

## INFORME TECNICO Y DE GESTIÓN FINAL

### EJECUTOR:

Nombre	Nombre: Comercializadora Zimex Limitada
Giro	Insumos Agrícolas
Rut	76262370-6
Representante	Pier Luigi Zecchetto Brughera

**NOMBRE DEL PROYECTO:** Manejo Inteligente y Sitio-Específico del Control de Heladas por Advección (polar) y Radiante Severa, a través de Hélices Portátiles con Sistema de Inyección de Calor.

**CODIGO:** PYT 2015-0296

**Nº INFORME:** FINAL

**PERIODO:** desde Agosto de 2016 hasta Marzo de 2017

### NOMBRE Y FIRMA COORDINADOR PROYECTO

Nombre	Pier Luigi Zecchetto Brughera
Rut	
Firma	

## I. RESUMEN EJECUTIVO

*Resumen ejecutivo del desarrollo del proyecto, sus resultados y los impactos esperados. Debe ser globalizante, incorporando aspectos de importancia general dentro del proyecto, y dejando la discusión de detalle en el Texto Principal. Debe ser corto y específico, no repitiendo las discusiones, análisis y calificaciones específicas contenidas en el Texto Principal.*

Los métodos activos para el control de heladas existentes actualmente en las regiones de O'Higgins y Maule, en la mayoría de los casos, no fueron capaces de controlar las heladas del mes de septiembre del año 2013, con importantes perjuicios sociales y económicos para estas regiones. De acuerdo a cifras oficiales, los efectos de estas heladas fueron devastadores para la agricultura en general. Desde pequeños agricultores hasta grandes empresas agrícolas sufrieron el daño producido, afectando no sólo sus producciones anuales, contratación de mano de obra y estabilidad financiera, sino también las producciones de las temporadas siguientes.

De las regiones más afectadas, la principal fue la de Región de O'Higgins, donde se identificó un 55% de su superficie de huertos dañada, seguida por la Metropolitana con un 45%, la del Maule con un 40% y las de Atacama, Coquimbo y Valparaíso, con un 15%. Este hecho ofreció la oportunidad de identificar y promover nuevos manejos y tecnologías para el control de heladas, más eficientes, sustentables y por sobre todo con buenos resultados frente a las heladas más severas.

El grado de daño de una helada depende de la intensidad de las bajas temperaturas, no es lo mismo una helada de  $-1^{\circ}\text{C}$  o de  $-4^{\circ}\text{C}$ . También influye la duración de temperaturas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$ , si la helada se prolonga por varias horas, el daño es más intenso que si sólo dura una hora o menos. Durante las últimas heladas severas ocurridas en las Regiones de O'Higgins y el Maule, el período de bajas temperaturas provocó serios daños económicos al sector agrícola.

De acuerdo con información de Fedefruta, las especies frutales más afectadas durante la helada del 2013 fueron los carozos, representados por nectarinos, duraznos, ciruelos y cerezas, que vieron comprometida entre el 35% y 61% de su superficie de plantaciones en el país. En segundo lugar, la especie que presenta un mayor daño corresponde a los almendros, que alcanzan un 57% de hectáreas afectadas, y después los kiwis con un 48%, mientras que la uva de mesa, un 20%. También hay que considerar daños en arándanos y perales.

En cuanto a las regiones, la principal zona afectada fue la de O'Higgins, donde se identificó un 55% de su superficie de huertos dañada, seguida por la Metropolitana con un 45%, la del Maule con un 40% y las de Atacama, Coquimbo y Valparaíso, con un 15%.

La Región de O'Higgins perdió 10 mil puestos de trabajo como consecuencia de las heladas. Según un informe del Departamento de Estudios de la Sociedad Nacional de Agricultura, se evidenció una caída del 11% en el empleo sectorial a nivel país, es decir 75.900 puestos de trabajo menos. O'Higgins se ubicó en el tercer lugar entre las regiones que perdieron mayor cantidad de puestos laborales a causa de las heladas 2013. Según resultados de la encuesta nacional de empleo del INE, las pérdidas de puestos de trabajo agrícola para O'Higgins alcanzaron a 10.000.

El presente proyecto espera demostrar que incorporando un nuevo sistema de inyección de calor a una hélice portátil, algo que actualmente no existe en el mundo, se puede llegar a controlar de manera más eficiente las heladas advectivas. TEXTO PRINCIPAL

**1. Breve resumen de la propuesta, con énfasis en objetivos, justificación del proyecto, metodología y resultados e impactos esperados.**

Como desafío para evitar nuevos daños como los sufridos durante las heladas del mes de septiembre del 2013 en la zona central, surge el proyecto "Manejo Inteligente y Sitio-Específico del Control de Heladas por Advección (polar) y Radiante Severa, a través de Hélices Portátiles con Sistema de Inyección de Calor", cuyo objetivo era el poder controlar de manera más eficiente distintos tipos de heladas advectivas y radiantes severas a través de una nueva tecnología de hélices portátiles, incorporándoles una nueva adaptación para inyectar calor al viento, y así poder controlar mejor la helada.

Como objetivos específicos del proyecto están por lo tanto el desarrollar la ingeniería y diseño para la incorporación de un sistema de inyección de calor a una hélice portable, que permita aumentar la eficiencia del control de heladas severas. Un vez terminada la etapa de ingeniería se desarrolló un pre-prototipo adaptable a la estructura de la hélice, el cual se evaluó en pruebas preliminares de puesta en marcha y posteriormente en terreno en condiciones reales de heladas..

Resumidamente, los resultados que se esperan obtener con el proyecto son los siguientes:

- El diseño, desarrollo y construcción de un prototipo de una hélice portátil con un sistema de inyección de calor incorporado.

- Demostrar que la eficiencia de la hélice contra heladas severas es mayor si se le inyecta calor al viento, adaptación que será desarrollada a través del proyecto y que como se mencionó no existe en el mundo.

## 2. Cumplimiento de los objetivos del proyecto:

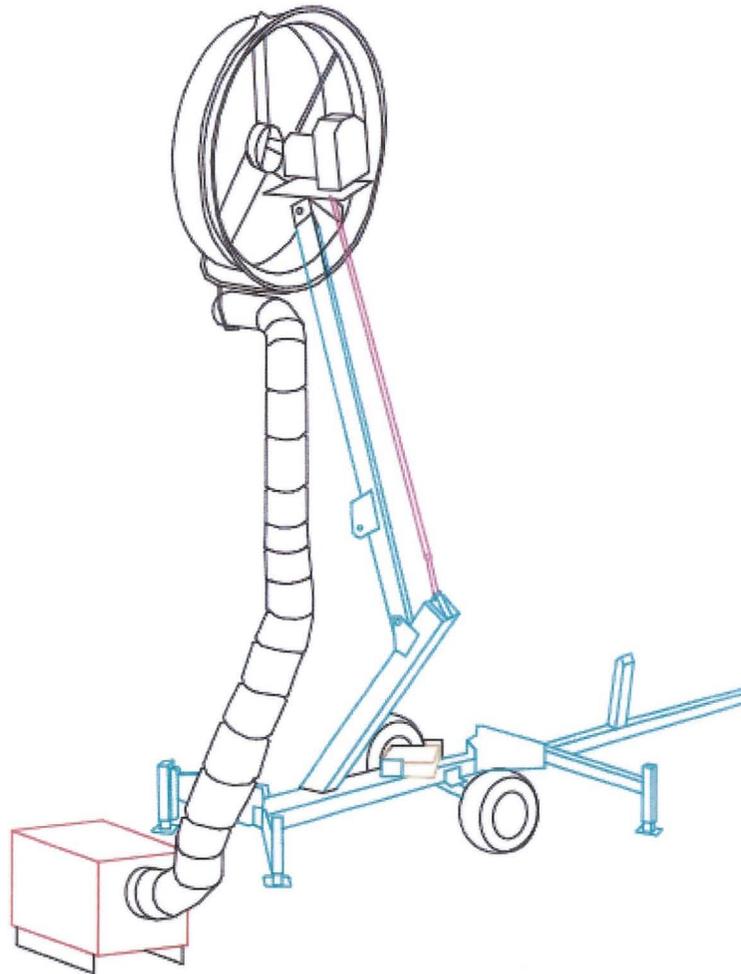
Nº OE	Nº RE	Resultados Esperados (RE)	Resultados Obtenidos (RE)	Impactos
1	1	ingeniería y diseño base para la incorporación de un sistema de inyección de calor desarrollada	Zimex, en conjunto con la contraparte internacional Tow and Blow, con el apoyo del asesor contratado como aporte de contraparte y profesor de la universidad de Auckland en NZ Sr. Richard Flay, luego de intercambios de información, trabajo paralelo y una visita a NZ para reunirse con cada uno, cuantificaron el requerimiento de energía necesaria que permitiera diseñar un pre-prototipo para la incorporación de un sistema de inyección de calor a la hélice portátil.	Primera ingeniería y diseño base para la incorporación de un sistema de inyección de calor desarrollada, única a nivel mundial.
1	2 y 3	Materiales seleccionados, adquiridos y Prototipo construido	El pre-prototipo fue diseñado y desarrollado. Estuvo conformado principalmente por un sistema de conducción de calor flexible, capaz de soportar altas temperaturas, codos metálicos para re direccionar calor hacia la hélice, un sistema de abrazaderas para sostener estos ductos a la estructura de la hélice y un generador de aire caliente que inyectará el calor por la parte frontal de la hélice, ya que al disponerlo por la parte posterior podría dañar el motor y las estructuras. Para el ensayo se usaron dataloggers 111-TMPDDEXT DATALOGGER TEMPERATURA, pilares de madera y abrazaderas. La información de cada sensor dispuesto en terreno se recopila por puerto USB.	Primer pre-prototipo evaluado a nivel mundial, con un sistema de inyección calor para hélices portátiles que controlan heladas.
2	4	Pruebas preliminares en taller y terreno concluidas	El diseño experimental y el prototipo se instalaron en terreno, los materiales, dataloggers y estructuras se dispusieron en terreno e hicieron pruebas preliminares a la espera de las heladas	Como impacto, permite obtener los primeros resultados de un ensayo donde se inyecta calor a hélices para el control de heladas, con la finalidad de hacer frente a heladas más severas y/o polares
3	5- 6 y 7	Evaluación en terreno de eficiencia comparativa de control con sistema de calor adicionado	Evaluación sistema de inyección de calor	Permite identificar si el sistema es más eficiente que la hélice sin sistemas de calor y en sectores sin hélice (con y sin proyecto).

