar una tecnología nacional para hacer más eficiente los sistemas de control de heladas.**

Se diseñó un sistema precalentador de agua acorde a las necesidades del proyecto, incorporando la dualidad de funcionamiento mediante la combustión de biomasa y gas licuado en un mismo prototipo. La flexibilidad del diseño de las cámaras de combustión del prototipo permitió realizar ajustes al diseño original a partir de las observaciones realizadas durante las primeras pruebas, lo que permitió simplificar el sistema de carga de biomasa, y una mayor flexibilidad en el uso de las cámaras, pudiendo ser usada con gas licuado o biomasa dependiendo de las necesidades y disponibilidad de combustible.

Durante las pruebas del sistema, se detectaron problemas con los quemadores de gas, los cuales generaban una altura de llama muy baja, que reducía la efectividad del intercambio calórico con las tuberías. A partir de esta experiencia, diseñamos un nuevo quemador que permite obtener una llama alta, envolvente, que mejorará significativamente el traspaso de calor hacia los tubos de intercambio. Por tratarse de un diseño nuevo, el fabricante tomó más tiempo del planificado en construirlos. Por esta razón, estos serán instalados este otoño para ser probados durante el invierno 2017

- **Fomentar el reemplazo de energías convencionales por energías no convencionales en el control de heladas.**

El uso de energías no convencionales en los métodos modernos de control de heladas no se ha logrado instalar como una alternativa frente al uso de combustibles fósiles. Mediante este proyecto se ha potenciado el uso de la biomasa como una alternativa al uso de combustibles fósiles en el control de heladas, permitiendo utilizar restos de podas y otros desechos de la agricultura, como material combustible.

El poder calorífico otorgado por la biomasa ha sido fundamental en las pruebas realizadas, logrando generar un delta de temperatura entre el agua que entra al sistema pre calentador y la que sale de hasta 5°C, siendo el principal aporte de la energía necesaria para generar el delta de temperatura antes mencionado, demostrando ser una alternativa al uso de energías convencionales.

- **Diseñar ensayos experimentales que permitan evaluar la eficiencia de los sistemas de control de heladas.**

Durante esta fase de implementación y prueba se diseñaron varias experiencias. El primer grupo estuvo orientado a probar la operación del sistema, de modo de establecer los tiempos de estabilización de la temperatura, la elevación efectiva de temperatura del agua, las pérdidas de calor en la red de aspersores, el consumo de biomasa.

El segundo grupo estuvo orientado a establecer los cambios microclimáticos inducidos por la aplicación de agua pre-calentada a nivel del huerto.

El tercer grupo estuvo orientado a establecer la efectividad de estas modificaciones en la reversión del enfriamiento de los tejidos vegetales.

La evaluación del funcionamiento del sistema de precalentamiento como mejora en el control de heladas, se llevó a cabo mediante la evaluación del sistema precalentador en episodios de heladas, a partir del delta de temperatura logrado en el agua de riego generado por el funcionamiento del sistema pre calentador y de la medición las variaciones de la temperatura en tejidos vegetales producto de la aplicación del agua a través de aspersores.

Durante el invierno de 2016 en Peumo tuvimos sólo 3 episodios de heladas, dos de los cuales tuvieron temperaturas cercanas a los 0°C, lo que redujo los episodios reales prácticamente a 1. En todo caso, durante los 3 episodios el sistema se hizo funcionar pudiendo obtener importante información de estas experiencias.

Para compensar la escasa oportunidad que nos dio la naturaleza durante 2016, construimos, con recursos propios, un prototipo en miniatura, en base a un

calentamiento eléctrico del agua, con termostato, lo que nos iba a permitir realizar experimentos con plantas pequeñas y hacer tablas del efecto protector de agua a diferentes temperaturas sobre hojas en diversas condiciones de temperatura extremas, desde -10°C a 0°C . Intentamos hacer las primeras experiencias usando un camión refrigerado. El poco volumen, la baja potencia del sistema de refrigeración no fue suficiente para neutralizar la frecuente apertura y cierre de las puertas que teníamos que hacer cada vez que iniciábamos una medida con cámara termal. Para superar esto conseguimos la colaboración de una empresa de frío que nos facilitaría cámara de gran tamaño donde no necesitaríamos entrar y salir, por cuanto tenía un gabinete interno donde podían permanecer las personas entre medida y medida. Además, la primera y frustrada experiencia nos mostró que necesitábamos un registro continuo de la temperatura de las hojas, razón por la que propusimos, con recursos que habíamos ahorrado de viáticos, comprar una termocupla micrométrica de registro continuo, lo que nos daría completa luz sobre la cinética térmica de micrositios en los tejidos en respuesta a temperaturas de agua que podíamos variar a voluntad en pocos minutos. Es realmente lamentable que no hayamos contado con el apoyo de FIA para implementar esta experiencia, la cual se hacía con los propios fondos del proyecto. Ello no habría hecho avanzar la innovación rápidamente hacia un eficaz protocolo de gestión del agua precalentada. Ahora todo queda sujeto a que consigamos fondos de alguna fuente o bien abandonar la investigación. Mientras, los agricultores pierden millones de dólares cada año. Enviamos toda la información técnica solicitada y que avalaba esta necesidad por lo que no es comprensible que racionalidad hay detrás de una decisión de este tipo.

- **Establecer una zonificación que permita evaluar la efectividad potencial del sistema, así como su justificación técnico-económica, en función de características locales del área de estudio.**

A partir de la recopilación de información de temperaturas mínimas de 100 estaciones meteorológicas ubicadas en las estaciones de O'Higgins y Maule, sumado a la información proporcionada por imágenes satelitales NOAA de diversos episodios de heladas radiativas y polares, se generó una cartografía de incidencia de heladas, permitiendo zonificar las áreas potenciales con mayor interés para la instalación del sistema precalentador como método de control de heladas.

La evaluación de frecuencia de heladas, complementado por el análisis económico del costo de operación del sistema precalentador, permitió establecer las especies a las cuales el sistema de control de heladas debiese ir dirigido como una solución frente al control de heladas.

- **Realizar actividades participativas y material técnico para la difusión de los resultados del proyecto.**

La difusión del proyecto se llevó a cabo en diversas localidades de las regiones O'Higgins y Maule, a través de charlas expositivas y una jornada de terreno, en donde se explicó in situ el funcionamiento del sistema pre calentador.

Dada la necesidad de nuevas alternativas para el control de heladas, en cada una de las actividades se generó un gran interés de los asistentes por la propuesta tecnológica presentada, sobre todo en los lugares donde se pudo presentar resultados a partir de las pruebas de la temporada 2016.

Las actividades de difusión fueron muy interactivas, existiendo gran interés por parte de los asistentes en profundizar sobre la teoría y la práctica del control de heladas. En los talleres se presentó una visión completa de los fundamentos del control de heladas, los métodos con real efectividad, y los protocolos asociados a cada método. La metodología desarrollada en este proyecto se mostró in extenso, señalando que este fue el año de la implementación y primeras pruebas de funcionamiento y que probablemente resultados más concretos se dispondría en el invierno de 2017.

3. Aspectos metodológicos del proyecto:

- Descripción de la metodología efectivamente utilizada

Las bases físicas del control de heladas mediante aspersión de agua

En la dinámica de calentamiento y enfriamiento de los órganos de las plantas, hay dos componentes esenciales que determinan el balance térmico de ellos, estos son:

- Las transferencias de calor por conducción hacia y desde el aire
- El balance de energía radiante con el entorno

Intercambio radiativos

Al interior de las copas de los árboles se establece un activo intercambio radiativo donde la hoja pierde energía por radiación infrarroja hacia la atmósfera ($Qr_{(tejidos)}$) y recibe los aporte desde la atmosfera ($Qr_{(atmosfera)}$) y desde el suelo ($Qr_{(suelo)}$). Durante una noche de helada el flujo Qr desde la atmosfera es muy inferior al Qr emitido por el follaje, lo que conduce a un enfriamiento abrupto. En esas condiciones el flujo radiante desde el suelo adquiere particular importancia por cuanto puede venir a equilibrar el balance, retardando el enfriamiento.

$$Qr_{(tejidos)} = \epsilon_h * \sigma * Th^4$$

$$\begin{aligned}
Qr_{(aire)} &= \varepsilon_a * \sigma * Ta^4 \\
Qr_{(suelo)} &= \varepsilon_s * \sigma * Ts^4 \\
\sigma &= 8.14 * 10^{-11} \text{ cal cm}^2 \text{ min } ^\circ K^{-4} \\
QR_{\text{neto}} &= (Qr_{(atm\acute{o}sfera)} - Qr_{(tejidos)}) + Qr_{(suelo)}
\end{aligned}$$

ε_h , ε_a y ε_s emisividades de las hojas, del aire y del suelo

Th , Ta y Ts , temperaturas de las hojas, del aire y del suelo

QR_{neto} = ganancia o pérdida neta de energía radiante durante la noche

Una de las bases de este sistema reposa precisamente en la modificación del flujo $Qr_{(suelo)}$ a través de la aspersión de energía calórica, usando el agua como vehículo, sobre la superficie del suelo.

Intercambios de calor por difusión de calor

Los intercambios de calor por conducción entre dos cuerpos se rigen por la ley de difusión de Fick, la cual establece que el flujo de calor (Q) es proporcional al gradiente de temperatura ($\delta T / \delta z$) y al coeficiente de difusividad (D) del medio conductor (el aire en el caso de los órganos de las plantas) :

$$Q = D * (\delta T / \delta z)$$

En término de diferencias finitas el flujo térmico correspondería al gradiente de contacto ($T_1 - T_2$) siendo T_1 y T_2 las temperaturas de dos cuerpos por el coeficiente de transmitancia τ :

$$Q_s = \tau (T_1 - T_2)$$

Como todo flujo de energía, su caudal se mide en unidades de energía/(área, tiempo). T representa entonces la cantidad de energía transferida por unidad de área y tiempo, por cada $^\circ C$ de diferencial térmica entre los cuerpos.

Lo que hacemos es intervenir el termino Q_s modificando la capa límite de la hoja reemplazando a la capa gaseosa por un capa de agua libre que se enfría traspasando parte del calor hacia las hojas. La fracción de la energía térmica que se traspasa a las hojas representa el coeficiente de transferencia K_t . El valor de K_t depende de la tasa de reemplazo o razón de mezcla (μ) entre el agua estacionada en la capa limite y el agua depositada en cada unidad de tiempo.

$$\text{Energía transmitida a los tejidos} = K_t * (\mu * T_{\text{aplicada}} + (1 - \mu) * T_{\text{aire}}) * D$$

El coeficiente de transferencia supone que no hay desgaste de energía en el proceso de evaporación, lo que tiene verosimilitud en condiciones de temperaturas negativas y ausencia de viento (salvo situaciones excepcionales, ambas son las condiciones prevalentes durante la incidencia de una helada). Suponemos además, en este caso, que la aplicación de agua es discontinua (pulsos) y que la hoja mojada se enfría hasta la temperatura del aire entre un pulso y otro, generando un enfriamiento que va desde la temperatura del agua que se está aplicando, hasta la temperatura del aire. Suponiendo la ausencia de pérdidas de calor de otra naturaleza, la transferencia potencial de calor del agua aplicada a las hojas sería:

$$Q_{pot \text{ (tejido)}} = ((\mu * T_{aplicada} + (1 - \mu) * T_{aire}) - T_{hoja}) * D_{agua-tejido}$$

$$Q_{pot \text{ (aire)}} = ((\mu * T_{aplicada} + (1 - \mu) * T_{aire}) - T_{hoja}) * D_{aire}$$

El flujo $Q_{pot \text{ (tejido)}}$ es ampliamente dominante sobre el flujo $Q_{pot \text{ (aire)}}$ considerando que la difusividad laminar del calor en el agua es casi 15 veces mayor que en el aire. A su vez, la difusividad laminar del calor en materiales orgánicos es 5 veces mayor que en el aire. Estas cifras sugieren que una proporción mayor del calor aportado por el agua difundirá hacia el tejido de las plantas (compuesto de 80% de agua y hasta 20% de materia orgánica) y una bastante menor hacia el aire, en la medida que no hay turbulencia y se mantenga el régimen laminar de flujo.

Evaluación de la efectividad del precalentador de agua

Se realizaron 3 experiencias de terreno para probar el sistema de precalentamiento, correspondientes a los únicos días que registraron temperaturas congelantes o cercanas a la congelación. La primera consistió en poner en funcionamiento el sistema con dos cámaras encendidas y luego con una tercera cámara para establecer la curva de calentamiento que el sistema era capaz de generar. La segunda experiencia consistió en establecer en qué medida el agua precalentada puede modificar las condiciones microclimáticas al interior del huerto y la tercera, hasta qué punto una modificación en las condiciones microclimáticas al interior del huerto podrían modificar el balance térmico de los tejidos, ejerciendo una real protección.

Cinética de calentamiento por parte del precalentador.

La base de trabajo del precalentador es la transferencia de calor que se produce entre la combustión y el agua que pasa por los tubos intercambiadores. La temperatura de salida del agua depende de la cantidad de combustible quemado por hora, de la calidad de este y del tiempo de residencia del agua dentro de los tubos intercambiadores. En este caso el tiempo de residencia fue constante y de aproximadamente 15 segundos. Las cámaras de biomasa requieren de un precalentamiento que demora entre 60 y 80 minutos trabajando en régimen de

aspersión, es decir bajo presión de agua. Durante este período la temperatura de salida del agua sube constantemente hasta alcanzar la temperatura de equilibrio en el estado de régimen.

Trabajando con dos cámaras encendidas, se alcanza un diferencial de calentamiento del orden de los 4°C, es decir, el agua que ingresa con 13°C, sale con un máximo de 17°C. temperatura que se alcanza entre los 60 y 80 minutos desde el encendido de las 2 cámaras..

Funcionando con tres cámaras, los tiempos necesarios para alcanzar la temperatura de equilibrio siguen siendo de entre 60 y 80 minutos, no obstante, la temperatura de equilibrio sube en 5.8°C, alcanzando los 19.8°. Al encender la cuarta cámara (gas), la temperatura obtiene una ganancia de 1.4°C, llegando a los 21°C, dando una temperatura final de 21.2°C. Este rendimiento se obtuvo usando leña de residuos de poda de paltos, material que era abundante en el lugar, aun cuando su poder calorífico es medio a bajo. Con leña de mayor poder calorífico, este rendimiento debiera ser algo mejor. De cualquier forma, nuestras estimaciones señalan que por sobre los 20°C el agua debiera tener elevada eficiencia en el control de la temperatura de los tejidos.

Modificaciones del microclima del huerto a partir de la aplicación de agua precalentada

Con la aplicación de agua temperada mediante aspersores a nivel del suelo se consiguen dos efectos que es necesario potenciar para lograr un mejor control de las heladas. El primero de ellos es un aumento de la temperatura de la superficie del suelo permitiéndole a este mejorar el intercambio de radiación con el follaje. El segundo de ellos es el aumento de la tasa de evaporación de agua, lo que hace subir la temperatura del punto de rocío dentro de la atmosfera del huerto. La elevación de la temperatura del punto de rocío permite que el aire, al enfriarse durante las horas nocturnas, alcance la saturación en las primeras horas de la noche, comenzando a partir de ese momento, a depositar rocío sobre los tejidos y, con ello, liberar calor latente que ejerce un efecto protector, retardando el enfriamiento. Las experiencias de terrenos realizadas en un huerto de paltos en SOFRUCO, mostraron que la operación del sistema puede elevar la temperatura del punto de rocío de aire interior del huerto entre 1 y 2°C dependiendo de las condiciones locales. Este efecto permite adelantar la saturación en 4 a 6 horas prolongando el tiempo en que los tejidos quedan protegidos por la condensación de rocío durante la noche.

Modificaciones del balance térmico inducidas por el microclima interno del huerto.

Una segunda vía por la que el sistema precalentador actúa favorablemente en la mitigación del daño de las heladas, dice relación con el balance térmico de los tejidos, el cual se ve favorecido por dos vías. La primera de ellas es el aporte directo de calor que hace el agua al depositarse sobre los tejidos, aporte que crecerá al aumentar la temperatura con que llega el agua al tejido. Este aporte depende de la temperatura del agua, de los tejidos y de la conductancia entre el agua depositada y los tejidos. Una segunda vía, corresponde al aporte que hace la condensación sobre los tejidos, por cuanto 1 gramo de agua libera 580 calorías al pasar del estado gaseoso al líquido. Durante la operación del sistema ambos procesos actúan simultáneamente, siendo muy difícil medir su efecto por separado, considerando que la condensación ocurre sobre una fase líquida y no sobre un cuerpo seco. A pesar de la dificultad para medir estos efectos por separado, en el proyecto pudimos evaluar el efecto conjunto a través de la cinética de la temperatura de las hojas luego de iniciada la aspersión.

Las experiencias mostraron que en 30 segundos luego de iniciada la aspersión, ya se aprecia una respuesta positiva de la temperatura, la cual crece hasta los 4 a 5 minutos, momento en que se alcanza la estabilidad, con un delta de 4 a 5°C por sobre la temperatura inicial. Como con el sistema buscamos un método que garantice protección para heladas de hasta -5°, entonces el rendimiento estaría en la frontera de lo necesario, con agua precalentada hasta los 18°C.

- **Principales problemas metodológicos enfrentados**

En general no encontramos problemas metodológicos, salvo la extrema dependencia que tuvimos de la naturaleza. El invierno en Peumo estuvo prácticamente ausente de heladas lo que limitó fuertemente el número de evaluaciones que pudimos hacer. Superamos parcialmente esta limitación haciendo operar el sistema a temperaturas superiores a los 0°C. Esto no es una limitación mayor para probar la operatoria, por cuanto las tasas de transferencia de calor tienen la misma eficiencia cualquiera sea la temperatura. Probablemente el punto más importante se refiere a la capacidad del sistema para mantener vivos los tejidos a temperaturas tan bajas como -5°C.

Una cierta dificultad que es necesario superar en próximas etapas, es la de mejor discriminar las temperaturas de los ápices de crecimiento que, por su pequeño tamaño, no son bien representados con los mapas térmicos hechos con imágenes termales, las cuales no captan bien la temperatura de órganos de muy pequeño tamaño. Para esto se requieren sensores micrométricos en base a termocuplas.