		v/s sin calor		
4	8	Actividad de cierre realizado	La actividad de cierre se realizó en la Feria Nacional e Internacional de Tecnologías Agrícolas, IFT-Agro 2017	Permite difundir los resultados obtenidos y que se describen en secciones posteriores
4	9 - 10 y 11	Difusión en medios de prensa y Participación en ferias para exponer el proyecto	Se elaboró material de promoción y difusión del proyecto, útil para los seminarios, talleres, ferias expositivas y actividades de difusión y transferencia tecnológica en general. Se generó una ficha que resume los alcances y objetivos del proyecto y un pendón. Se realizó además como promoción y difusión, una cobertura de prensa realizada por el canal TVN y publicada en el horario Premium del noticiero principal. Se participó en la Feria Nacional e Internacional de Tecnologías Agrícolas, IFT-Agro 2016 y 2017, donde se presentó el proyecto. El objetivo de ésta feria, es entregar una plataforma donde se pueda encontrar una gran variedad de soluciones para las distintas necesidades que los agricultores tengan, entre ellas las heladas. La Feria se realizó con en Abril, en el Recinto Ferial FEXPO, Talca, Región del Maule.	Permitieron difundir la preocupación de una empresa privada, con el apoyo de una institución perteneciente al ministerio de agricultura, sobre nuevos avances en la búsqueda de nuevas alternativas, más eficientes, para controlar heladas severas que afectan al sector hortofrutícola nacional.

### 3. Aspectos metodológicos del proyecto:

Para el desarrollo de las etapas de pre-ingeniería e ingeniería, se generó en primera instancia un convenio con la empresa neozelandesa Tow and Blow, para apoyar las actividades de diseño y construcción del sistema de inyección de calor para las hélices portátil que controlan heladas.

### Modelo Conceptual prototipo



Una vez terminada la ingeniería, se inició la etapa de investigación y búsqueda de partes y piezas necesarias para armar el pre-prototipo. Se mandaron a hacer, compraron y arrendaron partes y piezas, así como también se arrendó un equipo para la inyección de calor. El calefactor y las partes y piezas adquiridas se muestran en las siguientes imágenes:

## Ductos de Calor



Ductos de calor







Codos resistentes a altas temperaturas



**Sistemas de Inyección de Calor**

Estimado Jose Antonio:

De acuerdo a lo hablado tenemos el agrado de cotizar a usted el servicio adicional de climatización para evento a realizarse en Casa Piedra, según el siguiente detalle:

**Generador de aire caliente**

Evento	:	Retiro o despacho dentro de Santiago
Periodo	:	7 días
Área a climatizar	:	por definir
Ubicación	:	Machalí
Capacidad total	:	179KW
Tipo de equipo	:	<b>Generador Aire Caliente</b>
Combustible	:	Petróleo Diesel
Consumo	:	10 L/h
Modo de funcionamiento	:	Calor y Ventilación
Caudal total	:	16.500 m3/h
Alimentación	:	220 vol./3F/50 Hz,
Consumo	:	7,5 amperes
Cantidad de equipos	:	1



**Calefactores individuales**

Capacidad Total	45 KW (154 mil BTU)
Consumo medio	5 l/h
Capacidad estanque	40 litros
Combustible	Diésel
Cantidad utilizada	20 unidades en las 4 Has

## Dataloggers seleccionados y comprados



Sr. Alejandro Hurtado  
Fono: 984551112

Cotización N°: 20161611R  
Fecha: 19/07/16

Código	Descripción	Cantidad	Valor unidad	Valor Total
111 - TMPRC3	Medidor de temperatura datalogger	1	39,990	39,990
<b>VALOR TOTAL NETO</b>				<b>39,990</b>
<b>IVA</b>				<b>7,598</b>
<b>TOTAL</b>				<b>47,588</b>



Validez de la Cotización: 1 mes.  
Forma de Pago: Contado.  
Entrega: Inmediata.

### TEMPERATURA DATA LOGGER 111-TMPRC3

Las principales características de este data logger es su pequeño tamaño que permite su instalación en cualquier lugar. No obstante su reducido tamaño físico tiene gran capacidad de almacenar información. El software y la conexión son de fácil operación.

**Especificaciones:**

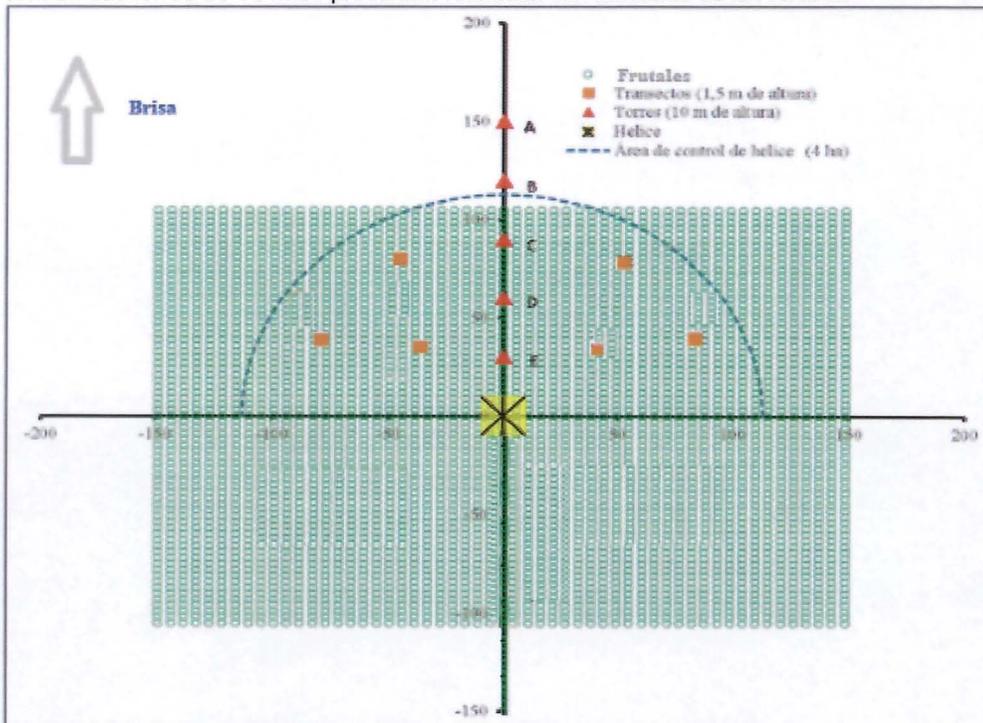
- Rango de temperatura: -30 hasta 60 °C
- Número de mediciones: 16.000 registros
- Resolución: 0,1 °C
- Intervalos de medición: Seleccionable 10 seg hasta 24 hrs.
- Alarma temperatura: Alta o baja, luminosa
- Conexión a PC: USB (Incluido)
- Tamaño: 60 x 50 x 10 mm
- Peso neto: 30g
- Alimentación: Batería de litio.