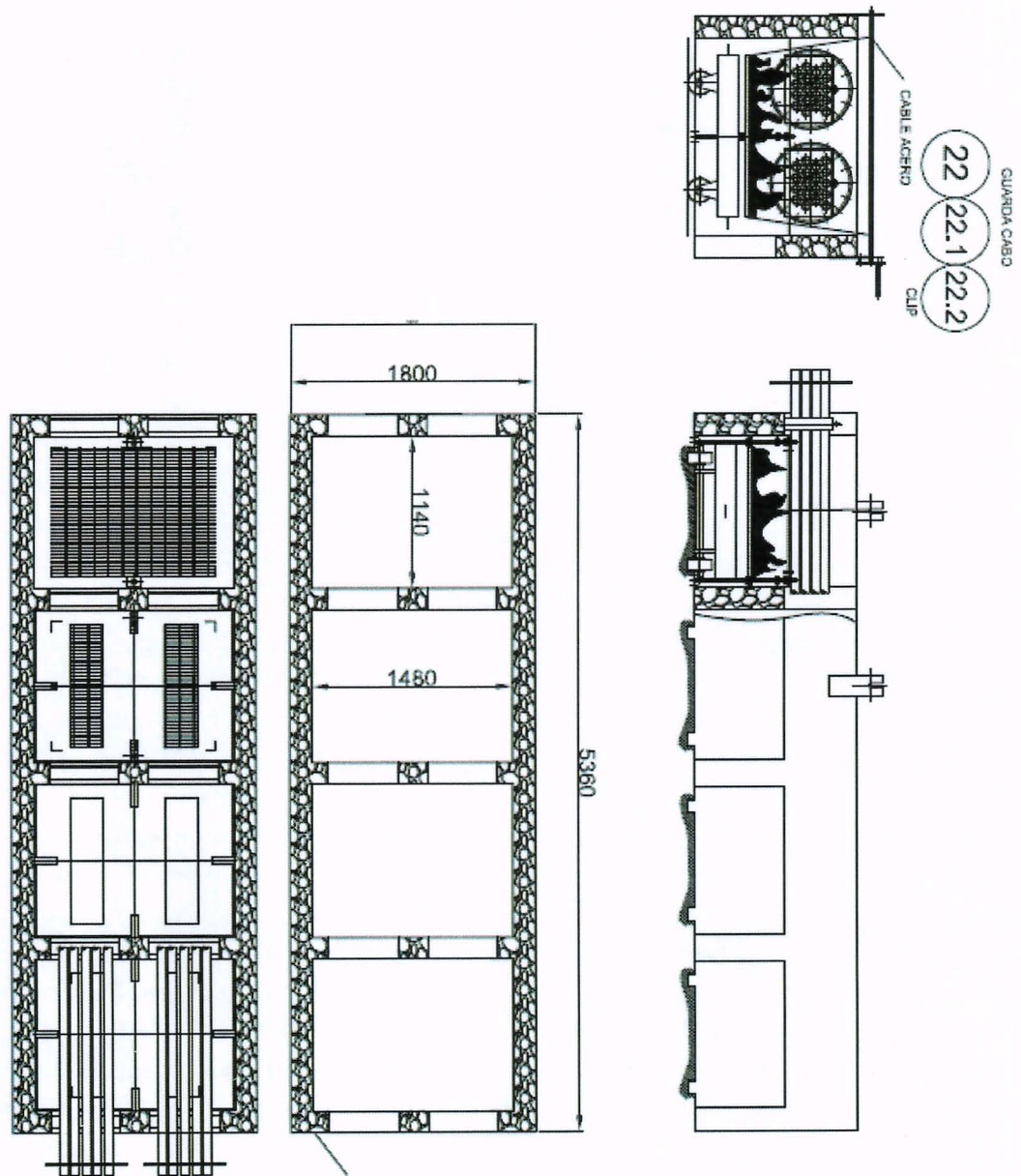
- **Adaptaciones o modificaciones introducidas durante la ejecución del proyecto, y razones que explican las discrepancias con la metodología originalmente propuesta**

Originalmente se construirían dos unidades precalentadoras de menor tamaño. Los cálculos realizados a la hora del diseño aconsejaron construir una sola unidad dotada de las 4 cámaras, lo que daría más posibilidades de jugar con potencias bajas y altas. En la práctica fue una buena decisión pues todo indica que dos cámaras pueden ser insuficientes, especialmente si se trabaja con aguas más frías (unos 8-10°C), que requerirían un calentamiento superior a los 6°C.

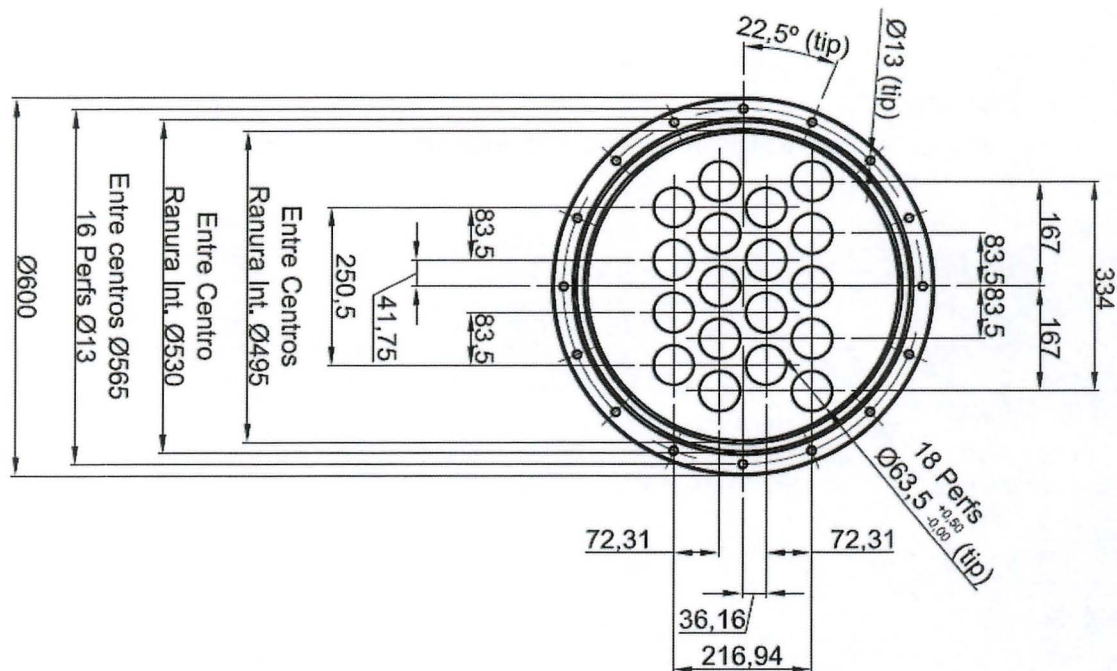
- **Descripción detallada de los protocolos y métodos utilizados, de manera que sea fácil su comprensión y replicabilidad.**

El prototipo construido consta de una bóveda de ladrillo y hormigón, con 4 cámaras independientes de 1.48 por 1.14 metros cada una. Estas cámaras son atravesadas a lo largo por dos haces de tubos de caldera (Manesmann) de 18 tubos cada uno, total 36 tubos. La matriz de riego ingresa el agua por un cabezal consistente en una cámara única de distribución desde donde el agua se distribuye por los tubos para cruzar las cámaras de combustión y salir en el otro extremo hacia una cámara única, similar a la del ingreso, desde donde se encauza hacia una salida única por la matriz de riego que llevará el agua hacia los aspersores distribuidos en el campo. Cada cámara cuenta con un carro de carga de combustible, el cual sale fuera de la bóveda a través de dos rieles. La llama envuelve los tubos y los gases son recogidos por una bóveda que tiene una chimenea de salida exterior. Una de las cámaras está dotada de 4 quemadores circulares de gas, situados bajo los tubos y que puede ser encendida como respaldo a las cámaras de biomasa cuando es necesaria una mayor elevación de la temperatura de salida. El tubo de entrada y el de salida tienen un termómetro que registra la temperatura en cada extremo de la unidad. En función de estos valores se decide en encendido de dos, tres o cuatro cámaras. El sistema está diseñado para partir a primeras horas de la noche con dos cámaras, y las otras dos se encienden secuencialmente en la medida que el descenso de la temperatura ambiental lo vaya aconsejando. En caso de emergencia, si se detiene el flujo de agua, se retiran los carros hacia afuera para evitar un sobrecalentamiento del sistema. La cuarta cámara es dual pues funciona a gas o a biomasa, por cuanto los quemadores de gas son removibles. En anexo se presentan los planos detallados de la unidad.

Las figuras siguientes muestran un plano general del sistema, un detalle de los tubos intercambiadores de calor y una foto del sistema real funcionando a dos cámaras.



Corte basal de la estructura de montaje de la unidad y vista lateral mostrando una cámara en funcionamiento.



Detalle transversal de uno de los haces de tubos de la unidad de intercambio calórico

Sistema precalentador terminado.



Sistema instalado y funcionando a dos cámaras de combustión.

4. Descripción de las actividades PROGRAMADAS y tareas EJECUTADAS para la consecución de los objetivos, comparación con las programadas, y razones que explican las discrepancias. (ANÁLISIS DE BRECHA).

Actividades Propuestas	Actividades Ejecutadas	Razones Discrepancia
Cálculo y diseño de ingeniería del precalentador.	Se diseñó y definieron los cálculos de ingeniería necesarios para la construcción del precalentador.	Sin discrepancia ✓
Construcción del precalentador en la maestranza.	Se construyó un sistema precalentador en la maestranza Preseil, en la comuna de Talcahuano.	Sin discrepancia ✓
Instalación en terreno del precalentador	Se instaló el sistema precalentador en el Fundo Sofruco.	Sin discrepancia ✓
Pruebas iniciales en terreno y calibración de los protocolos de operación de los prototipos.	Se realizaron pruebas en terreno previo a la operación en control de heladas, y durante un episodio de helada. Que permitieron establecer los parámetros y calibraciones necesarias para la operación del sistema.	Sin discrepancia ✓
<i>Cálculo y diseño de mejoras de ingeniería del precalentador.</i>	Durante la etapa de diseño y cálculos, se vio la necesidad de construir una unidad experimental dotada de 4 cámaras en lugar de dos unidades más pequeñas.	Con el fin de obtener un sistema precalentador de mayor potencia, se prefirió centrar las dos unidades de precalentadores en un solo sistema, asegurando la eficiencia y dando mayor amplitud de temperatura. De esta forma, el diseño considero las dos unidades trabajando en paralelo y las respectivas cámaras de combustión. Dos unidades no habría entregado más información que una, por el contrario, una unidad de varias cámaras nos permitió un mayor rango de potencia para ajustar la temperatura de salida.
<i>Construcción del precalentador en la maestranza.</i>		
<i>Instalación del sistema en un campo con control mixto por aire y agua a ras de suelo del precalentador.</i>		
<i>Pruebas iniciales en terreno y calibración de los protocolos de operación de los prototipos considerando que trabajarán en forma combinada con ventiladores.</i>		

Cálculo, diseño de ingeniería e instalación de la cámara de combustión.	Se diseñaron y construyeron las cámaras de combustión para ser utilizadas con biomasa o gas licuado.	Sin discrepancia
Creación de tablas para calcular la eficiencia del precalentamiento temperaturas de salida jugando con el encendido de las cámaras en serie (longitud) y el flujo (presión en la bomba) de agua.	A partir de las experiencias de campo pudimos evaluar el rendimiento de la unidad funcionando con 1, 2, 3 y 4 cámaras de combustión. Esto es esencial para establecer el plan de operaciones de cada campaña de control, en función de la temperatura pronosticada cada noche.	Sin discrepancia
Evaluación de los cambios en la temperatura de superficie, así como de la homogeneidad de estos al operar sistemas de precalentamiento de agua mediante análisis de imágenes térmicas.	Se evaluó el cambio de temperatura en la superficie a partir de la aplicación de agua mediante imágenes térmicas. Para superar este problema, las imágenes termales se obtuvieron desde plataformas elevadas por sobre el follaje proveídas por SOFRUCO Se espera contar con resultados de sobrevuelos en el invierno de 2017.	Debido al retraso en la adquisición de del dron, ocasionado por los trámites propios de los actuales sistemas de compras públicas a que está sujeta la universidad, sumados a la demora en el despacho de los componentes especiales que requirió el dron (para imágenes termales se requiere de mayor estabilidad de vuelo que para imágenes RGB), sólo dispusimos del dron una vez terminada la estación de heladas.
Evaluación de los cambios en la temperatura de los tejidos y en la superficie a diferentes distancias de los aspersores y sistemas de viento en sitios bajo el efecto de los precalentadores.	Se evaluó el efecto de la aplicación del agua atemperada a partir del funcionamiento del sistema precalentador en tejidos vegetales y la superficie del suelo, comparando situaciones con y sin aplicación de agua atemperada, logrando evaluar el delta de temperatura generado.	Sin discrepancia
Taller de capacitación de captura y procesamiento de imágenes	Se realizó un taller teórico practico de capacitación en captura y procesamiento de imágenes en la Estación Experimental de Pirque, perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Chile.	Sin discrepancia

térmicas.		
Taller de capacitación manejo de dron.	Se realizó una capacitación en terreno dividida en 2 sesiones sobre manejo de dron en la Estación Experimental de Pirque, perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Chile.	Sin discrepancia
Evaluación de la aplicación de agua temperada en plantas pequeñas dentro de cámaras refrigeradas	Sólo pudo hacerse una experiencia previa en camión Frigorífico, la cual no cumplió con las expectativas. Una segunda experiencia en cámara refrigerada Estacionaria no pudo realizarse pues no se nos autorizó la compra del instrumental necesario.	Al no contar con la aprobaciones de la reitemización del presupuesto por parte de FIA, la cual estaba dirigida a reasignar viáticos para la compra de los instrumentos necesarios para llevar a cabo el experimento, este no se logró realizar.
Mediante la termografía de superficie, se evaluará el rendimiento del sistema en sectores de acumulación de aire frío por efecto topográfico y en sectores de paso de aire nocturno.	Se evaluó el comportamiento y desplazamiento de las masas de aire frío por la superficie a macroescala mediante imágenes satelitales. Esto permitió evaluar sectores de acumulación y tránsito de aire frío, así como la extensión que alcanzan las inversiones térmicas en diferentes lugares de la región estudiada.	No pudo realizarse a microescala en el predio al no haberse producido eventos significativos de heladas durante el invierno.
Cálculo de los costos de operación de los sistemas y del nivel de ahorro por reducción de las cargas de agua.	Se calculó en base a un predio que depende Enteramente de combustible exógeno. En la Mayor parte de los casos los predios disponen de Residuos de poda y arranque, de modo que el Costo de oportunidad se va a casi 0. (Anexo 4)	Sin discrepancia
Evaluación de proyectos de precalentadores en diversas condiciones (numero e intensidad de heladas, costos de la energía, especie a proteger) para determinar las	La viabilidad de la implementación depende del Lugar y de la especie. Se realizó una zonificación Según riesgo de heladas y especie que permite Pre-visualizar la conveniencia de la adopción del Sistema en diversos sectores de la región. Ver Pagina 29. Zonificación de áreas para la aplicabilidad el sistema de control.	Sin discrepancia

condiciones que hacen económicamente favorable su instalación.		
A partir de la actividad 10 y 11 se hará un estudio exploratorio de las áreas de la región donde estos sistemas podrían obtener el mayor retorno económico, así como las condicionantes para su adopción por pequeños propietarios.	Se elaboró una zonificación para las regiones de O'Higgins y Maule, permitiendo definir sectores en donde la prevalencia de heladas, sumado al cultivo presente, justifican la inversión requerida para su construcción	Sin discrepancia
Días de campo para mostrar cómo se operan los sistemas para lograr la mayor efectividad.	Al contar con resultados de la operación y funcionamiento del sistema precalentador se realizó un día de campo en el Fundo Sofruco.	Sin discrepancia
Preparación de manuales para la difusión del sistema.	A partir de la experiencia adquirida en la temporada 2016 se elaboró un manual de funcionamiento del sistema precalentador, estableciendo los puntos críticos a tener en consideración en su funcionamiento.	Dada la corta fase de evaluación del sistema, aún faltan aspectos técnicos del efecto protector del agua atemperada en los tejidos vegetales en condiciones de heladas extremas (bajo los -6°C), que permitan elaborar un manual de difusión del modelo en estudio.
Realización de talleres con participación de agricultores, asesores técnicos, y miembros del sector público, para capacitar en las tecnologías del uso de agua precalentada.	Se realizaron talleres de difusión del proyecto y sus resultados, destinados a agricultores, asesores técnicos y profesionales en las localidades de Peumo, Los Lirios, Panimávida, Talca y Linares. Sumado a esto se realizó un taller adicional en Peumo, en donde se presentaron los resultados finales del proyecto, y la proyección del estudio para la temporada 2017.	Sin discrepancia

Charlas técnicas sobre la teoría y práctica de los sistemas precalentadores.	A través de charlas técnicas realizadas en las ciudades de Rancagua y Curicó, se capacito a agricultores y profesionales relacionados al sector agrícola, en temáticas de control de heladas, y funcionamiento del sistema precalentador propuesto en este proyecto. Generando actividades en terreno, que permitieron explicar aspectos relevantes a tener en cuenta al momento de enfrentar un evento de helada.	Sin discrepancia
--	--	------------------

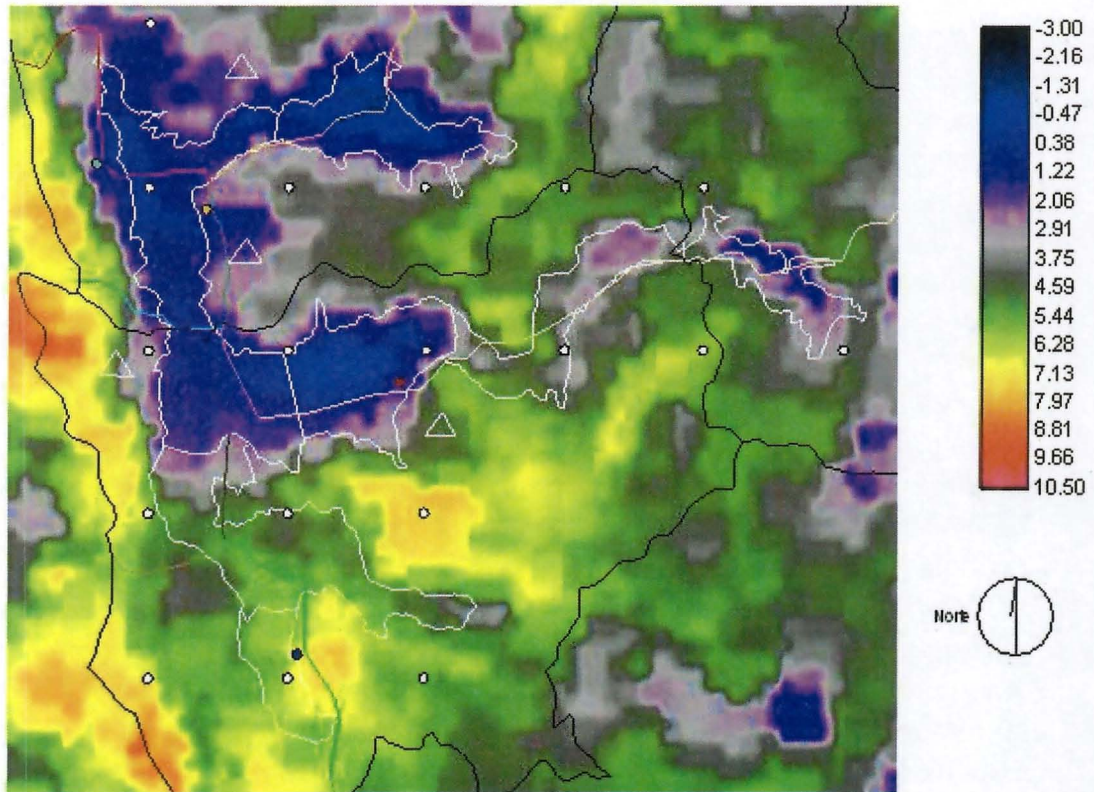
5. Resultados del proyecto

5.1 Resultados parciales obtenidos

Técnicas satelitales para el análisis de los riesgos y la dinámica de las heladas en un predio.

En la actualidad disponemos de instrumentos poderosos para mapear el riesgo de heladas en los alrededores y al interior de un predio. Estos consisten en el uso de imágenes termales obtenidas desde satélites, correspondientes a la hora de la mínima temperatura. Estas imágenes, son sometidas a un proceso de refinamiento espacial, que permite establecer con detalle los puntos de acumulación de aire frío, los corredores de aire, las posibles alturas de las inversiones y como son modificadas por la topografía. Este análisis es muy útil realizarlo antes de plantar un huerto o bien cuando ya está plantado, de modo establecer la mejor estrategia de control de las heladas.

Área de Riego Proyecto Convento Viejo II



Termografía de una helada en la zona de Convento Viejo. Puede apreciarse con detalle los puntos de acumulación del aire frío y que están más amenazados. Igualmente se aprecian los terrenos que quedan libres de las heladas.

Intercambios de calor por difusión de calor

Los intercambios de calor por conducción entre dos cuerpos se rigen por la ley de difusión de Fick, la cual establece que el flujo de calor (Q) es proporcional al gradiente de temperatura ($\delta T / \delta z$) y al coeficiente de difusividad (D) del medio conductor (el aire en el caso de los órganos de las plantas) :

$$Q = D * (\delta T / \delta z)$$

En término de diferencias finitas el flujo térmico correspondería al gradiente de contacto ($T1-T2$) siendo $T1$ y $T2$ las temperaturas de dos cuerpos por el coeficiente de transmitancia τ :

$$Q_s = \tau (T1-T2)$$

Como todo flujo de energía, su caudal se mide en unidades de energía/(área, tiempo). T representa entonces la cantidad de energía transferida por unidad de área y tiempo, por cada °C de diferencial térmica entre los cuerpos.

Lo que hacemos es intervenir el termino Q_s modificando la capa límite de la hoja reemplazando a la capa gaseosa por un capa de agua libre que se enfría traspasando parte del calor hacia las hojas. La fracción de la energía térmica que se traspasa a las hojas representa el coeficiente de transferencia K_t . El valor de K_t depende de la tasa de reemplazo o razón de mezcla (μ) entre el agua estacionada en la capa límite y el agua depositada en cada unidad de tiempo.

$$\text{Energía transmitida a los tejidos} = K_t * (\mu * T_{\text{aplicada}} + (1 - \mu) * T_{\text{aire}}) * D$$

El coeficiente de transferencia supone que no hay desgaste de energía en el proceso de evaporación, lo que tiene verosimilitud en condiciones de temperaturas negativas y ausencia de viento (salvo situaciones excepcionales, ambas son las condiciones prevalentes durante la incidencia de una helada). Suponemos además, en este caso, que la aplicación de agua es discontinua (pulsos) y que la hoja mojada se enfría hasta la temperatura del aire entre un pulso y otro, generando un enfriamiento que va desde la temperatura del agua que se está aplicando, hasta la temperatura del aire. Suponiendo la ausencia de pérdidas de calor de otra naturaleza, la transferencia potencial de calor del agua aplicada a las hojas sería:

$$Q_{\text{pot (tejido)}} = ((\mu * T_{\text{aplicada}} + (1 - \mu) * T_{\text{aire}}) - T_{\text{hoja}}) * D_{\text{agua-tejido}}$$

$$Q_{\text{pot (aire)}} = ((\mu * T_{\text{aplicada}} + (1 - \mu) * T_{\text{aire}}) - T_{\text{hoja}}) * D_{\text{aire}}$$

El flujo $Q_{\text{pot (tejido)}}$ es ampliamente dominante sobre el flujo $Q_{\text{pot (aire)}}$ considerando que la difusividad laminar del calor en el agua es casi 15 veces mayor que en el aire. A su vez, la difusividad laminar del calor en materiales orgánicos es 5 veces mayor que en el aire. Estas cifras sugieren que una proporción mayor del calor aportado por el agua difundirá hacia el tejido de las plantas (compuesto de 80% de agua y hasta 20% de materia orgánica) y una bastante menor hacia el aire, en la medida que no hay turbulencia y se mantenga el régimen laminar de flujo.

La razón de mezcla fue determinada con un experimento "ad hoc" en el cual se pesaron hojas de paltos y cítricos empapadas en agua a temperatura ambiente (10°C). Luego estas hojas fueron sometidas a una aspersión con agua a 20°C manteniéndose un registro continuo de la temperatura con un termómetro infrarrojo y con la cámara térmica. Luego que la hoja hubo drenado todo el exceso de agua de su superficie (unos 15 segundos) se registró la temperatura resultante de la superficie de esta. La temperatura final resultante a nivel de la superficie de los tejidos es proporcional a la razón de mezcla (o tasa de reemplazo) entre el agua adsorbida en

superficie y el agua depositacional que viene incorporándose con una cierta energía cinética que le permite desplazar parte del agua adsorbida. Esta proporcionalidad se expresa como:

$$\text{Tasa de reemplazo} = 1 - (T_a - T_f) / (T_a - T_o)$$

Siendo T_a =temperatura del agua aplicada

T_f = temperatura final del agua en la superficie del tejido

T_o = temperatura inicial del tejido antes del aporte de agua

Un aspecto interesante a investigar surge del hecho de que la tasa de reemplazo puede ser mejorada variando el tipo de aspersor y el tamaño de la gota. Gotas más grandes producirán mayor impacto y, por lo tanto mayor reemplazo, pero también mayor pérdida por escurrimiento, lo que conlleva mayores aplicaciones de agua.

Para hacer las tablas de los coeficientes de reemplazo para distintos tipos de aspersores y a temperaturas congelantes (hay que recordar que las tasas de reemplazo dependen de la viscosidad del agua, la que a su vez depende de la temperatura) habíamos solicitado un termómetro de termocuplas micrométricas, el que no fue autorizado por nuestra contraparte del FIA, razón por la que no pudo realizarse esta experiencia. Esta información es fundamental para diseñar los sistemas de control y dar normas con base física sobre el diseño de los sistemas comerciales que se venden en Chile.

De todas formas, hemos realizado una experiencia de este tipo mediante termometría infrarroja, la cual es menos precisa y no nos permitió cubrir toda la gama de temperatura que hubiésemos deseado, especialmente en régimen de temperaturas congelantes.

Evaluación de la efectividad del precalentador de agua

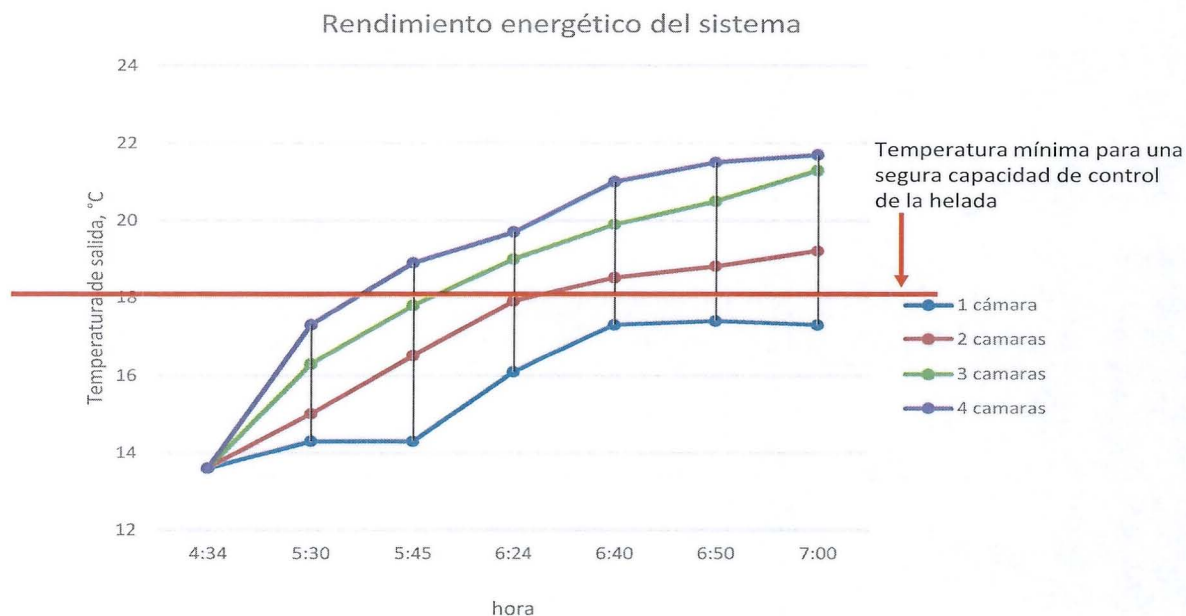
Se realizaron 3 experiencias de terreno para probar el sistema de precalentamiento, correspondientes a los únicos días que registraron temperaturas congelantes o cercanas a la congelación. La primera consistió en poner en funcionamiento el sistema con dos cámaras encendidas y luego con una tercera cámara para establecer la curva de calentamiento que el sistema era capaz de generar. La segunda experiencia consistió en establecer en qué medida el agua precalentada puede modificar las condiciones microclimáticas al interior del huerto y la tercera, hasta qué punto una modificación en las condiciones microclimáticas al interior del huerto podrían modificar el balance térmico de los tejidos, ejerciendo una real protección.

Cinética de calentamiento por parte del precalentador.

La base de trabajo del precalentador es la transferencia de calor que se produce entre la combustión y el agua que pasa por los tubos intercambiadores. La temperatura de salida del agua depende de la cantidad de combustible quemado por hora, de la calidad de este y del tiempo de residencia del agua dentro de los tubos intercambiadores. En este caso el tiempo de residencia fue constante y de aproximadamente 15 segundos. Las cámaras de biomasa requieren de un precalentamiento que demora entre 60 y 80 minutos trabajando en régimen de aspersión, es decir bajo presión de agua. Durante este período la temperatura de salida del agua sube constantemente hasta alcanzar la temperatura de equilibrio en el estado de régimen.

Trabajando con dos cámaras encendidas, se alcanza un diferencial de calentamiento del orden de los 4°C, es decir, el agua que ingresa con 13°C, sale con un máximo de 17°C. temperatura que se alcanza entre los 60 y 80 minutos desde el encendido de las 2 cámaras..

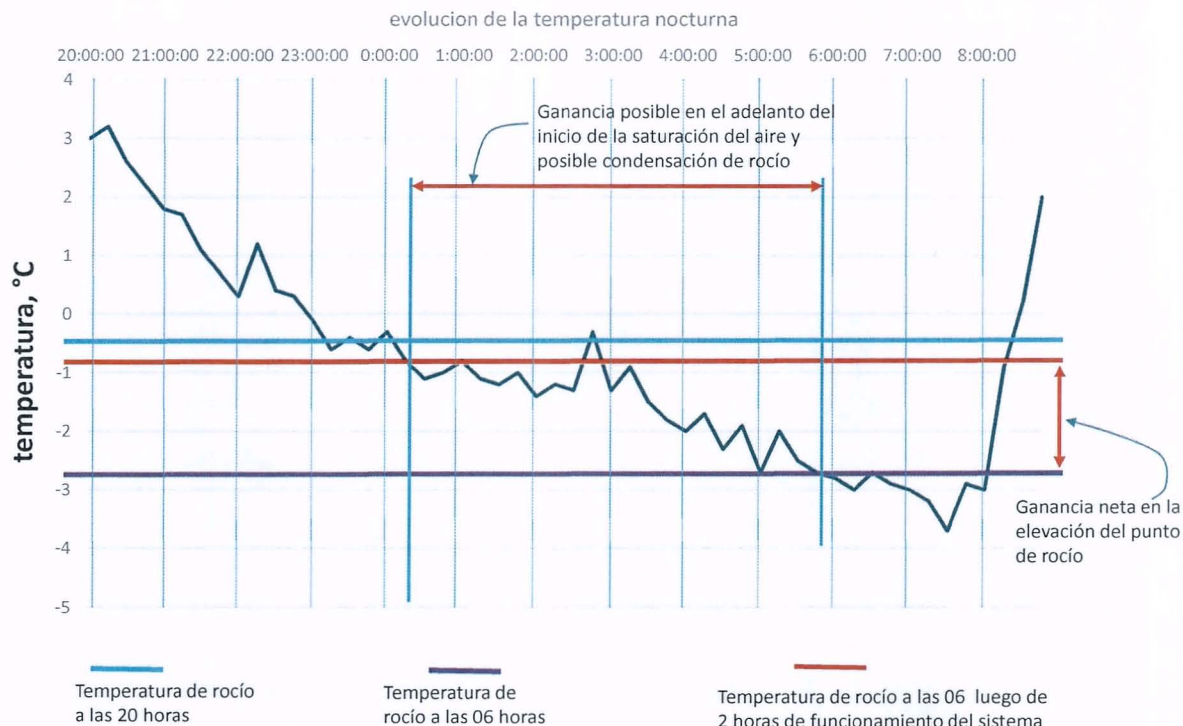
Funcionando con tres cámaras, los tiempos necesarios para alcanzar la temperatura de equilibrio siguen siendo de entre 60 y 80 minutos, no obstante, la temperatura de equilibrio sube en 5.8°C, alcanzando los 19.8°. Al encender la cuarta cámara (gas), la temperatura obtiene una ganancia de 1.4°C, llegando a los 21°C, dando una temperatura final de 21.2°C. Este rendimiento se obtuvo usando leña de residuos de poda de paltos, material que era abundante en el lugar, aun cuando su poder calorífico es medio a bajo. Con leña de mayor poder calorífico, este rendimiento debiera ser algo mejor. De cualquier forma, nuestras estimaciones señalan que por sobre los 20°C el agua debiera tener elevada eficiencia en el control de la temperatura de los tejidos.



Calentamiento del agua de salida en función del número de cámaras encendidas.

Modificaciones del microclima del huerto a partir de la aplicación de agua precalentada

Con la aplicación de agua temperada mediante aspersores a nivel del suelo se consiguen dos efectos que es necesario potenciar para lograr un mejor control de las heladas. El primero de ellos es un aumento de la temperatura de la superficie del suelo permitiéndole a este mejorar el intercambio de radiación con el follaje. El segundo de ellos es el aumento de la tasa de evaporación de agua, lo que hace subir la temperatura del punto de rocío dentro de la atmosfera del huerto. La elevación de la temperatura del punto de rocío permite que el aire, al enfriarse durante las horas nocturnas, alcance la saturación en las primeras horas de la noche, comenzando a partir de ese momento, a depositar rocío sobre los tejidos y, con ello, liberar calor latente que ejerce un efecto protector, retardando el enfriamiento. Las experiencias de terrenos realizadas en un huerto de paltos en SOFRUCO, mostraron que la operación del sistema puede elevar la temperatura del punto de rocío de aire interior del huerto entre 1 y 2°C dependiendo de las condiciones locales. Este efecto permite adelantar la saturación en 4 a 6 horas prolongando el tiempo en que los tejidos quedan protegidos por la condensación de rocío durante la noche.



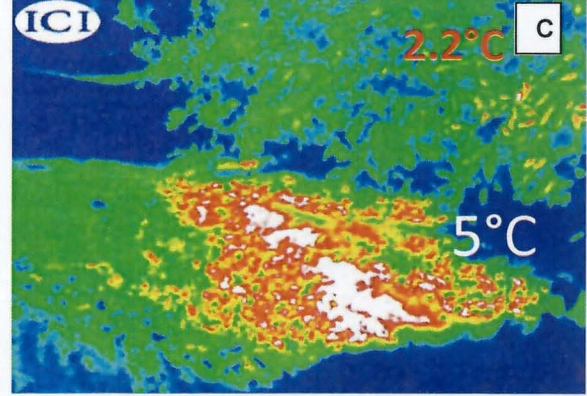
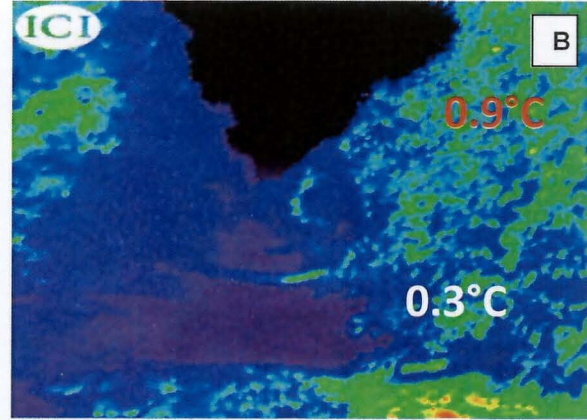
Modificaciones del balance térmico inducidas por el microclima interno del huerto.

Una segunda vía por la que el sistema precalentador actúa favorablemente en la mitigación del daño de las heladas, dice relación con con el balance térmico de los tejidos, el cual se ve favorecido por dos vías. La primera de ellas es el aporte directo de calor que hace el agua al depositarse sobre los tejidos, aporte que crecerá al aumentar la temperatura con que llega el agua al tejido. Este aporte depende de la temperatura del agua, de los tejidos y de la conductancia entre el agua depositada y los tejidos. Una segunda vía, corresponde al aporte que hace la condensación sobre los tejidos, por cuanto 1 gramo de agua libera 580 calorías al pasar del estado gaseoso al líquido. Durante la operación del sistema ambos procesos actúan simultáneamente, siendo muy difícil medir su efecto por separado, considerando que la condensación ocurre sobre una fase líquida y no sobre un cuerpo seco. A pesar de la dificultad para medir estos efectos por separado, en el proyecto pudimos evaluar el efecto conjunto a través de la cinética de la temperatura de las hojas luego de iniciada la aspersión.

Las experiencias mostraron que en 30 segundos luego de iniciada la aspersión, ya se aprecia una respuesta positiva de la temperatura, la cual crece hasta los 4 a 5 minutos, momento en que se alcanza la estabilidad, con un delta de 4 a 5°C por sobre la temperatura inicial. Como con el sistema buscamos un método que garantice

Imagen de una helada en un huerto de paltos de la zona central.