**ALBA AMBIENTE SA. RUT 77.501.530-6**  
Av. Grecia 1460 - Santiago Fonos 229184567-229184247

Luego se inició la etapa de construcción del pre-prototipo. Se hicieron pruebas preliminares y de validación en terreno durante temporada (2016). Se hizo el desarrollo del diseño experimental para ensayos en terreno y para hacer una ubicación estadísticamente representativa de los sensores térmicos en terreno. Luego se hicieron las pruebas en terreno bajo efectos de heladas, midiendo el comportamiento del control de heladas con sistemas de inyección de calor versus sin inyección. Se hizo posteriormente un análisis de los resultados, se compararon los resultados con la hélice control, se procesaron los datos recopilados y esquematización informática del efecto de hélice con calor, para finalmente obtener las conclusiones.

En el diseño experimental de los ensayos, la definición correcta del equipamiento necesario fue fundamental para el éxito los ensayos. En este sentido, para una correcta evaluación de la efectividad de las hélices portables y su comparación con y sin el sistema de inyección de calor, es que se desarrolló el diseño experimental en la parcela, la cual ya contaba una hélice portátil sin calor, correspondiente al predio del Sr. Rodolfo Trufello, productor asociado al proyecto. La evaluación se realizó mediante sensores de temperatura y humedad que registraron, de manera continua, las variaciones de temperatura en distintos puntos alrededor de las hélices, tanto en lo espacial, eje X, Y como en lo vertical, eje Z.

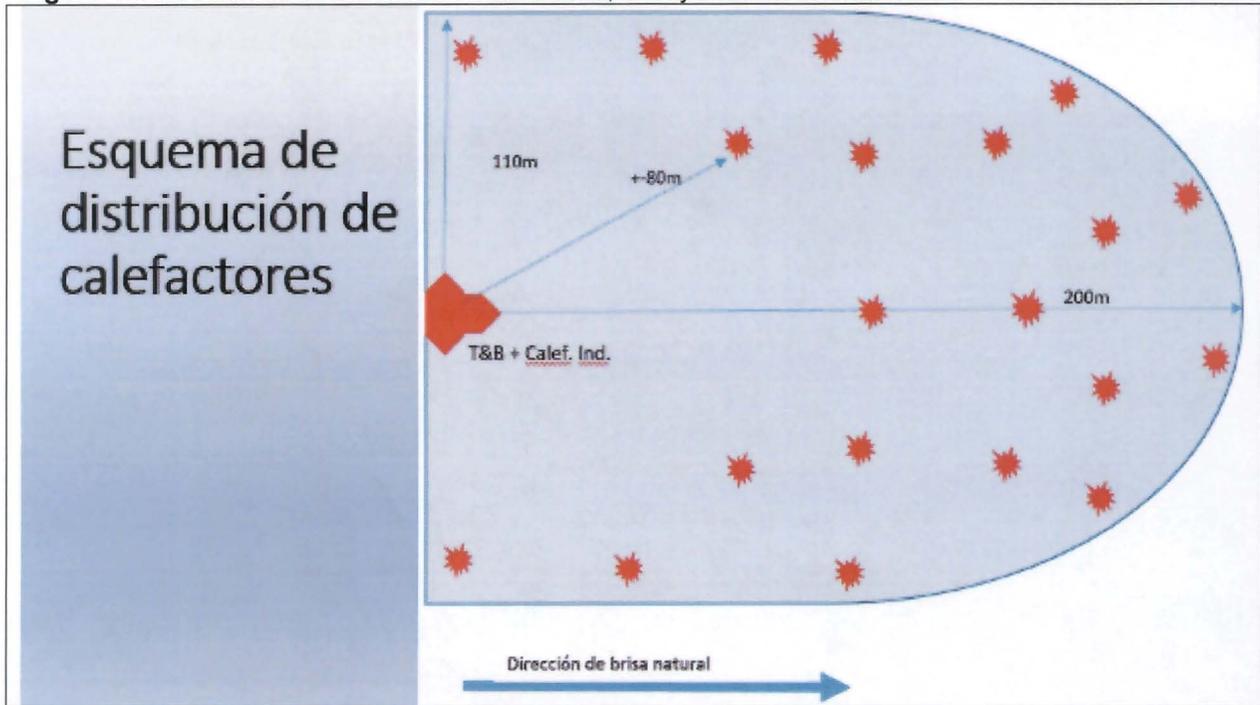
**Figura.** Diagrama de la distribución espacial de sensores de temperatura, torres meteorológicas, hélices y área de control. Las torres de 10 m se presentan rotuladas con las letras de la A a la E.



Fuente: Propia.

Además de la inyección de calor a gás, se adicionaron sistemas de calefactores individuales, Capacidad Total de 45 KW (154 mil BTU), Consumo medio 5 l /h, Capacidad estanque de 40 litros de diésel, utilizando 20 unidades en las 4 Has del ensayo con calor.

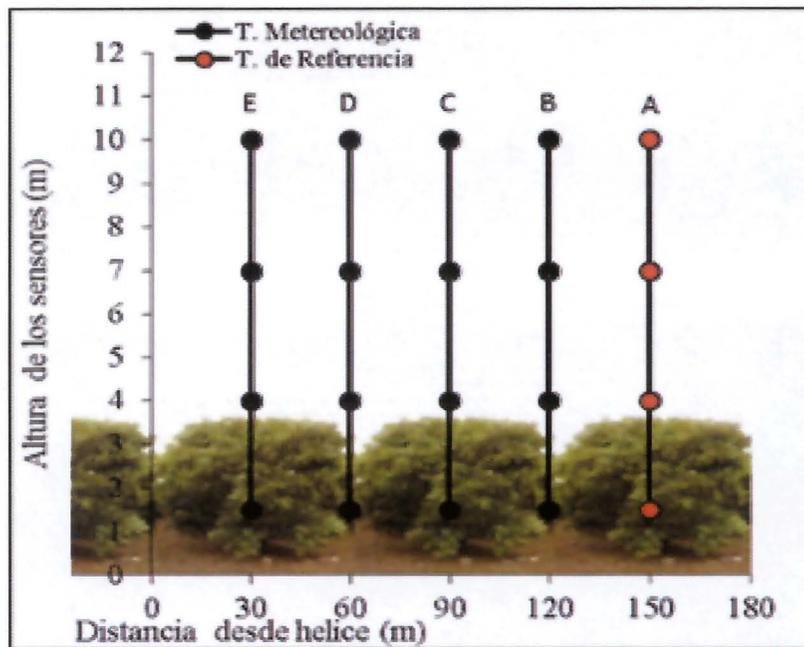
**Figura:** Distribución de calefactores en en terreno, ensayo con adición de calor.



Fuente: propia.

Para ello, se instalaron 5 postes de 3 m de altura, identificadas con las letras "A" hasta la "E", cada una apartada 30 metros de la anterior. La dirección de la distribución de estos postes se hizo según la dirección de la brisa predominante en el predio. En cada torre se instalarán cuatro sensores a diferentes alturas: 1,2, y 3 m. La torre "A" corresponde a poste de control, ubicado a la misma elevación que los otros cuatro postes, pero ubicado a una distancia fuera de alcance de la influencia de las hélices. Paralelamente, se distribuirán seis transectos de sensores. Un sensor será instalado en cada transecto, uno de ellos a una distancia de 45 m y dos de ellos a 90 m de cada hélice, el sensor se ubicará a una altura de 1,5 m del suelo. La hélice de control presentará el mismo diseño, pero sin el sistema de inyección de calor.

**Figura.** Distribución vertical de sensores de temperatura. Líneas negras representan las torres de 10 m, rotuladas con las letras de la A a la E.



Fuente: Propia.

**Figura:** Imágenes del ensayo final en presencia de helada polar.



Fuente: Propia.