10 minutos

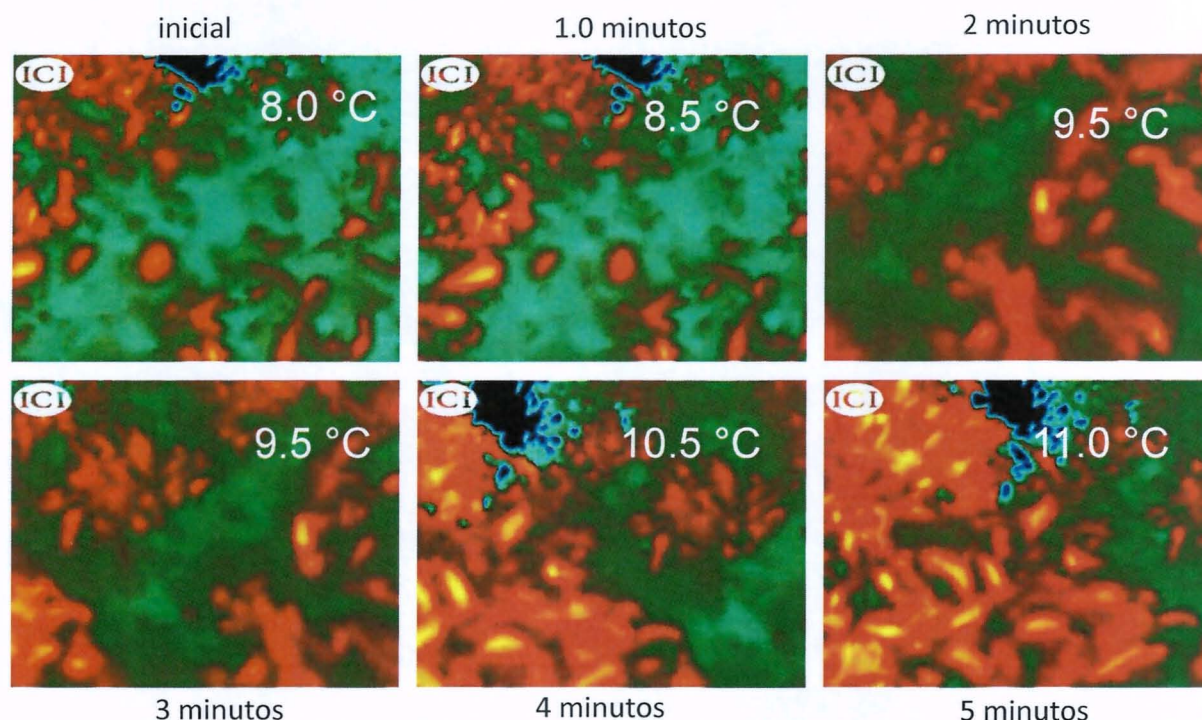


30 minutos

*frías. **C:** a los 20 minutos el suelo la zona que recibe el agua del aspersor ha alcanzado los 2.7°C. **D:** a los 30 minutos la superficie calentada por el aspersor se maximiza y las hojas de los arboles han elevado la temperatura hasta los 2.2°C en promedio.*

27

de follaje seco para determinar la cinética de la temperatura post-mojamiento. La experiencia se realizó en cítricos, con aspersores circulares de flujo continuo (45 litros por hora). Cada árbol tenía un aspersor sobre su copa. La secuencia termográfica siguiente muestra las variaciones de la temperatura del follaje, luego de iniciado el sistema.

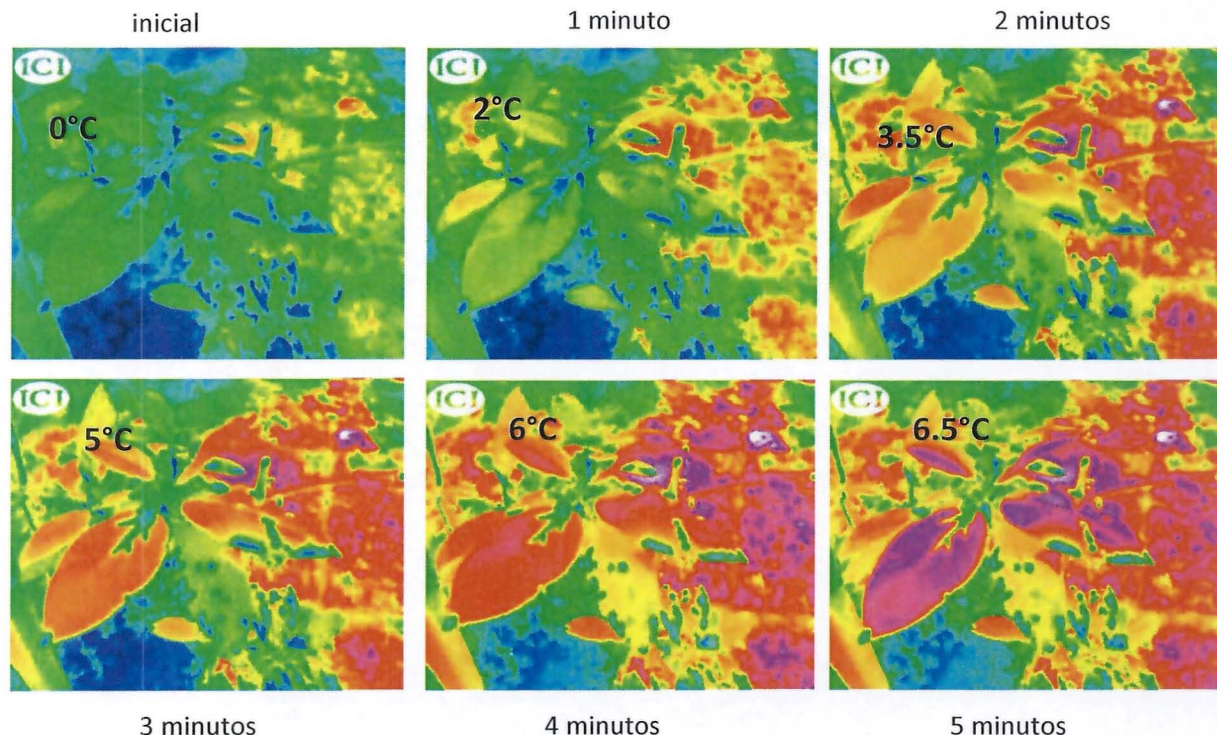


Cambio en la temperatura del follaje de naranjos en los minutos siguientes a la aplicación de agua a 18°C.

La termografía muestra que, con aspersión elevada, a los 5 minutos puede lograrse un diferencial de +3° operando con agua a 18°C

La homogeneidad del calentamiento de los tejidos de las plantas es esencial en el éxito del sistema de protección. Es importante que todos los tejidos alcancen niveles de protección similares, de modo de evitar que se quemen partes esenciales de la anatomía. Para evaluar esto, realizamos experiencias con plantas pequeñas de paltos las cuales fueron asperjadas desde arriba con los mismos aspersores usados a nivel del huerto (45 litros por hora). En su estado inicial las plantas estaban secas y se tomó la temperatura cada un minuto en los siguientes 6 minutos desde la puesta en funcionamiento del sistema de aspersión. La temperatura del agua en este caso fue de 20°C, lo que permitió una mayor tasa de calentamiento, llegando a los 6.5°C a los 5 minutos. Esto sugiere que por sobre los 18°C, podrían controlarse heladas de hasta -6°C. Las hojas más orientadas en el plano horizontal, son las que reciben el mayor aporte de calor por parte del agua. Esto está asociado a la mayor depositación de agua que reciben estas hojas en relación con aquella con mayor ángulo de inclinación. Un aspecto esencial de evaluar es la temperatura de los brotes, la cual no

pudo ser debidamente evaluada debido a que no tuvimos la posibilidad de comprar el termómetro de termocuplas micrométricas (FIA no lo autorizó a pesar de nuestra explicaciones sobre la importancia de tener esta capacidad)



Cinética de la temperatura en plantas de palto luego del inicio de la aspersión con agua a 20°C.

Zonificación de áreas para la aplicabilidad del sistema de control

Considerando la complejidad topográfica del territorio chileno, es esperable que las zonas de riesgo de helada muestran una gran heterogeneidad espacial. Por lo general la dinámica del aire frío nocturno genera zonas de acumulación del aire frío que se mueve catabáticamente hacia los núcleos de acumulación donde las heladas alcanzan frecuencias e intensidades elevadas. En pocos cientos de metros la situación puede cambiar radicalmente, en terrenos elevados que emergen por sobre el nivel de las inversiones térmicas. Identificar esta heterogeneidad no es posible con la red meteorológica disponible, por cuanto se trata de un fenómeno que requeriría una enorme densidad de estaciones. Ante esto, hemos desarrollado una técnica basada en imágenes satelitales termales, que nos permite mapear los núcleos de inversión, los corredores de aire frío nocturnos y las zonas de subsidencia que, por quedar a la altura de la gran inversión térmica originada en el anticiclón del Pacífico, exhibe condiciones claramente más favorables.

A partir de imágenes satelitales termales desarrollamos una técnica para refinar espacialmente la resolución, lo que nos permite observar con mayor claridad las heterogeneidades espaciales de las zonas de acumulación de aire frío.

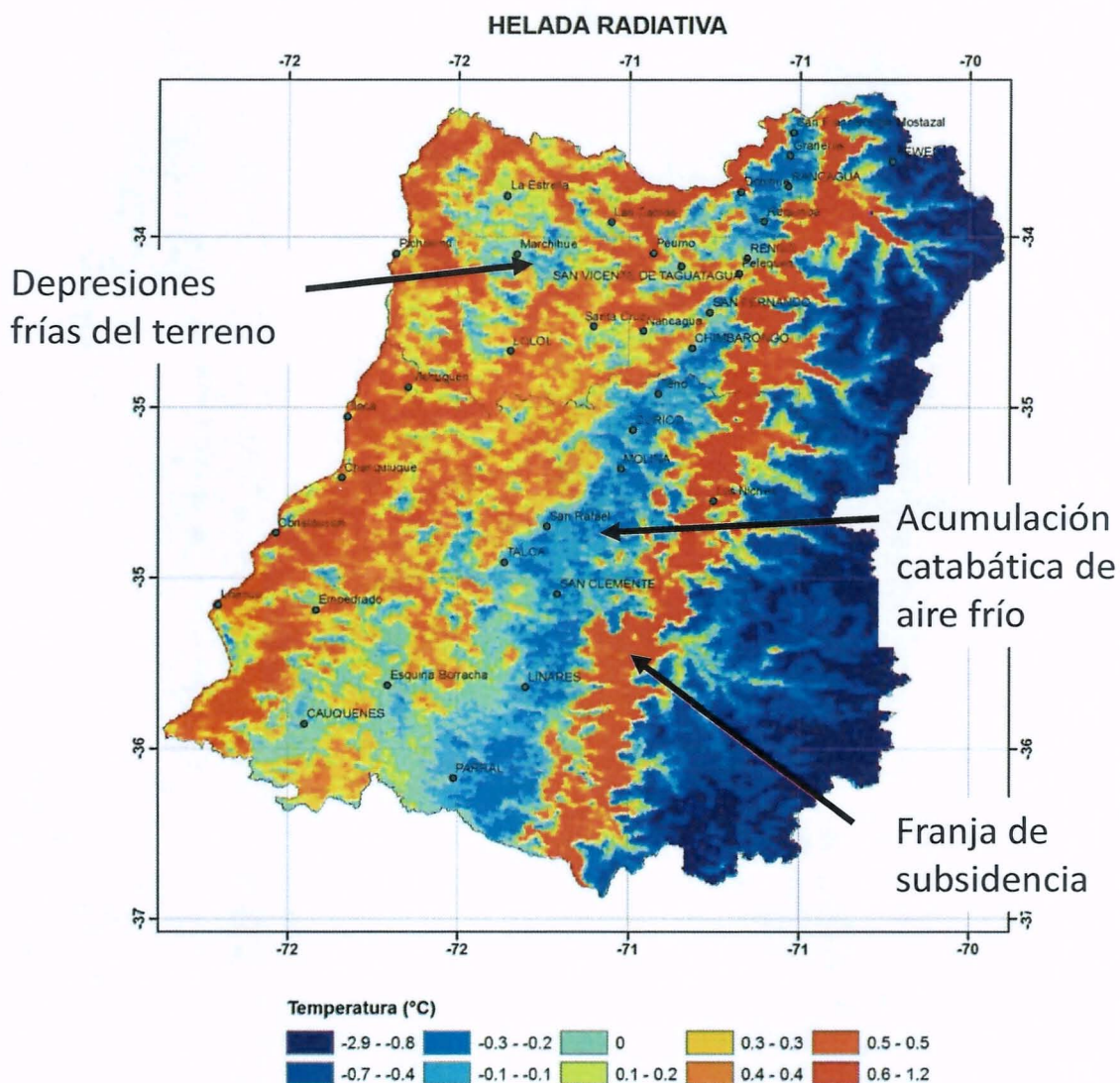


Imagen promedio de 5 heladas radiativas. Muestra las zonas de acumulación catabática de aire frío tanto en el valle central como en las depresiones costeras, así como una gran zona de subsidencia en la precordillera, que se beneficia con la llegada al suelo del aire situado a la altura de la inversión térmica anticiclónica.

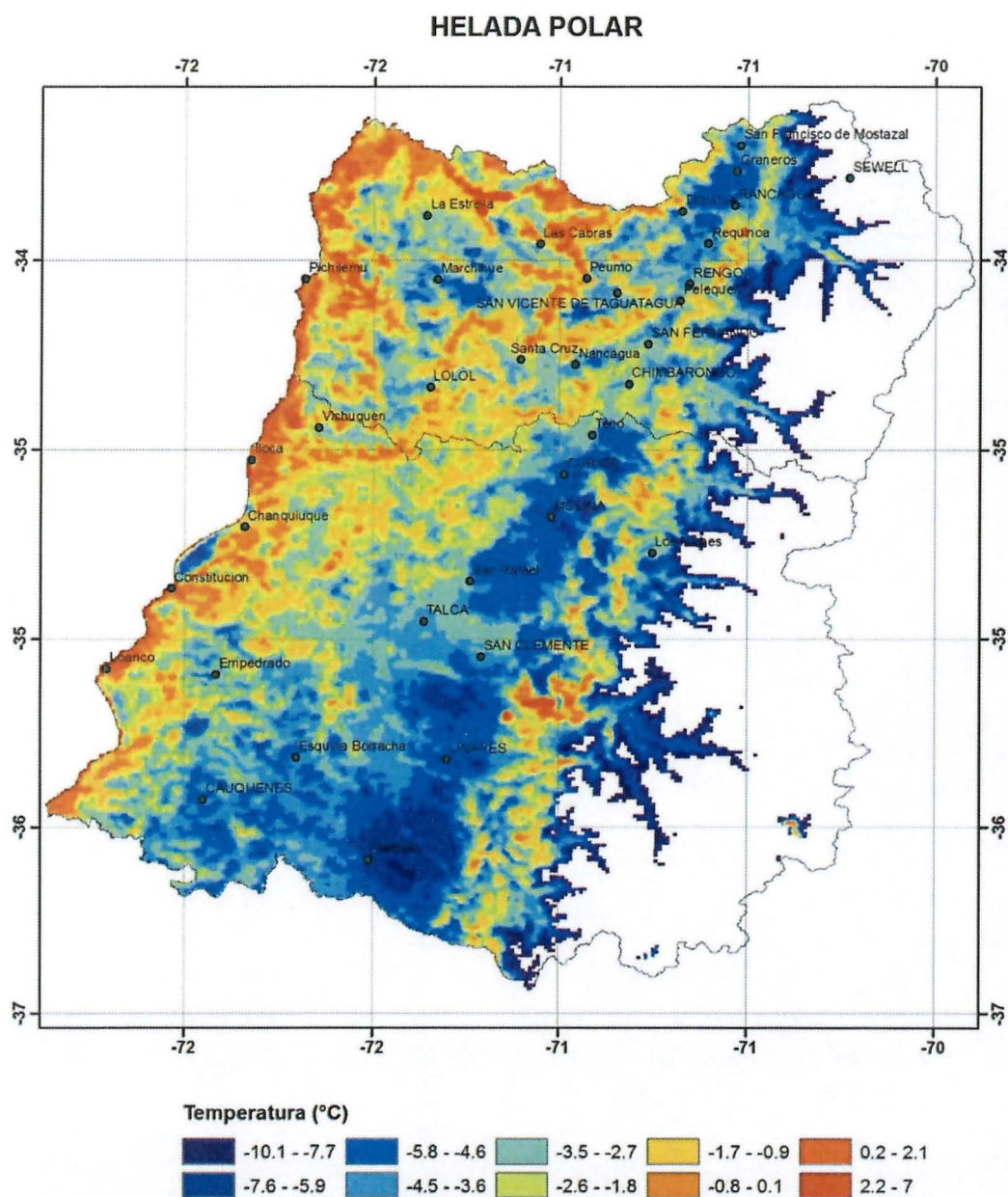
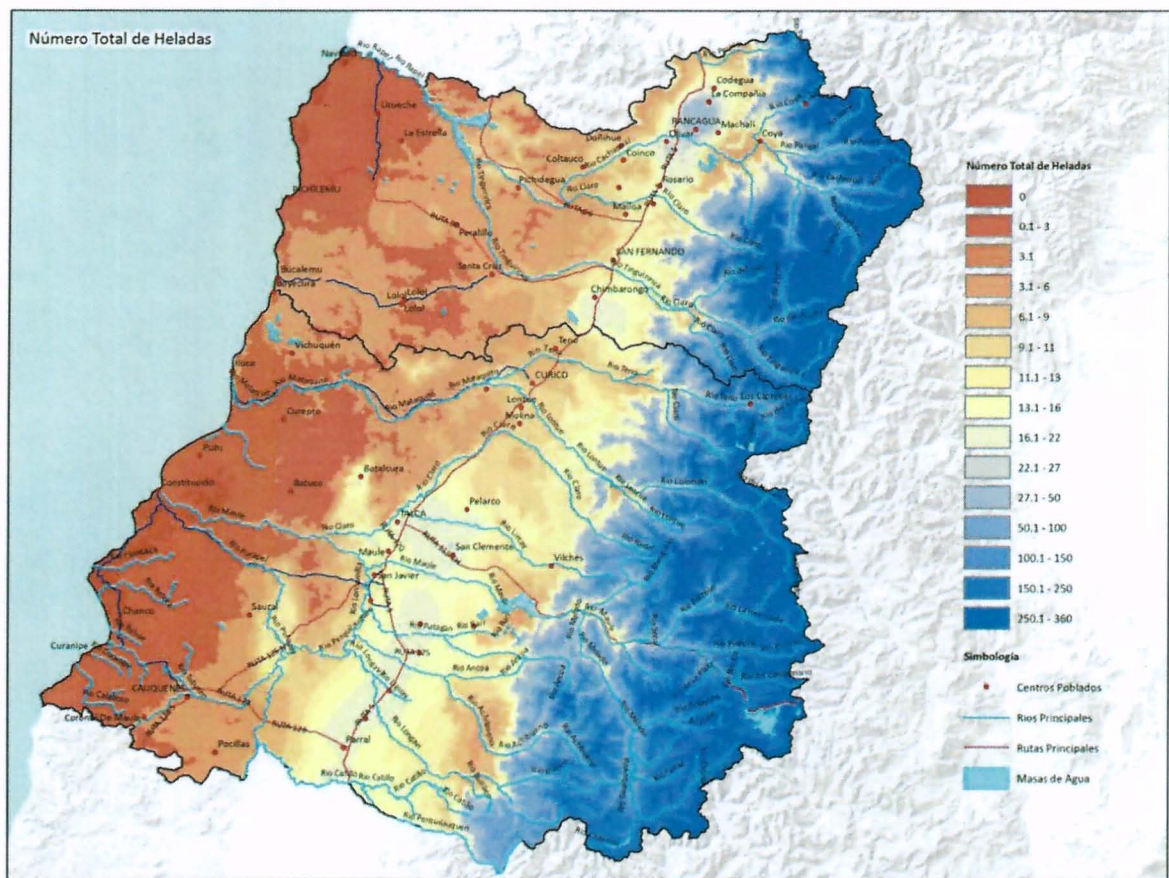


Imagen promedio de tres heladas polares que muestra que durante estos eventos la dinámica catabática es menos notoria, expandiéndose el aire frío a zonas con relieve ondulado.



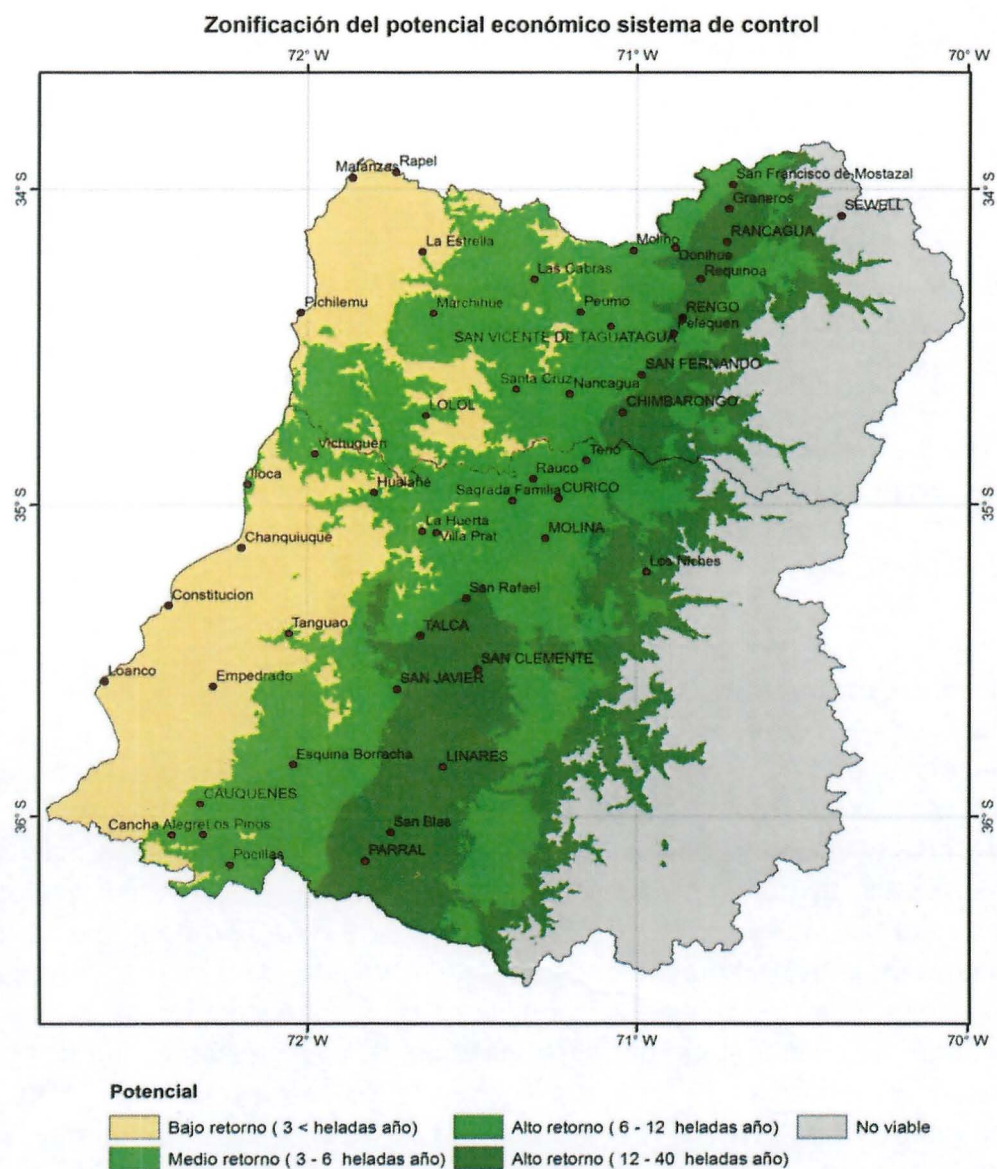
Distribución del número de eventos de heladas durante el año. Se aprecia la importancia de la regulación marina sobre este riesgo.

A partir de los patrones de distribución espacial de las heladas, se establecieron 4 macrozonas de riesgo en la región. Estas macrozonas dicen relación con la frecuencia e intensidad de las heladas en cada una de ellas. La macrozona 1 corresponde a áreas costeras con fuerte nivel de regulación marítima (secano costera y lomaes del secano interior). La macrozona 2 corresponde al secano interior donde la influencia marina se ha debilitado. La macrozona 3 ocupa la mayor parte del Valle Central que cuenta con drenaje aceptable del aire nocturno y la macrozona 4 es el resto del Valle Central con drenaje nocturno imperfecto (áreas más heladas del valle) o áreas precordilleranas que reciben la bajada del aire frío desde el cordón Andino..

Los criterios de zonificación fueron los siguientes:

Zona de riesgo	Frecuencia	Intensidad máxima*
Macrozona 1	<3	-2
Macrozona 2	<6	-3
Macrozona 3	<15	-5
Macrozona 4	>15	-7

* Para el 90% de probabilidad de no excedencia



Macrozonas de riesgo de heladas en las regiones de O'Higgins y Maule

A modo general, considerando la sensibilidad de las especies a las heladas, la época de brotación y la estacionalidad de las heladas, hemos evaluado la posible viabilidad económica del uso de esta tecnología para prevenir daños en la producción. La matriz siguiente sintetiza este análisis:

Zona de riesgo	Palto	Citricos	Cerezo	Almendro	Kiwi	Uva	Nogales
Macrozona 1							
Macrozona 2							
Macrozona 3							
Macrozona 4							

Áreas con alta probabilidad de que el sistema tenga viabilidad económica

El análisis por macrozona no considera las singularidades locales a nivel de cada predio. Como lo muestran las imágenes termales de heladas en la región, existen pequeños sectores “azonales” donde el riesgo de helada es mayor al de la macrozona en que se encuentra, debido a la existencia de relieves bajos y encerrados. Al aplicar los criterios de esta matriz, esto debe ser tenido en cuenta.

5.2 Logro de Hitos.

Hito crítico 1. Diseño del intercambiador térmico y su cámara de combustión

El diseño avanzó al ritmo planificado, el grupo técnico se reunió numerosas veces con el ingeniero calculista, hasta que todas las consideraciones técnicas fueron recogidas por el diseño propuesto. El hito se cumplió cabalmente dentro de los plazos.

Hito crítico 2. Construcción de los intercambiadores térmicos

La construcción del intercambiador térmico tuvo dos partes: la primera fue la obra de maestranza, que tomó a su cargo la preparación de todas las piezas metálicas contempladas en el diseño. La segunda fue la obra de terreno, consistente en la bóveda y las derivaciones de las matrices de riego para conectar el sistema.

La primera parte tuvo sólo un ligero retraso debido a que los procedimientos de compras públicas, obligan a realizar licitaciones para este tipo de compras. Este retraso en nada afectó al proyecto. La obra de terreno tuvo un retraso algo mayor por cuanto tuvimos inconvenientes logísticos que nos obligaron a cambiar el predio donde se instaló el prototipo (cambiamos de Los Pretiles a Sofruco). Esto nos retrasó alrededor de un mes, habiéndose terminado en Junio de 2016 y se puso en operación total en la primera semana de Julio. Considerando que hasta Junio no hubo heladas, este retraso no afectó en nada al proyecto.

Hito crítico 3. Realización de las pruebas de campo

Las pruebas de funcionamiento comenzaron a Julio de 2016, las cuales duraron hasta fines del año. Estas pruebas entregaron la información necesario para optimizar la operación y evaluar el rendimiento del prototipo, aun cuando no tuvimos la oportunidad de probarlo bajo régimen de helada potencialmente dañina.

5.3 Actualizar análisis económico con y sin proyecto

5.4 Análisis de impacto logrado a la fecha medido y diferenciando en al menos los siguientes aspectos: descripción y cuantificación de los impactos obtenidos, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias; ventas y/o anuales (\$), nivel de empleo anual (JH), número de productores o unidades de negocio que pueden haberse replicado y generación de nuevas ventas y/o servicios; nuevos empleos generados por efecto del proyecto, nuevas capacidades o competencias científicas, técnicas y profesionales generadas.

Este punto no aplica del todo por cuanto este proyecto no fue concebido como pre-competitivo, aun cuando podría dar origen a emprendimientos y asesorías en control de heladas.

5.5 Resultados e impactos

5.10 En la medida que los resultados obtenidos permitan la elaboración de una ficha técnica (ejemplo ficha de cultivo), ésta debe ser adjuntada al informe.

6. Fichas técnicas y análisis económico del cultivo, rubro, especie animal o tecnología que se desarrolló en el proyecto, junto con un análisis de las perspectivas del rubro después de finalizado el proyecto.

Actualización de Fichas Técnicas elaboradas

Este punto no aplica completamente, no obstante esbozamos una ficha técnica del sistema

Dimensiones : 6 x 1.5 metros

Intercambiador térmico basado en malla de tubos Manesmann de 3 pulgadas

Diseño en 4 camaras de combustión independientes

3 a biomasa y 1 dual gas/biomasa

Alimentacion por escotillas frontales mediante carro sobre rieles

Consumo : desde 150 a 300 kg/hora de leña (eucalipto 20% humedad)

Flujo: 10 a 25 lt/segundo

Potencia para elevar la temperatura en 4°C a 10 lt/s: 1397 KWh

Potencia máxima (estimada) : 2800 KWh sólo biomasa

Potencia adicional cámara de gas : estimada en 950 KWh

Costo aproximado del prototipo: 15 millones

El prototipo debe aún sufrir varias mejoras cuya necesidad emergió de este primer año de operación. Entre las mejoras están: la reducción de pérdidas de calor por las entradas y salidas de los tubos, la aislación de las cúpulas con fibra de vidrio para retener más el calor, el posible uso de ventilación forzada podría aumentar significativamente la potencia. A nivel de la distribución es necesario probar aspersores con diferente tamaño de gota e intermitencia. Se debe establecer la relación entre temperatura de entrega y frecuencia de mojado de modo de optimizar la protección minimizando el consumo de agua. Una vez resueltos estos problemas, el prototipo posiblemente podría pasar a una fase comercial, aun es prematuro hablar de esto.

7. Problemas enfrentados durante la ejecución proyecto (legal, técnico, administrativo, de gestión) y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

- Retraso en el arribo del dron

La Universidad de Chile al ser una institución de carácter público debe someterse al régimen de compras de Mercado Público, y a una serie de controles por parte de la contraloría interna de la universidad. Lo anterior puede llevar a una demora de más de 3 meses en el proceso de compra, sobre todo en compras de elevado valor como fue la compra del dron más la cámara térmica. Anticipándose a esto el equipo del Centro AGRIMED una vez llegada la primera remesa, inicio inmediatamente el proceso de compra de modo de reducir a un mínimo los tiempos de este proceso.

Otra causa del retraso se debió a los plazos de entrega del proveedor, que son de 90 días desde el pago. Este plazo según la empresa proveedora se debe a los trámites de importación, internación en el país y armado del equipo. Estos plazos son aditivos

Frente a estos retrasos, se procedió a utilizar aeronaves de ala fija de la empresa proveedora en las primeras capacitaciones en uso de aeronaves no tripuladas. Esto sirvió para manejar los protocolos de vuelo y de seguridad.

- Retraso de la instalación del sistema precalentador

Con la finalidad de obtener un sistema precalentador más potente que permitiera asegurar la temperatura requerida, se decidió en el inicio del proyecto modificar el diseño, construir un solo sistema en vez de los 2 contemplados inicialmente, diseñando un sistema precalentador con 4 cámaras de combustión. La elaboración de este nuevo diseño retrasó en 2 semanas el inicio de la construcción del precalentador, habiendo retrasado en un mes la puesta en funcionamiento.

Durante la fase de construcción se visitó la maestranza encargada de la construcción (Talcahuano), en donde se realizaron modificaciones previas al ensamble final.

Las modificaciones descritas anteriormente, sumado al retraso debido a los procesos internos de compra, retrasaron en 1 mes la instalación del precalentador en el Fundo SOFRUCO.

- Invierno excepcionalmente benigno en sector del predio piloto (Peumo)

Debido al retraso en el inicio del proyecto y disponibilidad de recursos, se contó con solo una temporada de medición de heladas, y no 2 como se planteó en un inicio. Sumado a esto la temporada 2016 tuvo una baja incidencia en episodios de heladas en el sector de Peumo, siendo estas de una baja intensidad manteniendo la temperatura en todos los episodios sobre los 0°C.

8. Difusión de los resultados obtenidos

Durante la ejecución del proyecto se llevó a cabo una serie de charlas de difusión del proyecto destinadas a agricultores, profesionales y técnicos agrícolas. En donde se expuso sobre los diferentes métodos de control de heladas, la eficacia y restricciones de estos.

Seguido de la presentación del sistema pre calentador como una nueva alternativa al control de heladas, explicando las bases físicas de su funcionamiento, y los resultados de las experiencias realizadas hasta el momento de realizar cada una de las charlas.

Las Charlas se realizaron en las localidades de Peumo, Los Lirios, Linares, Panimávida, Talca, Curicó y Rancagua, enfocando los recursos de difusión en las regiones de O'Higgins y Maule. Adicionalmente se realizaron charlas de difusión en las ciudades de Casablanca y Chillan, zonas con una fuerte presencia de especies frutales y viníferas, susceptibles al daño por heladas.

En las ciudades de Parral y Rancagua se realizaron charlas técnicas destinadas a profesionales del mundo del agro y agricultores, en aspectos técnicos del comportamiento de heladas y control de estas. Adicionalmente en el caso de la charla de Parral, se realizó una charla en terreno, de aspectos a tener en cuenta ante un evento de helada, mas allá del método tecnológico de control.

Al momento de contar con los resultados de las pruebas del sistema precalentador, se realizó una charla en el Fundo La Rosa, comuna de Peumo, exponiendo los resultados y principales conclusiones obtenidos hasta el momento. En la misma instancia se dio pie a planificar futuras experiencias a realizar durante la temporada de heladas de este año.

Complementario a las charlas, se realizó una jornada de terreno en el Fundo Sofruco, en donde se presentó a agricultores y profesionales del lugar el sistema precalentador. Presentando su forma de operación, y aspectos climáticos a tener en cuenta al momento de la operación, los cuales también se detallan en el manual de operación del sistema precalentador elaborado durante el transcurso del proyecto.

9. Productores participantes

Antecedentes globales de participación de productores

REGIÓN	TIPO PRODUCTOR	GÉNERO FEMENINO	GÉNERO MASCULINO	ETNIA (INDICAR SI CORRESPONDE)	TOTALES
VI	PRODUCTORES PEQUEÑOS	9	24	No	33
	PRODUCTORES MEDIANOS-GRANDES	20	55	No	75
VII	PRODUCTORES PEQUEÑOS	6	30	No	36
	PRODUCTORES MEDIANOS-GRANDES	13	70	No	83

Antecedentes específicos de participación de productores

NOMBRE	UBICACIÓN PREDIO			Superficie Hàs	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		
Fundo Sofruco	VI			815, 46	Abril de 2016

10.Conclusiones

A pesar de las adversidades que hubo que enfrentar, se avanzó significativamente en el conocimiento de las posibilidades que otorga el precalentamiento de agua como sistema útil en la mejora del desempeño de sistemas tradicionales de control de heladas como son el viento y la aspersión.

El diseño, implementación y operación de una unidad experimental, fue abundante en resultados que permiten pasar a una fase más industrial, optimizando este primer prototipo.

Las pruebas de campo mostraron que pueden generarse importantes efectos benéficos en el microclima de los huertos a partir del agua precalentada, lo que se manifiesta finalmente en la temperatura de las hojas y, por lo tanto, en la prevención de daños provocados por la congelación de los tejidos.

La operación es simple y se demostró que un número importante de heladas podría controlarse sólo con el uso de biomasa, sólo las heladas más catastróficas requerirían apoyo de otro combustible.

Los costos de este prototipo podrían bajar en el futuro si se optimiza su diseño. Los prototipos siempre tienen costos más elevados, en este caso su costo total está alrededor de 15 millones. Esta cifra podría bajar al menos en unos 4 millones cambiando los materiales de la bóveda (metálica en vez de albañilería) y mejorando la eficiencia de la combustión que permitiría reducir su tamaño)

El proyecto ha contribuido significativamente a crear capacidades en Chile para continuar un trabajo sistemático en sistemas de evaluación de métodos de control de heladas.

11.Recomendaciones

Aunque esta acción de innovación avanzó significativamente, quedan aun varias incógnitas por resolver y procesos a optimizar. Igualmente falta mayor experiencia en los sistemas de aspersión más adecuados (gota, intermitencia, flujo) para optimizar la trilogía consumo de agua-temperatura del agua-temperatura a proteger (intensidad de las heladas). Sin esto los avances no servirán del todo para pasar a una fase que permita replicar sistemas que lleguen a los productores.

12.Otros aspectos de interés

Interesante ha sido la recepción de esta innovación en países vecinos que tienen similares problemas a los nuestros. Durante la ejecución del proyecto tuvimos la oportunidad de presentar la iniciativa en Uruguay y Argentina, donde la audiencia manifestó especial interés en los resultados y su deseo de estar informados sobre el curso del proyecto.