**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).**

<b>N°</b>	<b>Actividades Más Relevantes Programadas</b>	<b>Grado de cumplimiento</b>	<b>Análisis de Brechas</b>
1	Contratar experto para el sistema de inyección de calor	100%	La contratación fue realizada por la empresa neozelandesa Tow and Blow, quienes contrataron la experto en materias de vientos e hidrodinámica de la Universidad de Auckland, Dr. Richard Flay.
2	Desarrollo de Pre-ingeniería	100%	No hay brecha
3	Diseño final de prototipo inyección calor	100%	No hay brecha
4	Carta Gantt para manufactura del prototipo	100%	No hay brecha
5	Búsqueda e investigación de partes y piezas necesarias	100%	No hay brecha
6	Selección final de partes y piezas	100%	No hay brecha
7	Compra de materiales seleccionados	100%	No hay brecha
8	Construcción del prototipo	100%	No hay brecha
9	Pruebas preliminares	100%	No hay brecha
10	Pruebas preliminares en terreno	100%	No hay brecha
11	Desarrollo del diseño experimental del ensayo para terreno	100%	No hay brecha
12	Ubicación de sensores térmicos en terreno	100%	No hay brecha
13	Pruebas en terreno bajo efectos de heladas, temporadas 2015-2016	100%	No hay brecha
14	Mediciones del comportamiento como controlador de heladas con sensores térmicos, temporadas	100%	No hay brecha

	2015-2016		
15	Comparación de resultados con hélice control, temporadas 2015-2016	100%	No hay brecha
16	Procesamiento de los datos recopilados y esquematización informática del efecto de hélice con calor y manejo inteligente sitio-específico	100%	No hay brecha
17	Informe de Conclusiones	100%	No hay brecha
18	Preparar seminarios y Realizar gestión de invitaciones	80%	En lugar de un seminario de cierre, se optó por presentar los resultados e impactos finales del proyecto en la Feria IFT de la ciudad de Talca, debido a que el perfil de visitantes a esta feria, permitiría llegar al público objetivo requerido para comunicar los resultados del proyecto.
19	Realizar seminario de cierre	80%	Se cambió a una presentación del proyecto en el contexto de la Feria IFT de Talca
20	Difusión a través de medios televisivos, medios radiales, medios escritos y medios electrónicos, sobre avances y resultados	100%	No hay brecha

21	Organización de Días de campo,	60%	Si bien no se realizaron días de campo como tal, se participó en distintas ferias expositivas en las Regiones de OHiggins y Maule, en las cuales se aprovechó de realizar días de campo a productores para hacer demostraciones de la hélice y difundir el desarrollo y alcances del proyecto FIA.
22	Invitación a autoridades, productores, colegios agrícolas y otros actores interesados.	100%	No hay brecha
23	Participación en feria expositiva	100%	No hay brecha

**5. Resultados del proyecto: descripción detallada de los principales resultados del proyecto, incluyendo su análisis y discusión; utilizando gráficos, tablas, esquemas y figuras y material gráfico que permitan poder visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.**

En términos de resultados se deberá hacer un cuidadoso análisis que permita evaluar la adopción de la innovación tecnológica y la sustentabilidad de la propuesta.

Esta sección el informe se deberá abordar conforme a los siguientes aspectos:

## 5.1 Resultados obtenidos

### Ensayo Control de Helada con Hélices y Calor

Figura: Ubicación del ensayo



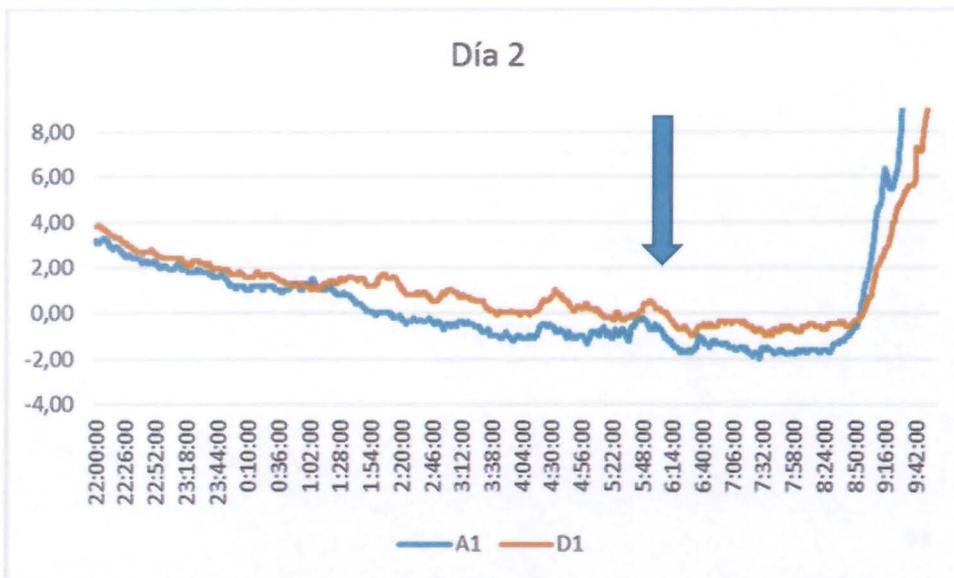
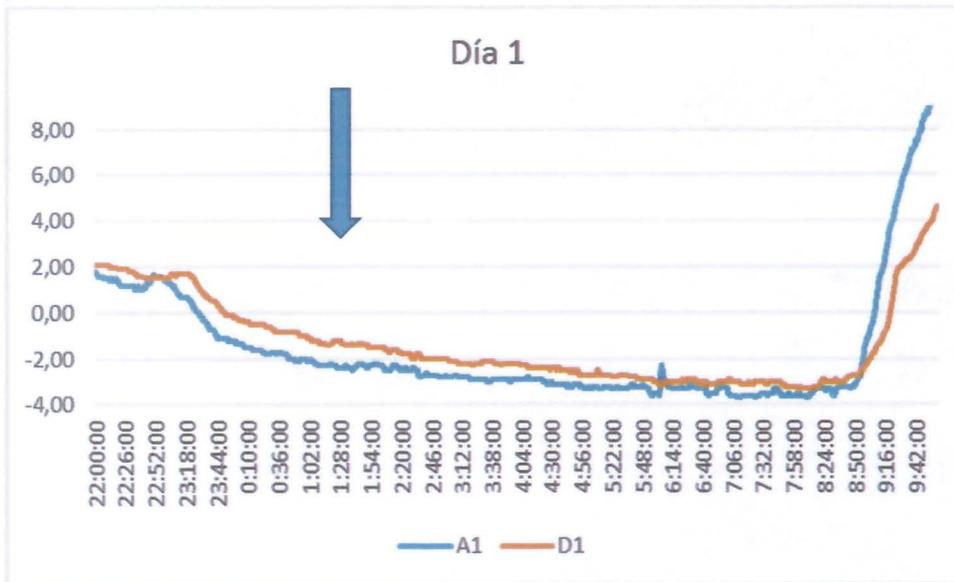
Fuente: propia

Se aprecia en la imagen la distribución de las hélices y los termógrafos dentro del campo. En rojo, la hélice que trabajó en conjunto con calefactores. Para los termógrafos, todos los números impares se encontraban a 3 metros de altura. Los números pares a 1.5 metros de altura.

#### Consideraciones.

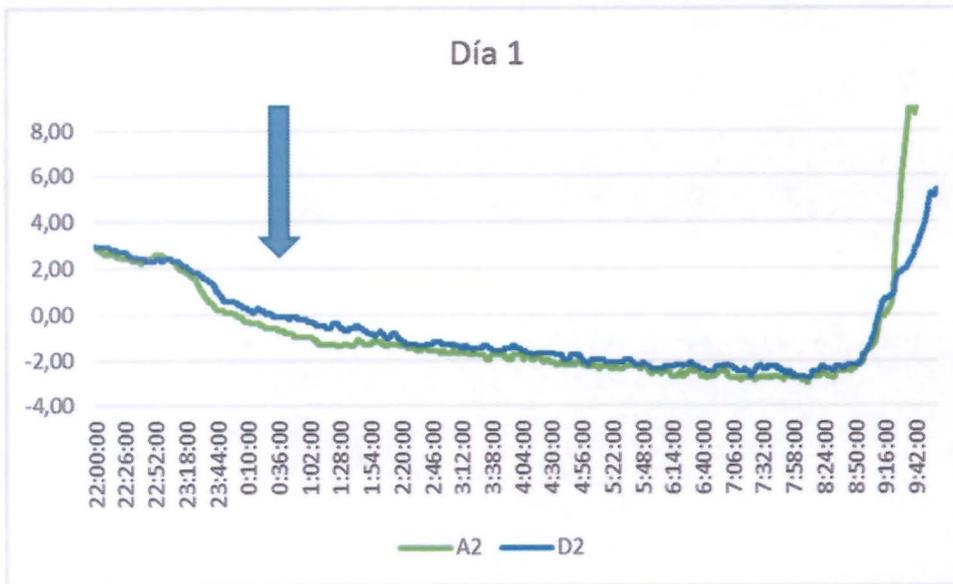
El ensayo se realizó los días 1, 2 y 3 de septiembre. La helada que ocurrió en la zona de estudio fue de carácter polar. La noche del día 1 solo funcionó el calefactor eléctrico en la zona ABC. La noche del día 2 se instalaron calefactores (quemadores de petróleo diésel) en la zona ABC. Las hélices comenzaron a trabajar a las 00:30 horas el día jueves (viernes realmente). A las 5:00 AM la noche del día viernes (sábado). Las flechas azules indican esto en los gráficos.