Los resultados permiten pensar que en un plazo de 1 o 2 años podría liberarse al uso público una solución probadamente efectiva y al alcance de los agricultores para reducir las pérdidas provocadas por las heladas. Debe destacarse que esta es una innovación enteramente nacional.

13.Anexos

Anexo 1: Charlas de difusión

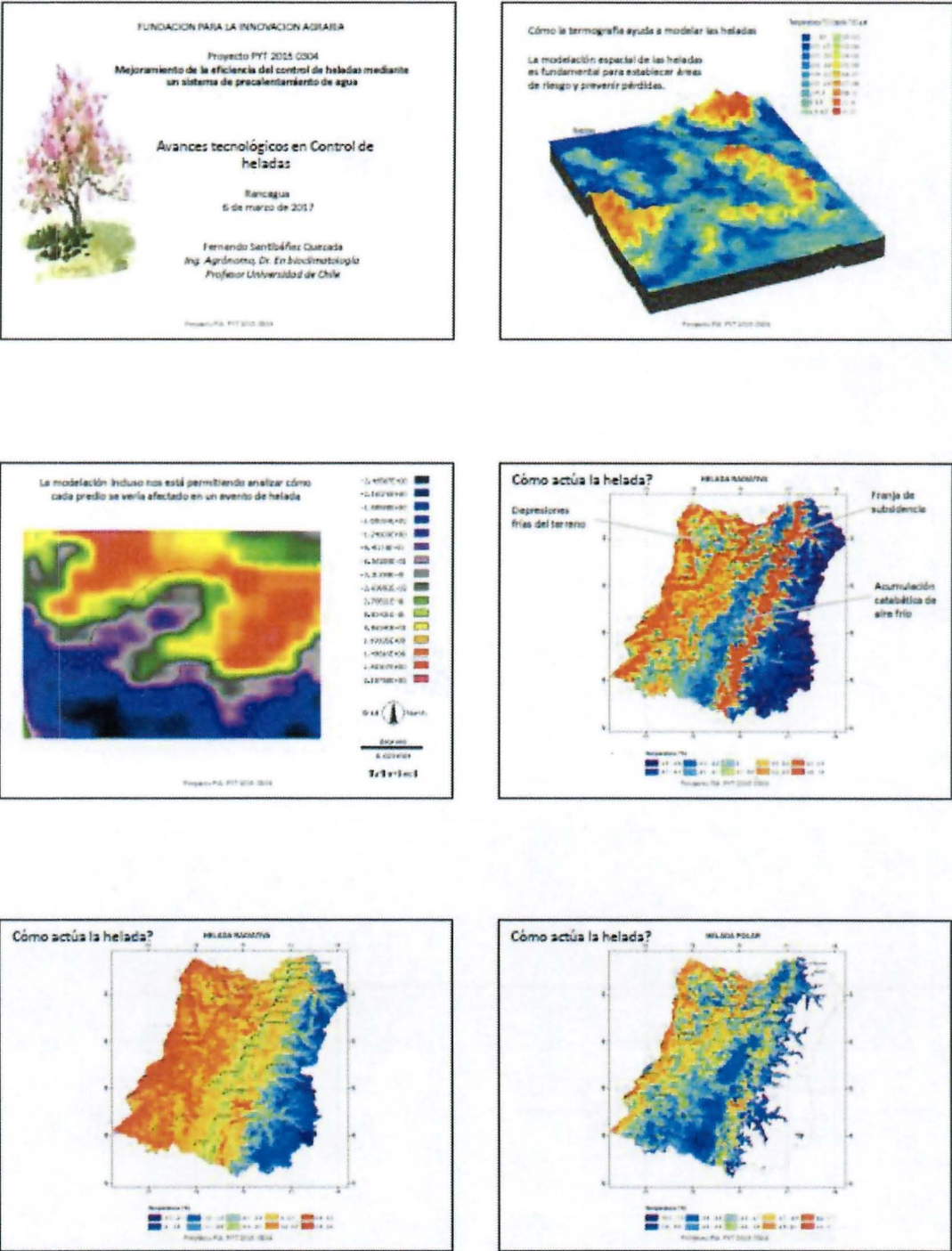


Figura 1 Parte de los contenidos vistos en las charlas de difusión.

Lo que propone el proyecto FIA PYT 2015-0304

Proyecto FIA PYT 2015-0304

Sistema de precalentamiento del agua para ser combinado con sistemas de aspersión y de ventilación

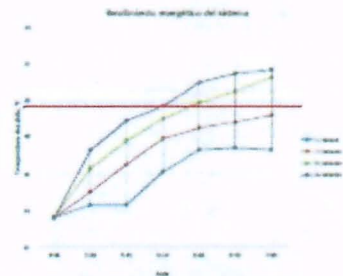


Proyecto FIA PYT 2015-0304



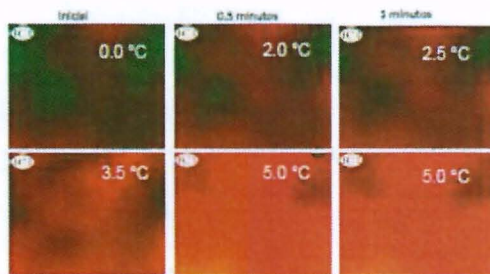
Foto del sistema instalado en Peumo, funcionando a dos cámaras

Proyecto FIA PYT 2015-0304



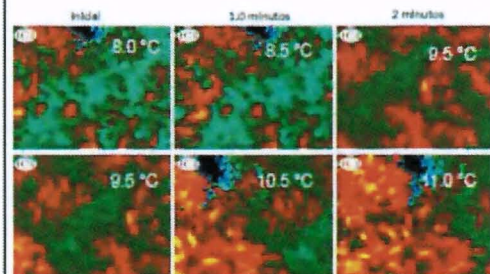
Elevación de la temperatura del agua por parte del precalentador prototipo instalado en Peumo

Proyecto FIA PYT 2015-0304



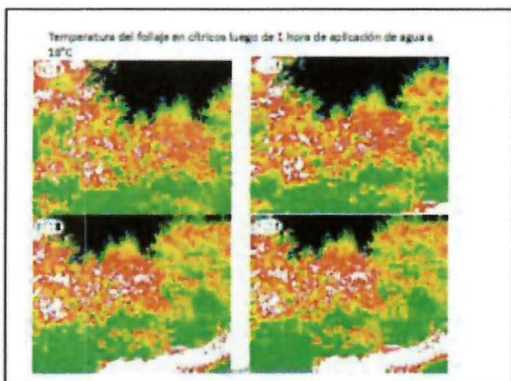
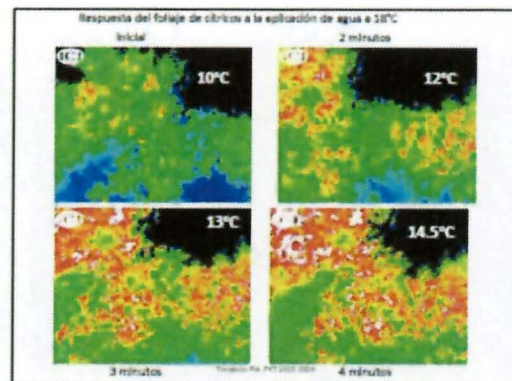
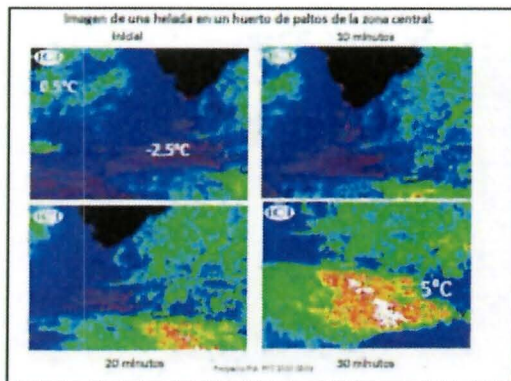
Cambio en la temperatura de la lámina de una hoja de naranjo en los minutos siguientes a la aplicación de agua a 70°C

Proyecto FIA PYT 2015-0304



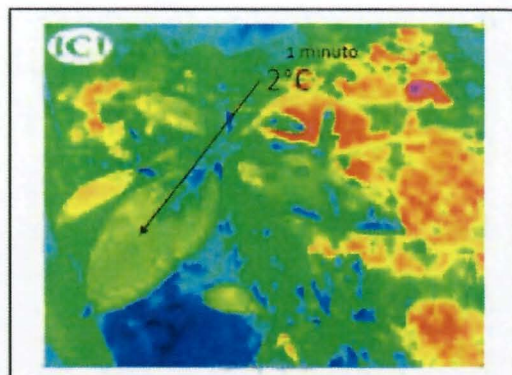
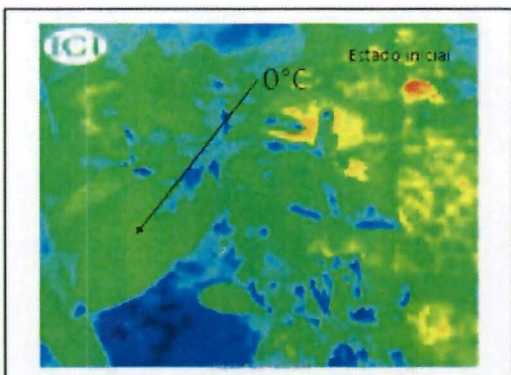
Cambio en la temperatura del follaje de naranjos en los minutos siguientes a la aplicación de agua a 70°C

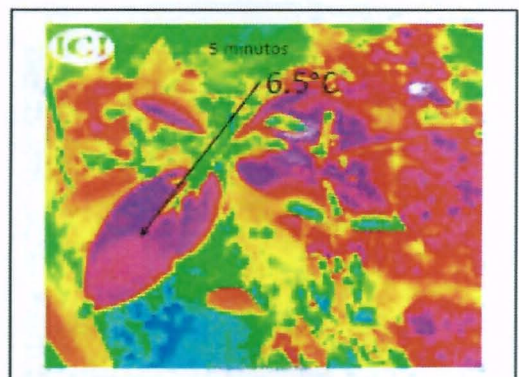
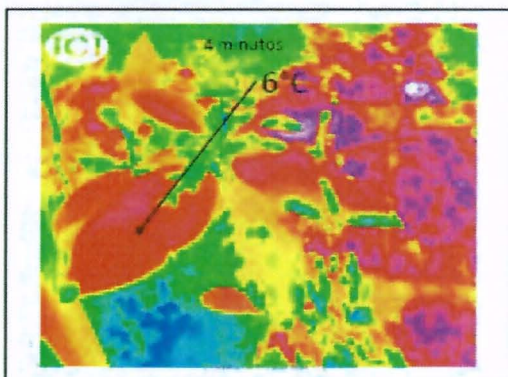
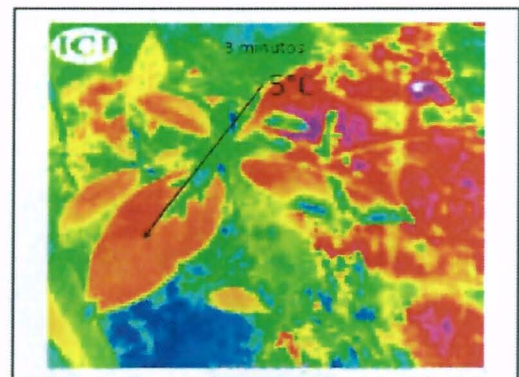
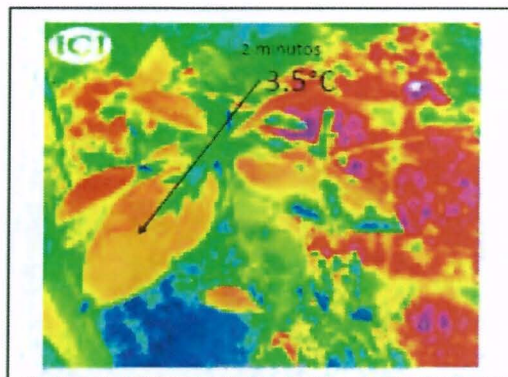
Proyecto FIA PYT 2015-0304



Con qué velocidad podemos rescatar una hoja de la congelación ?

Proyecto No. PNT 2000-0009





En síntesis...

Hemos avanzado significativamente hacia una solución al alcance de los agricultores.

Los resultados de este primer año sugieren que en un plazo de no más de tres años, podremos ofrecerles una efectiva solución que contribuya a reducir las pérdidas debidas a las heladas.

Y lo más importante, es una innovación enteramente nacional.

Proyecto de I+D+i 2014-2016

Anexo 2. Tablas de carga de combustible según niveles de temperatura requerida

Tablas de trabajo del precalentador

Aumento de temperatura deseado °C	Heladas entre 0 y -2°C			Helada entre -2 y -4°C			Heladas entre -4 y -6°C	
	leña de palto	leña eucalipto		leña de palto	leña eucalipto		leña de palto	leña eucalipto
1	49.2	38.5		73.8	57.7		98.5	76.9
2	98.5	76.9		147.7	115.4		196.9	153.8
3	147.7	115.4		221.5	173.1		295.4	230.8
4	196.9	153.8		295.4	230.8		393.8	307.7
5	246.2	192.3		369.2	288.5		492.3	384.6
6	295.4	230.8		443.1	346.2		590.8	461.5
7	344.6	269.2		516.9	403.8		689.2	538.5
8	393.8	307.7		590.8	461.5		787.7	615.4
9	443.1	346.2		664.6	519.2		886.2	692.3
10	492.3	384.6		738.5	576.9		984.6	769.2
11	541.5	423.1		812.3	634.6		1083.1	846.2
12	590.8	461.5		886.2	692.3		1181.5	923.1

Poder calorífico del gas propano 10800 Kcal/Kg.

1 Kg de gas propano equivale a 4.3 kg y 3.4 Kg de leña de palto y eucalipto respectivamente

Ahorro por reducción carga de agua aplicada

Al aplicar agua para controlar las heladas mediante aspersión, el flujo mínimo debe ser de 11 m³/ha hora, trabajando a temperatura ambiente, sobre dicha cifra deberá incrementarse en los valores indicados en el cuadro según sean las condiciones nocturnas.

Aportes de agua suplementarios a los 20 m³ /ha/hora necesarios para controlar las heladas en condiciones de aire seco y viento (m³ /ha/hora)

Velocidad del viento (m/s)				
Humedad relativa	0	1	2	3
90 %	0.1	3.6	7.3	10.9
80	0.2	7.3	14.6	21.9
70	0.3	10.9	21.9	32.8
60	0.4	14.6	29.2	43.7

El uso de agua no sólo debe ajustarse a un flujo mínimo, sino además se debe tener en cuenta el punto de partida, representado por la temperatura a la cual el sistema debe ponerse en funcionamiento. Para establecer el punto de partida puede usarse la tabla inferior.

Temperatura de partida del riego. El sistema se debe poner a funcionar a la temperatura indicada en el cruce entre la temperatura del bulbo húmedo (columnas) que sea igual o superior a la temperatura crítica de daño según el momento fenológico de la especie, y la del punto de rocío (filas).

Punto de rocío	Temperatura del bulbo húmedo (°C)					
°C	-5	-4	-3	-2	-1	0
0						0
-1					-1	0,7
-2				-2	-0,4	1,3
-3			-3	-1,4	0,2	1,9
-4		-4	-2,5	-0,9	0,8	2,4
-5	-5	-3,5	-1,9	-0,4	1,3	2,9
-6	-4,5	-3	-1,5	0,1	1,8	3,4
-7	-4,1	-2,6	-1	0,6	2,2	3,9
-8	-3,6	-2,1	-0,6	1	2,6	4,3
-9	-3,3	-1,7	-0,2	1,4	3	4,7

Fuente: adaptado de Snyder, 2000

Estas tablas son válidas para una temperatura de agua por debajo de los 15°C. El uso de agua precalentada a más de 18°C permitiría una reducción cercana al 25% de los volúmenes aplicados, es decir, la aplicación base se reduciría a 15 m³/ha hora y todos los valores adicionales lo harían en la misma proporción. Este ahorro, sobre superficies de varias hectáreas, puede ser muy significativo.

Anexo 3. Calculo de costos de operación del sistema

Los costos de operación del sistema se remiten al combustible y a la mano de obra. El sistema no tiene más costos debido a lo simple de su operación. Los costos de mano de obra son los directos, durante la faena de control de una heladas, donde se requiere de uno o dos operarios para la carga y vigilancia del sistema. Aunque el sistema puede operarse con un sólo operario, es recomendable la presencia de dos de modo que uno de ellos se encargue de la carga de las cámaras y el otro de los controles de temperatura y seguridad del sistema.