Gráficos comparativos y análisis de datos:

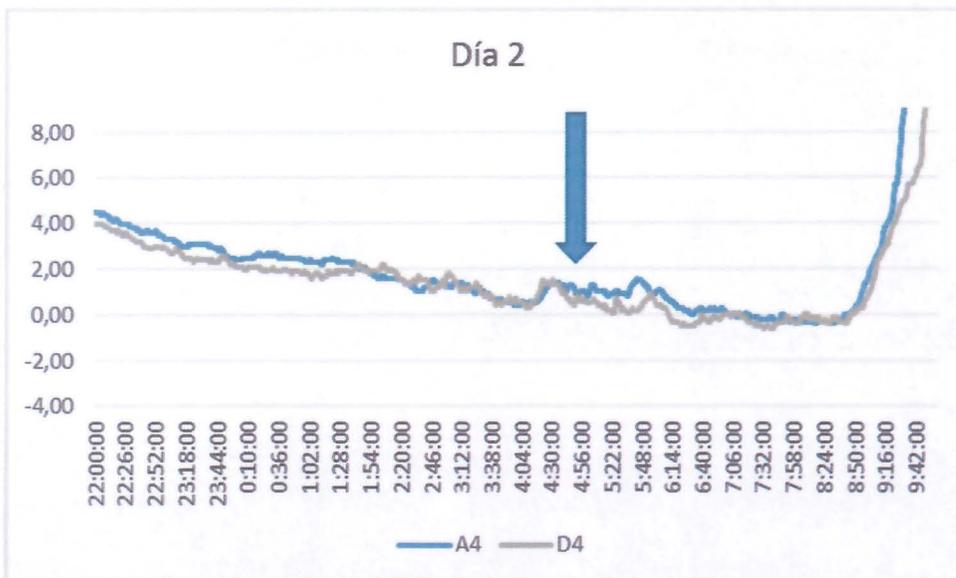
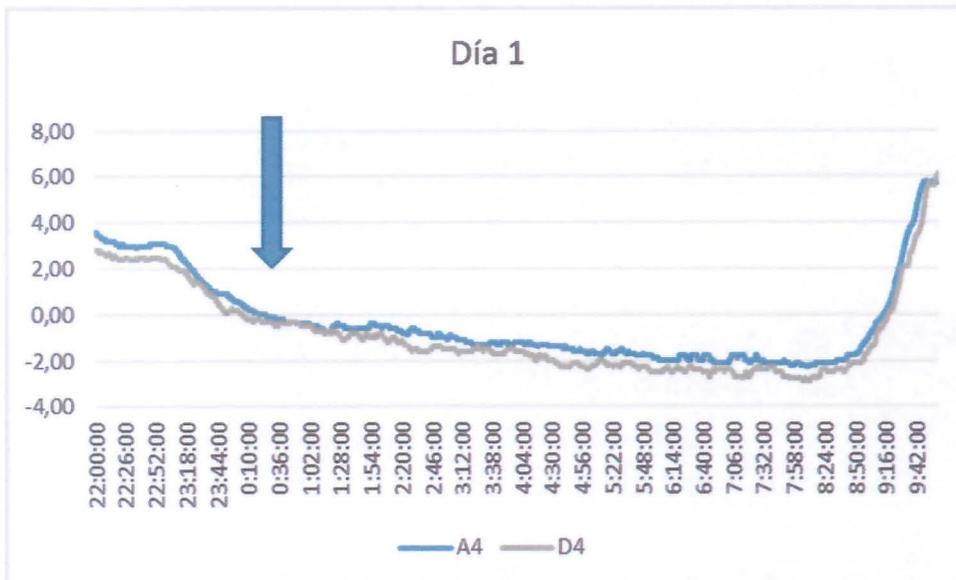


La  $T^{\circ}$  más baja fue registrada por el sensor A1 el día Viernes entre 7 y 8 AM. Marcando  $-3.70^{\circ}\text{C}$ . Situación que se repite el día 2 con  $-2.0^{\circ}\text{C}$ . Demostrando que las temperaturas más bajas se registran en ese lugar. Lo que lleva a pensar que este es el punto más bajo del campo, donde se acumularía más el aire frío.

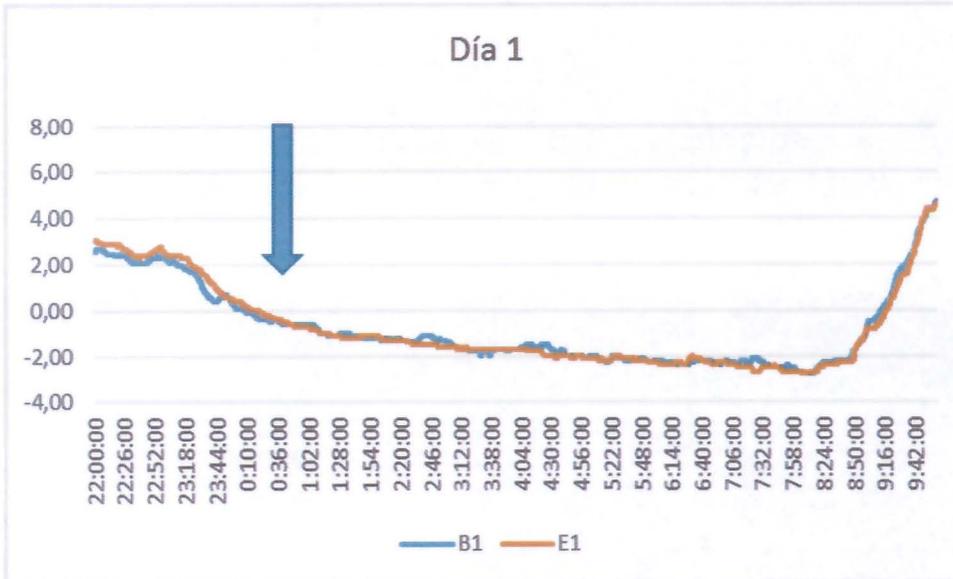
Es por esto que los datos comparativos en entre los sensores A y D, muestran que durante el ensayo los valores registrados fueron menores en A, a pesar de contar con los calefactores.



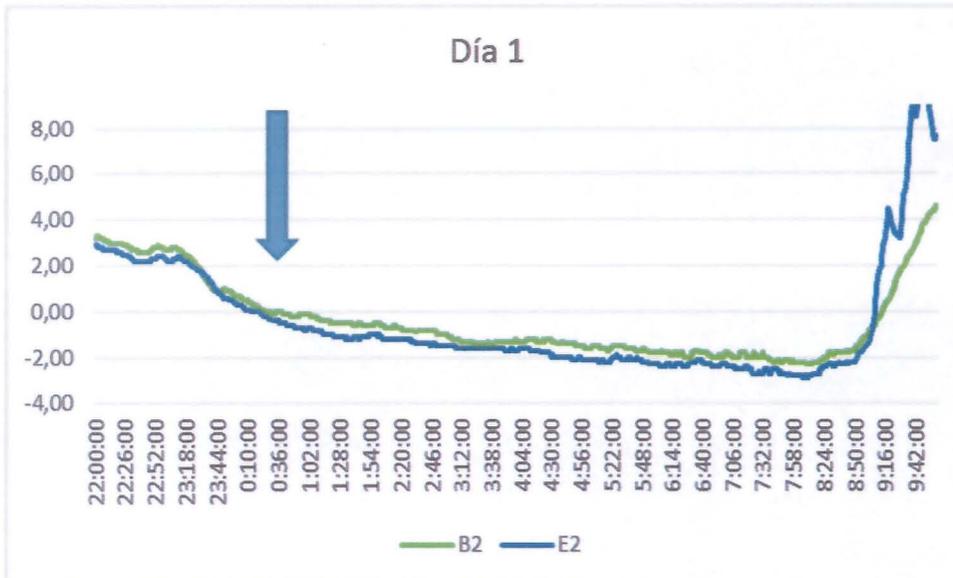
El termógrafo en la posición D3 no registró datos, aun estando en funcionamiento. Siendo la única medición con la que no se cuenta.



Solo A4, muestra un ligero aumento de temperatura en comparación con D4. Siendo el sensor más próximo a la hélice y al calefactor instalado bajo ella.



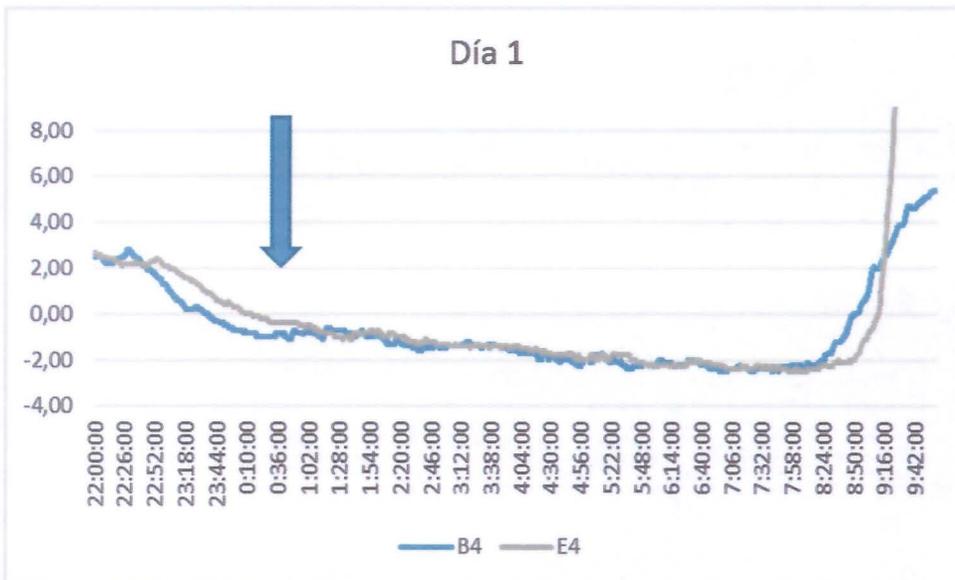
Los sensores B1 y E1 son los que se encuentran más alejados de las hélices, a 220 metros. Acá si se ve una diferencia entre el ensayo con calefactores y el que no contaba con ellos. El día 2, cuando la helada fue menos intensa, se aprecia como en B1 las temperaturas siempre son muy cercanas a 0°C y positivas. En comparación a E1 donde se ve como estas bajan de -1°C.



Se repite la tendencia observada en B1. Estando este sensor a 1.5 metros sobre el suelo. B2 se mantiene por sobre E2 en todos los momentos críticos.

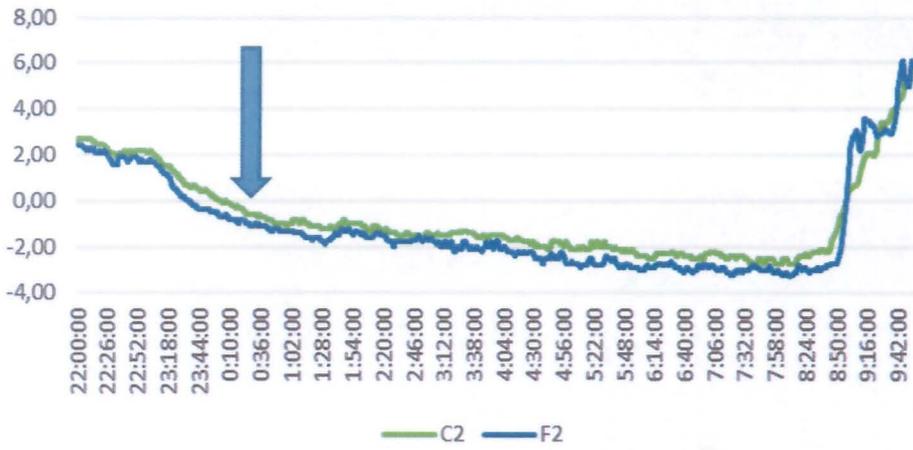


B3 presenta datos contradictorios al resto de los sensores del grupo. Al mostrar que la T° fue más baja que E3. Dado que es el sensor ubicado a 3 metros sobre el suelo y a 220 de la hélice. Presenta las mayores exigencias para lograr la inversión térmica. Situación que si se produjo en B4, que se encuentra a 1.5 metros del suelo, y a la misma distancia de la hélice.