El consumo de combustible es variable según la temperatura de salida deseada (ver anexo 2), de modo que se trata de un costo variable en función de la intensidad de la helada y del tipo de biomasa disponible. En general el tipo de leña no influye tanto en el costo por cuanto el consumo es menor con leña de alto poder calorífico pero a su vez el precio es más elevado. En la mayoría de los predios cada año se producen grandes cantidades de leña proveniente de los residuos de poda y arranques de huertos. En este caso el costo de oportunidades nulo. Con todo, supondremos que todo el combustible es necesario comprarlo. Hemos supuesto un costo de \$90 y \$110 para los residuos de poda y leña de eucalipto respectivamente. Convirtiendo el consumo a valor se tendrían los siguientes gastos potenciales para un predio que no dispone de residuos:

Elevacion de la temperatura del agua	Costos de combustibles \$/hora		
	-2	-4	-6
1	4431	6646	8862
2	8862	13292	17723
3	13292	19938	26585
4	17723	26585	35446
5	22154	33231	44308
6	26585	39877	53169
7	31015	46523	62031
8	35446	53169	70892
9	39877	59815	79754
10	44308	66462	88615
11	48738	73108	97477
12	53169	79754	106338
Calculado en base a leña de calidad inferior (restos de poda)			

Anexo 4. Actividades de Difusión

Charla de difusión en Fundo la Rosa, Peumo

	ASISTENCIA CAPACITACION		Código: R-CAP-01
	Revisado por: Asistente Gerente Agrícola	Aprobado por: Gerente Agrícola	Revisión : 1 Páginas : 1 de 1 Fecha : 31 - Julio - 2009

Charla: HELADAS Y SU CONTROL

Relator: Fernando Santibañez

Fecha: 27/05/2016

Lugar: Salón Reuniones La Rosa

Horario: 15:00 -17:30hrs

Contenido:

	Nombre	RUT	Cargo
1	Hugo Poblete Herrera		Gerente de Produccion La Rosa Sofruco
2	Maria José Martínez Santibañez		Control fenología y estadísticas Caducas
3	Maria Genoveva Corvalán Gomez		Administrador Riego
4	Cecilia Guzmán Murillo		Asistente Gerencia Produccion
5	Raul Leiva Cáceres		Administrador Citricos y Paltos Sofruco
6	Luis Barrientos Barrientos		Administrador Citricos II Sofruco
7	Gino Nicoletti Vicencio		Administrador Caducas I
8	José Miguel Cáceres M.		Administrador Caducas II
9	Marcelo Vergara Contreras		Administrador Ciruelo Europeo
10	Erick Leiva Cáceres		Administrador Citricos y Paltos La Rosa
11	Carlos Gonzalez Soto		Administrador Viñedos
12	Jose Mery Grez		Administrador Maquinaria
13	Sergio Bustamante Vargas		Adminsitrador Cultivos
14	Andres O'Ryan Aguirre		Gerente Produccion Citricos y Paltos
15	Eugenio Maffei Rojo		Gerente Produccion Viñedos
16	Ramon Acuña Bustos		Gerente Contralor General La Rosa Sofruco

Figura 2 Lista Asistencia Charla Peumo

Charla de difusión en Los Lirios



Figura 3 Asistentes a la charla de difusión en Los Lirios

Nombre	Cargo
Vicente Torres	Administrador
Rafaela Cordova S. Jón.	
Fernando Lema	Comunicador Técnico
Fernando Juan	Administrador
María Morales	Supervisora
Angie Muñoz O.	Subadministradora
Sonia Lillo S.	Administradora
Guillermo Silva H.	Jefe de campo
Rafael Cerón S.	Jefe de campo
Fernando Lema	Jefe de campo
Héctor Kasten L.	Administrador
María Cordero G.	Sub Administradora
Boris Ruiz G.	Sub administradora
Andrés Tello V.	Administrador
Hernando Pérez	Comunicador Técnico
María Elena Díaz Torres	Dpto Técnico RC
MARCELA BRITO LAGOTIA SINO	SUBADMINISTRADORA
Juan Pablo Leizaola V.	ADMINISTRADOR

Figura 4 Lista de asistencia charla de difusión en Los Lirios

Charla de difusión en Panimávida



Figura 5 Asistentes a la charla de difusión en Panimávida

**NOMINA DE AGRICULTORES INVITADOS A LA 8ª VERSION DE LA JUNTA DE PRESIDENTES DE CANALES
DE LA ASOCIACION MAULE SUR LTDA., A REALIZARSE EL VIERNES 9 DE SEPTIEMBRE DE 2016
EN EL HOTEL DE PANIMAVIDA, A LAS 10.30 HORAS**

	NOMBRE AGRICULTOR INVITADO	FONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
1	Nelson Arturo González Muñoz			
2	Luis Muñoz Sepúlveda			
3	Javier Rentería Moller			
4	Fernando Gálvez Olave			
5	Leandro Bustamante Bustamante			
6	Fernando Jaque Valdebenito			
7	Guillermo Jara (Inmobiliaria Piedras Bayas-Fdo. La Estancia)			
8	Juan Antonio Coll (FRUCOL)			
9	Milton Salgado (Cítricos Uniagri)			
10	José Carlos Molina (Uniagri)			
11	Pedro Guzmán (Uniagri)			
12	Luis Vásquez (Uniagri)			
13	Alfredo Vergara (Uniagri)			
14	José Bueno -Agrícola El Porvenir S.A. (verfrut)			

Figura 6 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

15	Agrícola Villa Alegre (Fundo Las Perdices-Jilberto Sierra)			
16	Carlos Mejías Administrador Agrícola Copequén (David del Curo)			
17	Agrícola Lilianna Ltda.			
18	Jaime Galvez Olave			
19	Galiano Yañez (Soc. de Inversiones Río Pueliche)			
20	Jose Muñoz Fuentes			
21	Marcelo Yáñez Olivares - Administrador Fundo Quiriquiño			
22	Reinaldo Espinoza (Patagonia Food S.A.)			
23	AGRÍCOLA Y GANADERA CHRISTIAN ANDRESEN MÜLLER E.I.R.L.			
24	Forestal Mininco (Daniel Opazo Quilodrán)			
25	Luis Alfredo Flores Rojas (Maitencillo)			
26	Héctor Eduardo Álvarez Gallego			
27	César Clavel Salas (Dagoberto González 995991763-Roberto Rebolledo Pereira - 998725341)			
28	Germán Donoso (Agrícola Donoso Cruz S.A.)			
29	Juan Hiribarren (Flor Oriente)			
30	Héctor Sandoval Alamos - Liceo Agrícola Yervas Buenas			
31	Eduardo Muñoz Ibáñez			

Figura 7 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

32	Rodrigo Donoso Pérez			
33	Edgardo Pincheira Vásquez			
34	Agrícola Maquihuan (Rigoberto Barros Reyes)			
35	Carlos Roco			
36	Luis Delgado Azócar			
37	Octavio Sotelo (Pulgar y Ugarte)			
38	Julio Cordero Alborno			
39	Filomeno Rosales (Agrícola Santa Julia)			
40	Victor Campos Cerda			
41	Abraham Bravo Castillo			
42	Pablo Zapata (Maitencillo)			
43	Gladys Escalona Valenzuela			
44	Regina Ricci Araya			
45	Carlos Rebolledo Badilla			

OSCAR JAVIER OLIVARES.
Fernando Arredondo.
Gustavo Sepúlveda.
Jhon Bustos
Joselin Salazar, Jomayaz

Figura 8 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

EMPRESA	REPRESENTANTE	CORREO ELECTRONIO	FONO	FIRMA
IANSA	1. Giampiero Penna			
	2. Michele Van Rysselberghe			
	3. Francisco Guajardo			
TATERSALL	4. Aladino Fuentes			
COAGRA	5. Paulo Chaparro			
COPEVAL	6. Jorge Zavala G.			
JVRM	7. Francisco Concha - Melozal			
	8. Alfonso Barrientos - Maule Norte			
	9. José Manuel Silva - Maule Norte			
	10. Carlos Díez - Melado			
E-14 Sur 1	11. Mario Ortiz			

Figura 9 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

PRODESAL	Patricio Guzmán Aguirre			
YERBAS				
BUENAS	José Carreño Aguayo			
PRODESAL	Pablo Poblete			
COLBUN	Adolfo Jones			
	José Luis Carrera			

Figura 10 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Comunidad Canal Esperanza				
Canales que la integran		Representante	Teléfono	Firma
Canal Flor María	1	Jaime Horacio Pereira Alarcón		
Canal Santa Eduvigis	2	Raúl Ignacio González Landeros		
Canal Batro	3	Salvador Espinoza Quezada		
Canal Peñuelas		Salvador Espinoza Quezada		
Canal San Manuel				
Canal Terminal Esperanza				
Canal Benavente	4	Luis Gustavo Henríquez Medel		
Canal Michaud		Salvador Espinoza Quezada		

Figura 11 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Comunidades indígenas		Representante	Teléfono	Firma	
Comunidad Canal Nispero - Población	5	Manuel Antonio Grandón Cisterna		(5)	Si
Comunidad Canal Comunero San Dionisio	6	Segundo Antonio Pinochet Araya		(6)	Si
Comunidad Canal Comunero Sur					
Comunidad Canal Comunero Norte	7	José Rubén Sepúlveda Olivero		(7)	Si
Comunidad Canal Maulino	8	Carlos Ignacio Cerda Moreno			NO
Comunidad Canal Farto	9	Oscar Fernando Arroyo Sepúlveda		(9)	NO
Comunidad Canal Laurel	10	Guilivaldo del Carmen Concha Arriagada		(10)	Si +
Comunidad Canal Maulino Chico	11	Eliana del Carmen Benavides Saldaña		(11)	NO
Comunidad Canal Ricci	12	Rodrigo Varela Guevara		(12)	Si
Comunidad Canal Maitén	13	Luis Alberto Seguel Bravo		(13)	NO
Comunidad Canal Las Compuertas	14	Manuel Máximo Bustamante Zárate			NO

Figura 12 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Canales que la integran		Representante	Teléfono	Firma	
Canal Santa Ana 1		Fernando Arroyo Sepúlveda			
Canal San Jorge 2	15	Carlos Efraín Castro Valenzuela		(15)	Si
Canal Santa Ana 2	16	Leonardo Gálvez González		(16)	Si
Canal Santa Ana 3	17	Guillermo Raúl Del Pino Campos		(17)	Si +
Canal Quiriquiño 1	18	Eliseo Yáñez Barros		(18)	Si
Canal Quiriquiño 2		Guillermo Del Pino Campos			
Canal San Pedro	19	Marcelo Antonio Albornoz Avilez		(19)	NO

Figura 13 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Comunidad Canal Querí				
Canales que la integran		Representante	Teléfono	Firma
Canal Verdugo	20	Jorge Araya Molina		(12)
Canal Patagua	21	Luis Manuel Ramírez Silva		(18)
Canal Toma La Lancha		Fernando Arroyo Sepúlveda		
Canal Farto Bajo	22	René Bustos Soto		(19)
Flores Alto	23	Guillermo Gutiérrez Gajardo		
Flores Bajo		Guillermo Gutiérrez Gajardo		
Canal El Maqui		Guillermo Gutiérrez Gajardo		
Canal Romero Bustamante		Guillermo Gutiérrez Gajardo		
Canal Esmeril Sur		Guillermo Gutiérrez Gajardo		

Figura 14 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Comunidad Canal Largo Urruticador				
Canales que la integran		Representante	Teléfono	Firma
Canal San Jerónimo	24	Felipe Santiago Lagos Méndez		(15)
Canal San José	25	Sergio del Carmen Zurita Zurita		no contesta
Canal Salgado	26	Pedro Antonio González Pinochet		(11)
Canal Porvenir	27	Felipe Hernando Muñoz Caro		
Canal Santa Dolores 1	28	Daniel Osses López		(22)
Canal Vista Hermosa	29	Eduardo Toro Hiribarren		(23)
Canal Villarreal	30	Carlos Rebolledo Pereira		(20)
Canal Lucero La Mañana	31	Julio Villalobos Villalobos		(21)

Figura 15 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Comunidad Canal Colbún				
Canales que la integran		Representante	Teléfono	Firma
Canal Santa Dolores 2	32	Maria Luz Vergara Moya		(76)
Canal Doce	33	Miguel Araya Carrera		(12)
Caracoles	34	Alberto Escalona Fuentes		(12)
Canal El Maitén		Maria Luz Vergara Moya		
Canal Comunero Colbún	35	Francisco Muñoz Pinochet		
Canal San Dionisio	36	Juan Saavedra Osses		(29)
Canal Millamalal	37	ASISTE DON CRISTIAN HERNANDEZ ALFARO Eduardo Chaparro Arias		(30)
Canal Las Brisas	38	Juan Carlos Sotomayor Salgado		(21)
Canal La Quinta	39	ASISTE DON RICARDO SEPULVEDA HERNANDEZ Julio Sotomayor Salgado		(32)
Canal San Nicolás Colbún	40	María Paulina Zañartu U.		

Figura 16 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Comunidad Canal Machicura				
Canales que la integran			Teléfono	Firma
Canal Olivar - Machicura Alto		Felipe Lagos Méndez		
Canal Patagua - Chicharra	41	Froilán Barros Quinteros		
Canal Santa Dolores 3	42	Orlando González B.		(33)
Canal Arias	43	Manuel Pinochet Q.		(34)
Canal Avellano	44	Enrique González González		(35)
Canal El Hueso		Manuel Pinochet Q.		
Canal Viñita		Manuel Pinochet Q.		
Canal Alfalfa	45	Cristian Morales González		(36)
Canal San Nicolás Machicura	46	Alejandro Paredes		
Canal Santa Elena Bajo	47	Juan San Martín		(37)
Canal Santa Elena Alto	48	Domingo Parra Alvarez		(38)
Canal Santa Elena Bajo - Ramal Floresta	49	Gonzalo Ugarte Azócar		(39)
Canal Babilonia	50	Marcos Marín Sánchez		

Figura 17 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Comunidad Canal Arguén y San Ramón				
Canales que la integran		Representante	Teléfono	Firma
Canal San Ramón	51	Manuel Navia Solorza		(50)
Canal Comunero Chico		Eliseo Yáñez Barros		
Canal San Jorge 1	52	Sergio Galvez Olave		(44)
Canal Flor Lillo		Eliseo Yáñez Barros		

FERROVIAL				
Secretario Comunidad Canal Maule Sur Sector	53	Guillermo Del Pino Escalona		(58) 53
Director Comunidad Canal Maule Sur Sector A	54	Raúl Patricio González Campos		(63) 54
Director Comunidad Canal Maule Sur Sector A	55	Manuel Avendaño Navarro		(64) 55

Figura 18 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Canales que la integran		Representante	Teléfono	Firma
Comunidad 1 Canal Sta. Elena Alto Nº 1	1	Pedro Navia en rep. de Don Boris Navarro B.		(42) 1
Comunidad 2 Canal Sta. Elena Alto Nº 2	2	Nelsón Méndez Soto		(38) 2
Comunidad 3 Canal Sta. Elena Alto Nº 3	3	Victor Villarreal Guzmán		
Comunidad 4 Canal Sta. Elena Alto Nº 4	4	Héctor Enrique Méndez Fuentealba		(82) 4
Comunidad 5 Canal San Rafael-Las Cabras, El Macho y Santa Blanca	5	Luis Barros Edwards		(69) 5
Comunidad 6 Canal Sta. Elena Alto Nº 6	6	Florencio Tejos Martínez		(69) 6
Comunidad 7 Canal Estero La Barra	7	Emilio Bouchon Sepúlveda		(37) 7
Comunidad 8 Canal Sta. Elena Bajo-Floresta Nº	8	Mario Yon Castro		(51) 8

Figura 19 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Comunidad 9 Canal Flor Lillo B	9	Hugo Parada Espinoza			2
Comunidad 10 Canal Flor Lillo N° 3	10	Roberto Hiribarren Eyheramendy			3
Comunidad 11 Canal Caracoles Media Máquina	11	Luis Vladimir Cáceres Navarrete			4
Comunidad 12 Canal Abránquil "B"	12	Demetrio Larrain Donoso			5
Canal San Agustín	13	Ricardo Zurita Muñoz			13
Canal Santa Gemita	14	Vicente Castro-Zagal			16
Canal Santa Gemita-Ramal Esmeralda					
Canal Santa Gemita-Esmeralda Bajo					
Canal Vencedor	15	José Muñoz Tapia			52
Canal Alimentador Estero Abránquil					
Canal Reinaldino	16	Manuel Barrera Díaz			17

Figura 20 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Canal Abránquil Muñoz	17	René Figueroa Muñoz			18
Canal Astete					
Canal La Peña	18	Lucía Sepúlveda Jara			19
Canal Las Rosas	19	Manuel Antúnez Antúnez			20
Canal San José					
Canal Alimentador San Jorge		Manuel Antúnez Antúnez			
Canal San Juan de Dios 1					
Canal San Juan de Dios 2					
Canal San Juan de Dios 3					21
Canal Quilpín Bajo	20	Ulises Bravo Crisóstomo			22
Canal Santa Gemita Bajo	21	Jorge Moya Moya			23

Figura 21 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Canal Ferrada	22	Victor Manriquez			8
Canal Rebolledo	23	Daniel Barrera Díaz			10
Canal Unificado Tapia-Villar-Los Puquios	24	César Vera Aravena		(62)	5
Canal Torres					
Canal M. Tapia - Las Toscas					
Canal Comunero				(62)	0
Canal Valdés	25	Juan Clemente Quiroga			
Canal Entrega Terminal					
Comunidad 13 Canal El Carmen	26	Sijisfredo Lillo Méndez			5
Comunidad 15 Benavente "B"	27	Francisco Méndez San Martín		(62)	5

Figura 22 Lista de asistentes charla de difusión en Panimavida

Charla de difusión en Talca.



Figura 23 Asistentes charla de difusión en Talca



Universidad de Chile
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

LISTA ASISTENCIA
Charla Difusión Proyecto FIA Heladas PYT-2015-0304

Talca, 11 nov 2016.

N°	Nombre	RUT	Institución o Comuna	Profesión u Oficio	Firma
1	Enrique Pariz		Concepcion	Ing. Agronomo	
2	Heriberto Lopez		Concepcion	tecnico Agrícola	
3	Nicolás García		Piña (SAT)	PROF. FERTILIZ	
4	Manoel Andrade		Concepcion	Ing. Agronomo	
5	Marcelo Padilla		L. Castro	Ing. Agronomo	
6	Guillermo Andon		Concepcion	Técnico	
7	José Pablo H.		Concepcion	Técnico	
8	Laura Lopez		Rio Claro	Lic. Agronomo	
9	Claudio Truc G.		Trochil LTDA	Ing. Agronomo	
10	José Bustamante		Osorno SAT	Ing. Agronomo	
11	Guillermo Flores		S. Clemente	Asesor SAT	
12	Ramon Soto		S. Clemente	Asesor SAT	

Figura 24 Lista de asistencia charla de difusión en Talca

N°	Nombre	RUT	Institución o Comuna	Profesión u Oficio	Firma
13	Juan Castro		Consentim	Imp. Apuntes	
14	Roberto Lobo		Salvador	Ac. Soc	
15	Rodrigo Villanet		MT Bioenergi	L. Apuntes	
16	José Bustos		Talca	Ing. Agrónomo	
17	Pablo Curi		CCO	Agricultor	
18	Andrés T. F.		Curi	Ing. Agrónomo	
19	Vicente Soto		San Juan	Ing. Agrónomo	
20	María Soto		San Juan	Ing. Agrónomo	
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					

Figura 25 Lista de asistencia charla de difusión en Talca

Charla de difusión en Linares



Figura 26 Asistentes charla de difusión en Linares.

Avances en Control de Heladas Proyecto FIA PYT-2015-0304



COPEFRUT SA

Lanzamiento Temporada Arándanos Temp. 2016/2017
Planta Linares / Lunes 05 de Diciembre 2016 / 17:00 hrs.

N°	Razón Social	Nombre Participantes
1	FRUT W LA DOLCE DULCE	RAIMUNDO HAJAPSO
2	HERNANDEZ DE LA FUENTE	EUGENIO DE LA FUENTE
3	AGROCOLA RETIRO	MILTON DELA FUENTE
4	Frutales del Valle, Chile	Mano del Valle
5	Frutales del Valle, Chile	Frutales del Valle
6	DELTA JALISCO LTDA	Mano del Valle
7	DELTA JALISCO LTDA	Mano del Valle
8	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.
9	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.
10		
11	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.
12	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.
13	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.
14	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.
15	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.
16	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.
17	Mano del Valle R.	Mano del Valle R.