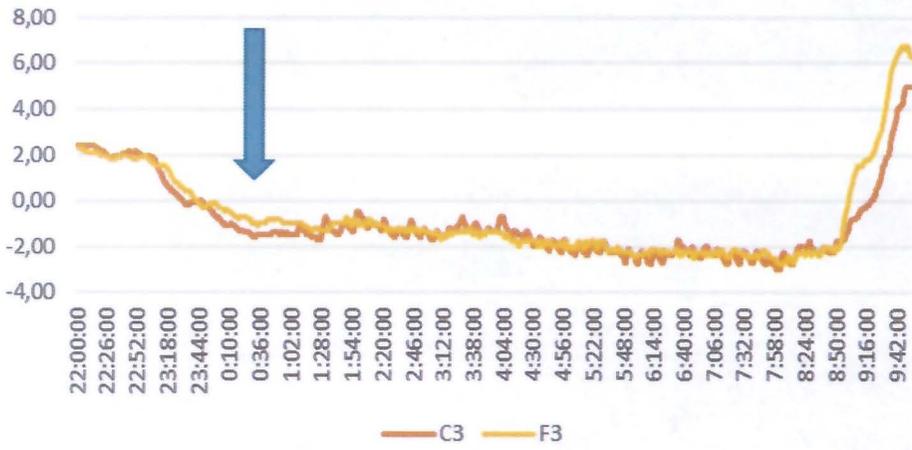
### Día 1



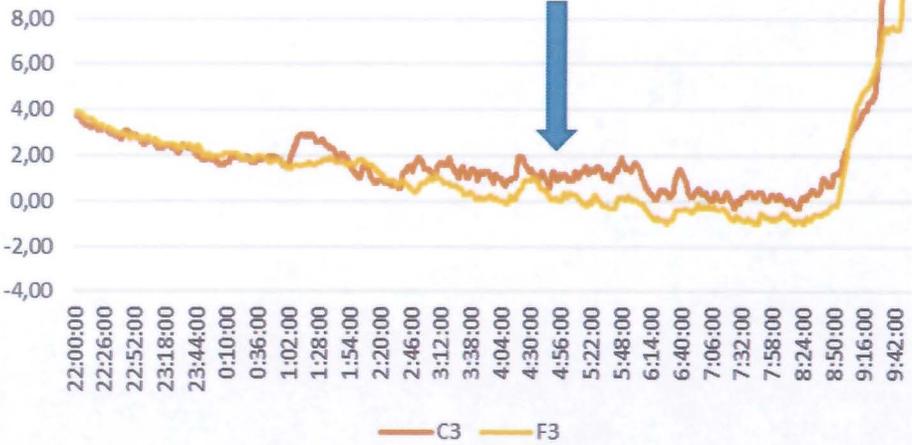
### Día 2

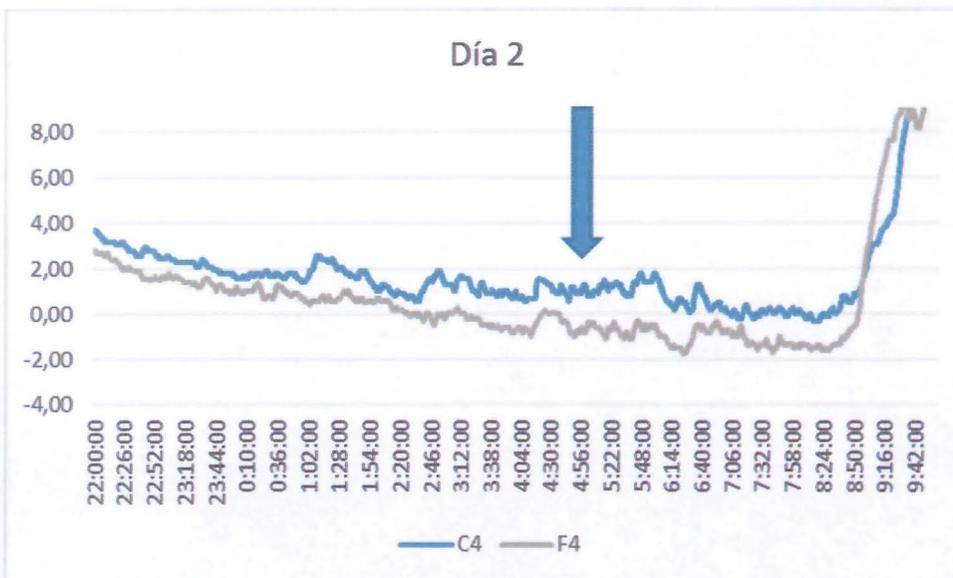
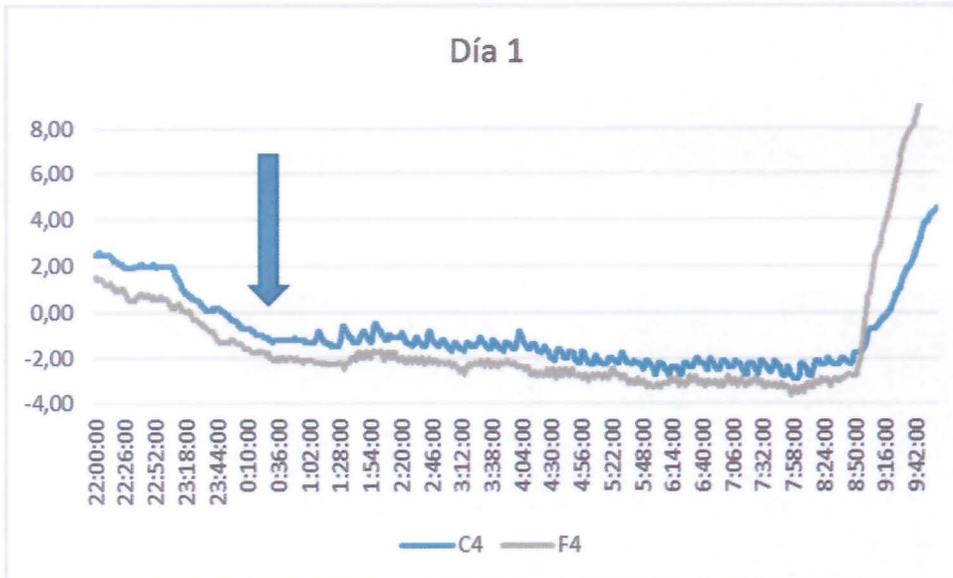


### Día 1



### Día 2



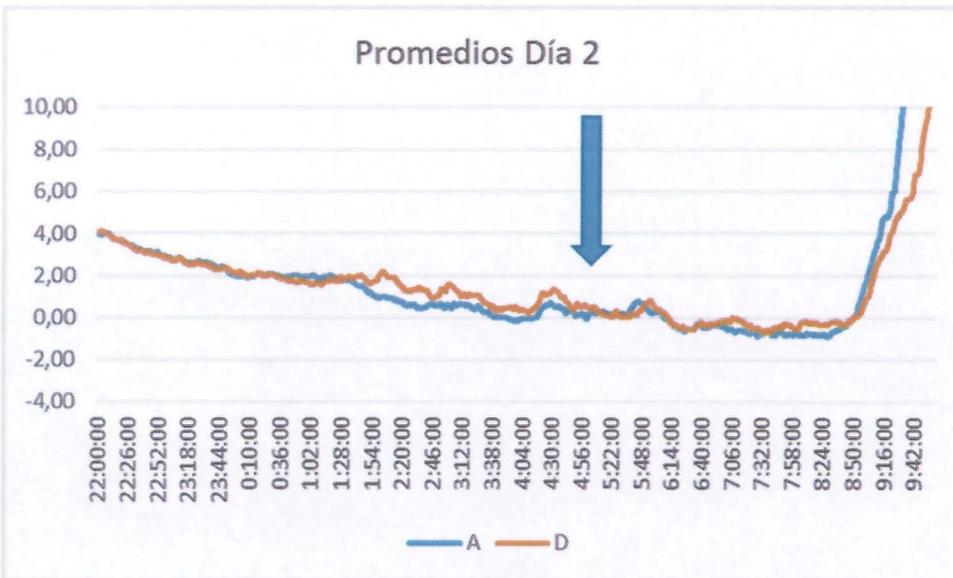
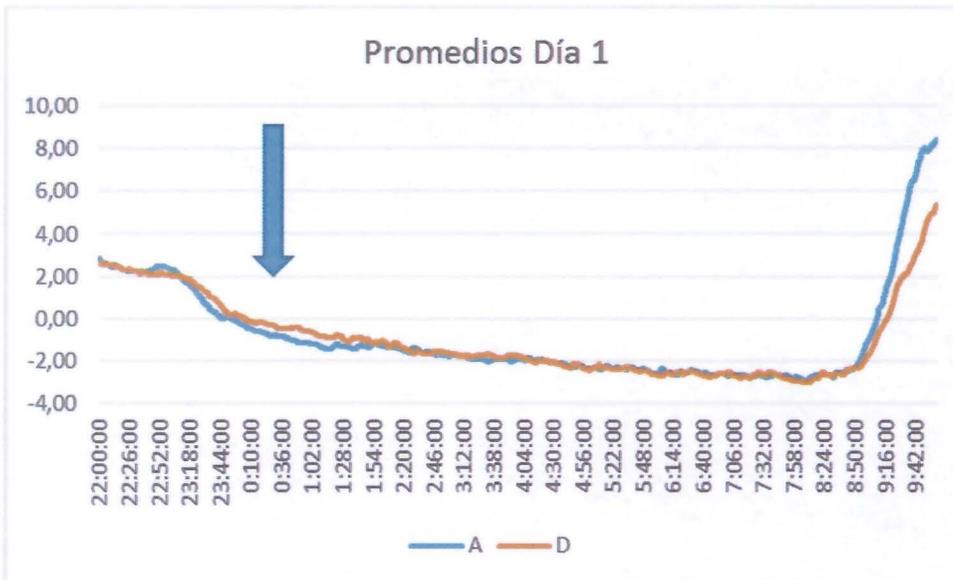


Los sensores en la posición C mantienen una tendencia por sobre los ubicados en F. Lo que indica que por ubicación geográfica o por las condiciones del campo reciben de mejor manera el flujo de aire desde la hélice.

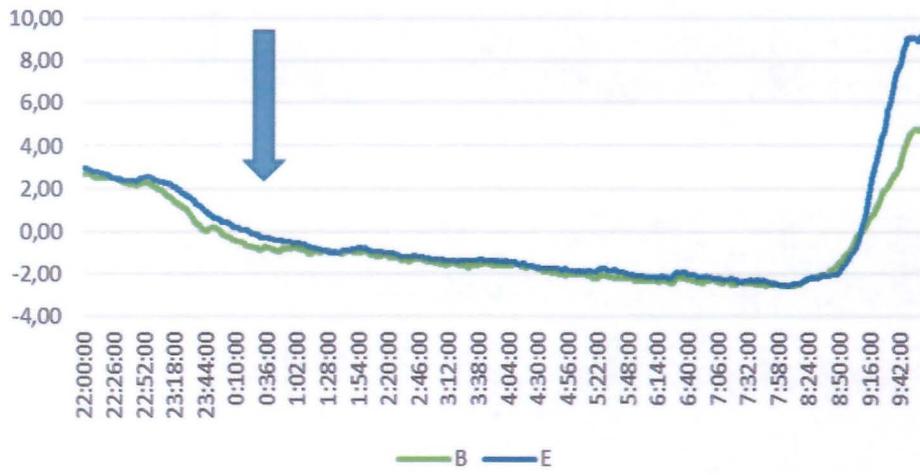
Cabe destacar que los sensores C están casi en línea (a una hilera de distancia lateral de la hélice) lo que favorece un flujo de aire casi directo desde la fuente. En comparación a los sensores A y B que por distribución quedan en diagonal (varias hileras de desplazamiento) desde la hélice.

Si bien la hélice se ubica a 8.2 metros sobre el suelo lo frío del aire que circuló, dado que fue una helada polar, hace que el flujo de aire tienda a descender. Por lo tanto la copa de los árboles se vuelve un obstáculo.