Figura 27 Lista de asistentes charla de difusión en Linares

Avances en Control de Heladas Proyecto FIA PYT-2015-0304		
 COPEFRUT S.A.		
Lanzamiento Temporada Arándanos Temp. 2016/2017 Planta Linares / Lunes 05 de Diciembre 2016 / 17:00 hrs.		
N°	Razón Social	Nombre Participantes
18	Aerícola Retiro	Jorge Fendryne
19	San Luis Linares	Roberto Pizarro
20	Intero Pizarro	Roberto Pizarro
21	Chad Aguirre Vilma	Chad Aguirre i.
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		

Figura 28 Lista de asistentes charla de difusión en Linares

Charla de difusión de resultados finales en Peumo



Figura 29 Asistentes charla de difusión Peumo

6/4/2017

Lista de asistencia
 División resultados Proyecto FIA
 Día de campo Fondo Soberano Fianza

Nombre

Mario Riquelme Otero
 EDUARDO PINO MENA
 Luis BARRIANTOS
 Marcelo Vergara
 Mc Gunder Contreras
 ERICK LEIVA CORDERO
 Segundo GONZALEZ
 RODOLFO CIGARRA GUINEZ
 ANDRES O'RYAN A.
 Hugo Poblete N.
 Ismael Ossa L.
 EUGENIO MAFFEI R.

Figura 30 Lista de asistencia charla de difusión en Peumo

Anexo 2: Charlas técnica sobre teoría y práctica de los sistemas de control de heladas

Charla técnica en Parral (31 de Marzo 2017)



Figura 31 Asistentes charla técnica en control de heladas en Parral



Figura 32 Asistentes charla técnica en control de heladas en Parral

Charla técnica en Rancagua (6 de Abril de 2017, Centro Las Palmeras)



Figura 33 Asistentes charla técnica en control de heladas en Rancagua

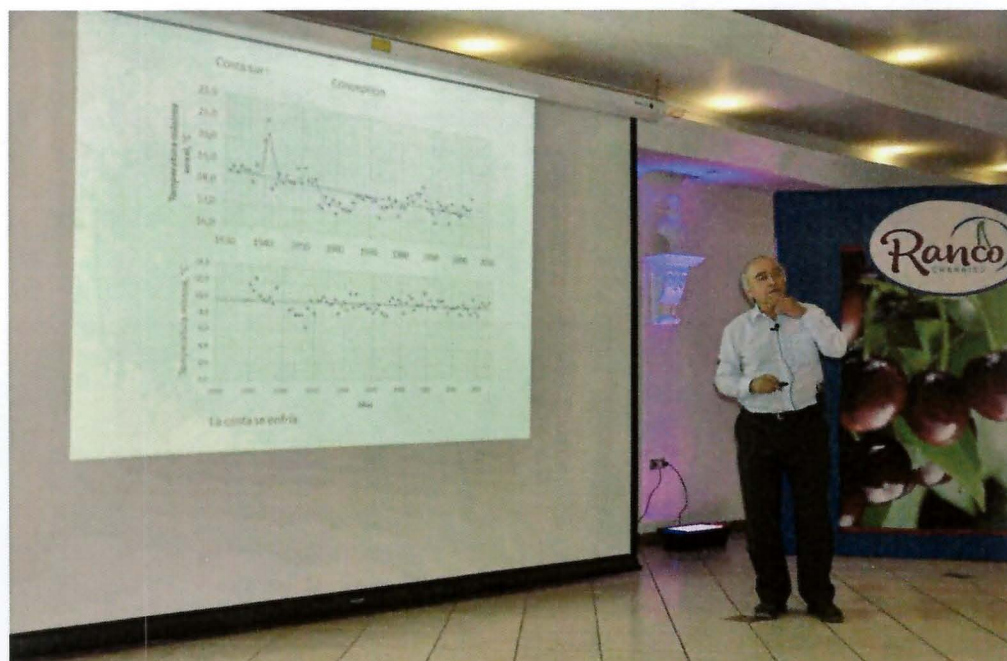


Figura 34 Exposición charla técnica en control de heladas en Rancagua

Nombre	Teléfono	Grupo
Christian Abud C.		Abud-Abud
Martín Abud		
Sebastián Jiménez		
Pablo Novoa		Abud-Abud
Felipe Álvarez		Abud-Alvarez
Ismael González		Abud-Alvarez
Patricio Butrón		Abud-Butrón
Matías Jahn		San Vicente
Ernst Jahn		Chillán
Renato Huber		Huber
Juan Espinoza		Huber
Paul Becerra		Huber
Rafael Labbé E.		La Soledad
Jorge Lavandero		Lavandero
Militza Ivelic		
Héctor Valdés		Nva. Sn. Fco - Hnas. Valdés
Pamela Roa		San Vicente
Sergio Correa		San Vicente
Claudio Vergara		SVR-Aculeo
Rodrigo Belmar		SVR-Aculeo
Carlos Gallardo		SVR-Aculeo
J. Orlando Sáenz		Totihual-Sáenz-Brotes-Criollos
Juan Pablo Saenz		Totihual-Sáenz-Brotes-Criollos
José Gallardo		Totihual-Sáenz-Brotes-Criollos
Fernando Farías		Totihual-Sáenz-Brotes-Criollos
Sergio Troncoso V.		Troncoso
Maximo Larraín		
Nicolás Amenabar		
Gabriel Gajardo		
Jorge Prieto		
Ignacio Jara		
ZIMEX (Tow Blow)		Torres Tow Blow
TECNIPAC (Horchard Rite)		Torres Orchard Rite
Rodrigo Alfaro		Asesor
Claudio Vial L.		Ranco
Paulina Villalobos		Ranco
Yohany Poo		Ranco
Camila Olivares		Ranco
Rodrigo Cabello		Ranco
Juan Carlos Vistoso		Ranco

Figura 35 Lista
charla técnica

heladas en Rancagua

de asistentes
en control de

Nombre	Teléfono	Grupo
Carolina Bustamante		Ranco
Cristián Benavente		Ranco
Juan Latife		Ranco
Rodrigo Bustos		Ranco
Pamela Osorio		Ranco
Graciela Ramírez		Ranco
Alberto Merino		Ranco
Sergio Mánquez		Ranco
Angela Fuentes		Ranco
Juan Ramón Balbi		Ranco
Andrés Illanes		Ranco
Victoria Zapata		Ranco
Servando Jordán		
Samuel León		Totihual-Sáenz-Brotes-Criollos
Luis Villalobos		
Claudio Murillo		
Sebastián Navarro		
Andrés Troncoso		
Axel Urrutia		
Jessica Saavedra		
Mauricio Alvarez		

Figura 36 Lista de asistentes charla técnica en control de heladas en Rancagua

Centro de eventos Las Palmeras

Apéndice 3: Talleres de capacitación, captura y procesamiento de imágenes térmicas y capacitación manejo de dron.



Figura 37 Primera jornada de capacitación en uso del multicoptero y la cámara térmica



Figura 38 Segunda jornada de capacitación en el uso del dron y cámara termica.



Asistencia Capacitación en el uso del multicoptero y cámara termal

Sábado 20 de Agosto de 2016

Nombre	Firma
Felipe Huiza Contreras	
Paulina González Mendoza	
Paula Santibáñez Varnero	
Carolina Caroca Torres	
Fernando Santibáñez Quezada	
Pablo Perry Cavieres	
Cecilia Melillán Furicoyán	

Figura 39 Lista asistencia capacitación en el uso del multicoptero y cámara térmica.

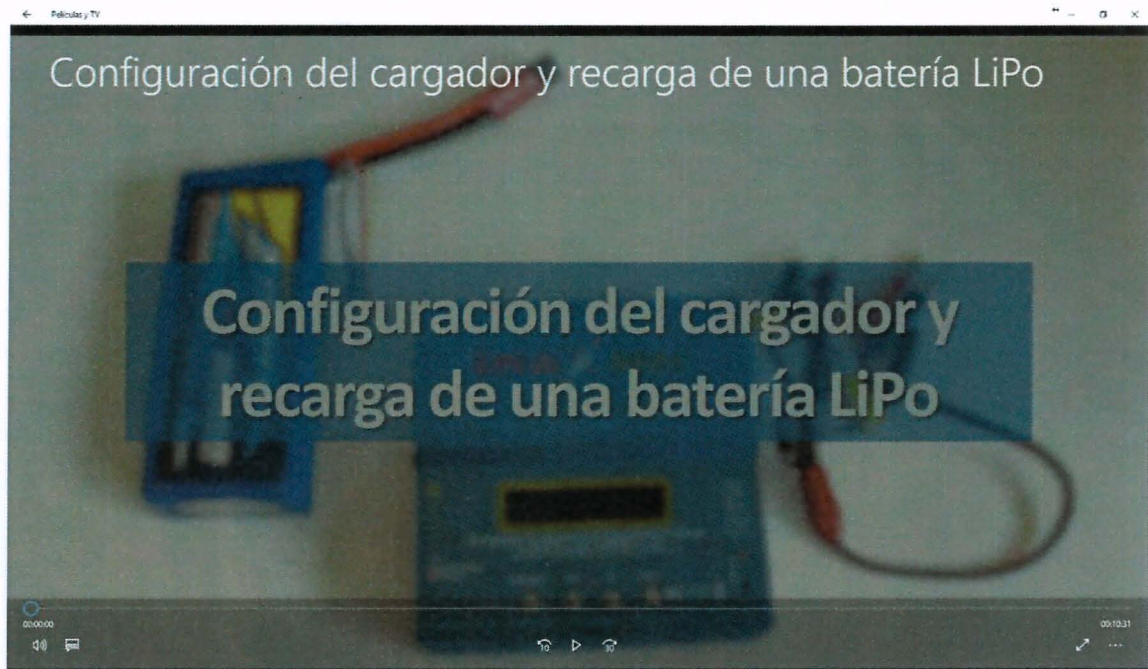


Figura 40 Video tutorial de uso del cargador de baterías del multicoptero.

14. Bibliografía Consultada

Bonhomme M et R. Rageau 1993, Seuils de sensibilité au froid du matériel végétal en arboriculture fruitière. IN : Le gel en Agriculture. Commission d'Agrometeorologie de l'INRA, France, Paris

Castro J. Y S. Margozzini, 1996, Situación técnica y productiva del almendro en Chile. Aconex (Chile), 51: 5-9.

INRA, Commission d'Agrometeorologie . 1993, Le Gel en Agriculture . Paris, France, 279 p

Kurz, M., A.Y. Burch, B. Seip, S.E. Lindow, and H. Gross. 2010. Genome-driven investigation of compatible solute biosynthesis pathways of *Pseudomonas syringae* pv. *Syringae* and their contribution to water stress tolerance. *Applied and Environmental Microbiology* 76(16): 5452-5462.

Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*, Vol. 1 (2nd ed). New York NY: Academic Press. 497p.

Mohler, O., D.G. Gerrakopoulos, C.E. Morris, S. Benz, V. Ebert, S. Hunsmann, H. Saathoff, M. Schnaiter. 2008. Heterogeneous ice nucleation activity of bacteria: new laboratory experiments at simulated cloud conditions. *Biogeosciences* 5: 1425-1435.

Morris, C.E., D.C. Sands, B.A. Vinatzer, C. Glaux, C. Guilbaud, A. Buffiere, S. Yan, H. Dominguez, and B.M. Thompson. 2008. The life history of the plant pathogen *Pseudomonas syringae* is linked to the water cycle. *The ISME Journal* 2: 321-334.

Sakai A, Larcher W. 1987. Frost survival of plants . Berlin: Springer

Santibañez F. 1994 Crop Requirements - Temperate crops . IN: J. Griffiths (De), Handbook of Agricultural Meteorology, Chapter 17. Oxford University Press, p 174-188.

Santibañez F. y J. Uribe 1993 Atlas Agroclimático de Chile. Universidad de Chile, Laboratorio de Agroclimatología, Santiago 125 p

Snyder, R. 2000 Principles of Frost Protection. FP005 Quick Answer, University of California, Davis, Atmospheric Sci. 13 pp.

Steven E. Lindow, D. Arny, and Ch. Upper 1982 *Plant Physiol* (70): 1084 -1089

University of California, Division of Agricultural Sciences, 1979. Protecting Citrus from Cold Losses. Leaflet 2372. 19 p

Warren M. and D. Kester 1978, Almond Orchard management. University of California. Priced Publication N° 4092, 150 p

Yuri J. 1992. Las heladas en la Fruticultura. Revista Frutícola 13 (2): 69-74.

Skirvin R.M., E. Kohler , H. Steiner , D. Ayers , A. Laughnan , M.A. Norton , M. Warmund, 2000, The use of genetically engineered bacteria to control frost on strawberries and potatoes. Scientia Horticulturae 84 (2000) 179-189

Proyecto FIA PYT-2015 0304

UNIDAD DE PRECALENTAMIENTO DEL AGUA PARA SISTEMAS DE CONTROL DE HELADAS

Manual de usuario



Abril de 2017

Introduccion

Este documento resume las consideraciones que es necesario tener en cuenta para la implementacion y operación del sistema de precalentamiento de agua, que puede ser asociado al control de heladas por aspersion y por la combinacion de aspersion y ventilacion. El sistema consiste en una unidad que permite elevar la temperatura del agua ente 1 y 10°C de modo de alcanzar o superar los 18°C, que es el limite que garantiza una optima contencion del enfriamiento de los tejidos, manteniéndolos a temperaturas sub-congelantes

El sistema consiste en una unidad constituida de un intercambiador de calor, hecho con 36 tubos de caldera, por donde pasa el agua por 4 cámaras de combustión que pueden funcionar a biomasa o gas. El agua pre-calentada va al huerto a través de aspersores de superficie o de aspersores elevados, apelando a una entrega gradual y en pequeñas dosis de calor sobre la superficie del huerto o directamente sobre el follaje a proteger. Las experiencias mostraron que con esta metodología pueden prevenirse daños provocados por heladas de hasta -4°C y probablemente más intensas dependiendo de la temperatura de salida del agua en el pre-calentador. La simpleza del diseño, hecho con materiales y tecnología completamente nacionales, permite pensar que es un sistema con buen potencial para ser usado por agricultores de diferente tamaño, ayudándoles a prevenir las enormes pérdidas que hemos visto en estos últimos años.

Preparacion sistema pre calentador

- **Instalar y revisar sensores de temperatura.**

Se deben instalar los sensores de temperatura (PT 100) en los orificios ubicados en la entrada y salida del sistema pre calentador de agua, procurando mantener sellado el sistema pre calentador, mediante el uso de cinta teflon en la rosca de los sensores.

- **Retiro de cenizas.**

Antes de realizar la primera carga de leña en las camaras destinadas al uso de biomasa como combustible, se debe retirar toda la ceniza que puedan contener los carros contenedores. Asi evitando un posible rebalsamiento de cenizas producto la de combustion por varias horas de biomasa.

En el caso de la camara a gas, es necesario retirar los restos de cenizas presentes, de forma de evitar taponamientos en los inyectores a gas.

- **Abrir llaves de paso gas.**

En caso de utilizar la camara con el sistema de quemadores a gas, es necesario , preocuparse de abrir las llaves de paso de gas ubicadas en el sistema pre calentador y en el estanque o balones de gas.

- **Disponer leña suficiente .**

Es necesario contar con un stock suficiente de leña seca que permita mantener el sistema funcionando por 9 horas de forma continua. El volumen necesario variara del tipo de leña, dadas las diferencias del potencial calorico entre diferentes especies.

Puesta en marcha de las camaras a biomasa.

El sistema demora alrededor de 1 hora en llegar a su máximo potencial de calentamiento. Por lo anterio es necesario iniciar la combustión al menos 60 minutos antes de que la temperatura del aire llegue al valor critico considerado de peligro.

Para el encendido deben retirarse los carros, cargarse de combustible y encenderse fuera de las cámaras, permitiendo facilitar el inicio del fuego. Cuando el fuego alcance una magnitud suficiente para poder agregar leña sin problemas de que se apague , se pueden ingresar los carros a la cámara. Desde ese momento en adelante, la reposición del combustible puede hacerse sin retirar los carros, usando la escotilla frontal.

Al ingresar los carros al interior de las cámaras es necesario verificar que el agua este circulando por dentro de las tuberías del sistema pre calentador, para así evitar sobrecalentamiento peligrosos..

A partir de este momento se debe aportar constantemente leña tratando de mantener una combustión constante, sin retirar los carros de la cámara para evitar cambios bruscos en la tasa de combustión. Debe procurarse que la altura de llama envuelva a los tubos intercambiadores. Para este proceso, ver tabla de consumos al final de este documento.



Puesta en marcha de la cámara a gas.

Ideal es conectar el sistema a cilindros industriales de 180 kg o mayor capacidad.

De no contarse con estanque de este tipo, el sistema puede conectarse con al menos 3 cilindros de gas de 45kg conectados en línea a la red de gas del sistema pre calentador, lo que permitirá evitar el congelamiento interno de los cilindros de gas licuado

Al igual que en el caso de las cámaras a biomasa, es necesario contar con agua circulando por dentro de las tuberías del sistema pre calentador, para evitar el recalentamiento de las tuberías internas.

Una vez encendidos los quemadores, la escotilla puede cerrarse, dejando un espacio de unos 10 cm abiertos en la parte inferior. Para ello el sistema cuenta con un pasador que permite bloquear la escotilla. Este espacio garantizará la entrada constante de aire al sistema, manteniendo una combustión bien abastecida de oxígeno.

Apagado del sistema

Cuando sea necesario apagar la combustión de biomasa, se recomienda retirar los carros desde las cámaras de combustión usando para ello el gancho de que dispone el sistema, y verter agua (se requiere un balde) hasta apagar por completo el fuego. Una vez apagado, re-ingresar los carros a las cámaras y bajar la escotilla a su posición de guardado..

En el caso de la cámara a gas, solo basta con cortar la llave de paso del sistema controlador de los cilindros de gas, y luego cortar la llave de paso ubicada en el sistema pre calentador. Luego bajar la escotilla a su posición cerrada.

Después de retirados los carros a biomasa y cortado el flujo de gas, dejar el agua circulando por las tuberías 5 minutos para enfriar el sistema y evitar accidentes.



Tabla de consumo de combustible para diferentes intensidades de heladas.

Aumento de temperatura deseado °C	Heladas entre 0 y -2°C			Helada entre -2 y -4°C			Heladas entre -4 y -6°C	
	leña de palto	leña eucalipto		leña de palto	leña eucalipto		leña de palto	leña eucalipto
1	49.2	38.5		73.8	57.7		98.5	76.9
2	98.5	76.9		147.7	115.4		196.9	153.8
3	147.7	115.4		221.5	173.1		295.4	230.8
4	196.9	153.8		295.4	230.8		393.8	307.7
5	246.2	192.3		369.2	288.5		492.3	384.6
6	295.4	230.8		443.1	346.2		590.8	461.5
7	344.6	269.2		516.9	403.8		689.2	538.5
8	393.8	307.7		590.8	461.5		787.7	615.4
9	443.1	346.2		664.6	519.2		886.2	692.3
10	492.3	384.6		738.5	576.9		984.6	769.2
11	541.5	423.1		812.3	634.6		1083.1	846.2
12	590.8	461.5		886.2	692.3		1181.5	923.1