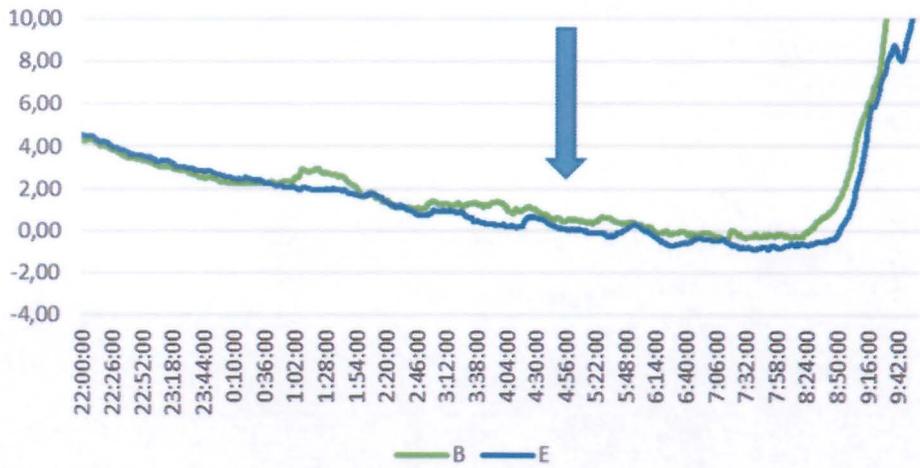
Gráficos Promedio:



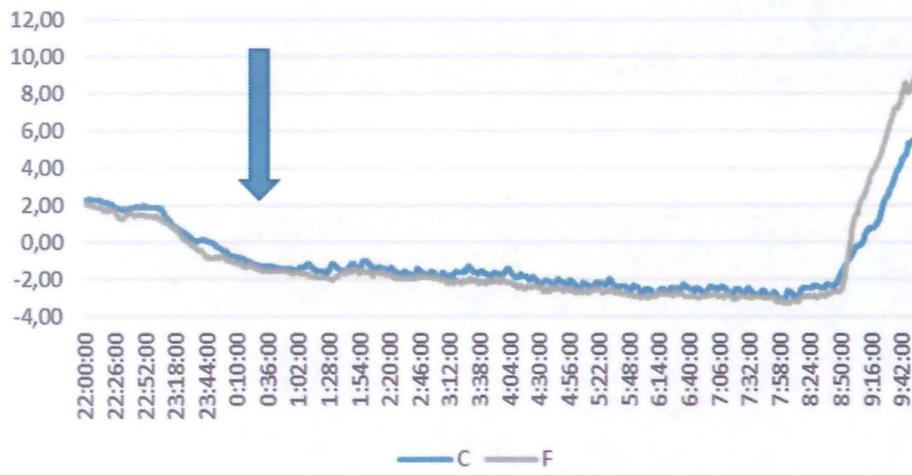
### Promedios Día 1



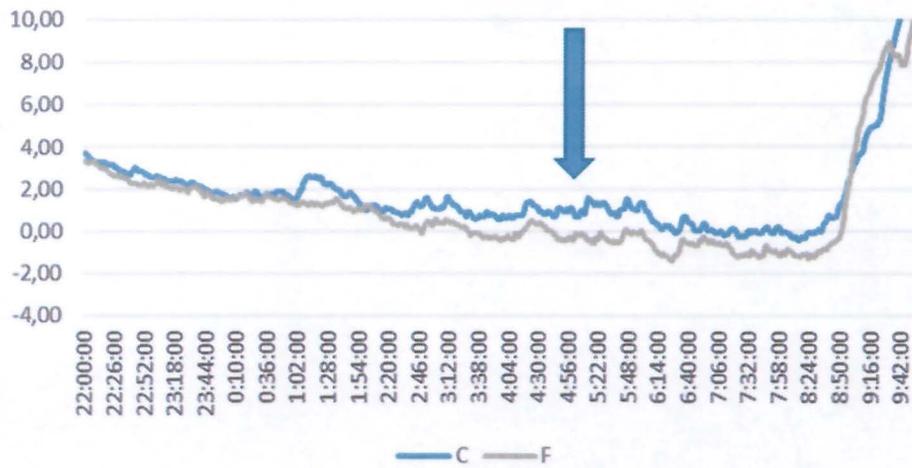
### Promedios Día 2



### Promedios Día 1



### Promedios Día 2



## Conclusiones.

Se recomienda repetir el ensayo en las mismas condiciones de ubicación, pero esperando que se produzcan heladas normales y no una de características polares. También se recomienda considerar la altura (m.s.n.m) en la distribución de los sensores. Las partes más bajas del campo siempre tendrán temperaturas más bajas por el flujo natural del aire frío hacia estas zonas.

Descontando las situaciones puntuales donde la temperatura medida mostró comportamientos anómalos, ya sea por ubicación u obstáculos al flujo del aire. Se aprecia una tendencia de mayor temperatura en los sensores A, B y C. Demostrando el efecto benéfico de trabajar con calefactores y quemadores de petróleo en conjunto con la hélice. Las masas de aire caliente generadas por estos son removidas y extendidas por el campo por el flujo de aire causado por la hélice lo que eleva el rango de acción de los quemadores. Sería recomendable también evaluar el número óptimo y la distribución de los quemadores al trabajar en conjunto con las hélices en el control de heladas.

### 5.2 Logro de Hitos.

Hitos críticos	Resultado Esperado (RE)	Grado de Cumplimiento
Ingeniería y Diseño	1	100%
Prototipo construido	3	100%
Evaluaciones en terreno	4 y 5	100%

### 5.5 Resultados, impacto y análisis económicos

Dentro de la región de O'Higgins el rendimiento productivo esperado de un huerto adulto de almendros es 1800 kilogramos de pepa por hectárea. Siendo esta la segunda región con más almendros plantados en el país con 2413 hectáreas, representando un 29,8% de la superficie total nacional. Las variedades más plantadas son Non Pareil, Carmel, Solano y Texas.

El mercado de frutos secos es bastante dinámico y dada la naturaleza del fruto permite su almacenaje por un tiempo mayor al de la fruta fresca sin alterar sus características. Esto faculta a los productores y exportadoras guardar la fruta para esperar mejores precios de venta hasta por un año si las condiciones son las ideales (baja temperatura y baja humedad relativa). El año 2015 Chile exportó almendras (peladas y con cáscara) por un total de 89,5 millones de Dólares. Sus principales destinos están dentro de América Latina, Brasil, Argentina y Venezuela. También destaca Rusia con un 19% de las exportaciones totales. (Muñoz V., 2016)

Considerando los cambios climáticos actuales y la creciente proliferación de eventos climáticos adversos en épocas críticas del cultivo de la almendra es que cobra vital importancia el análisis económico de las tecnologías disponibles para reducir el daño que producen estos eventos en la producción final del huerto.

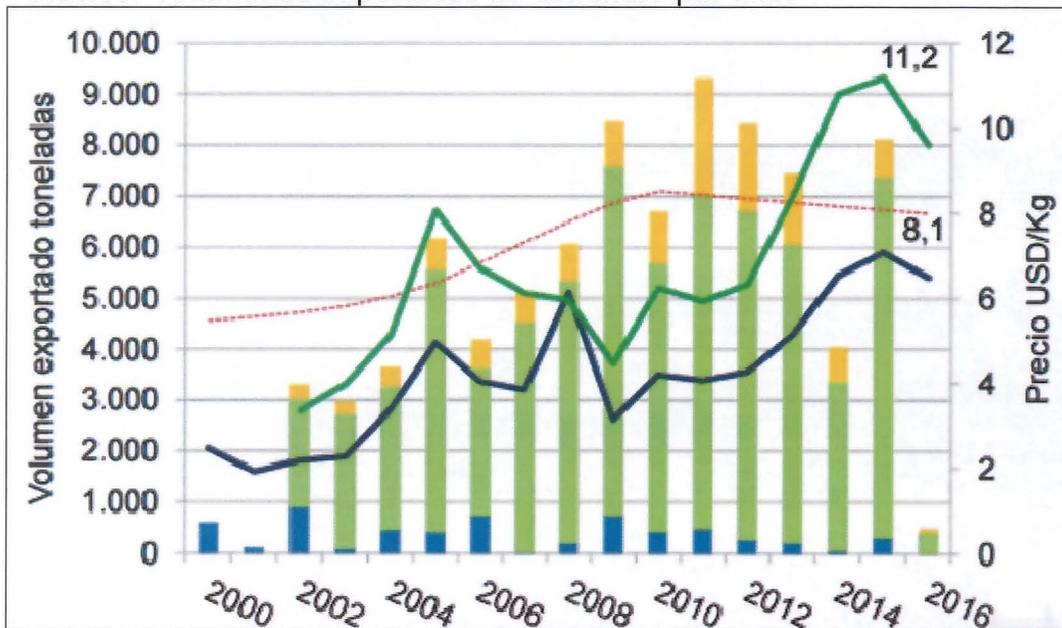
### **Análisis Económico**

Antecedentes.

El estudio se llevó a cabo en un huerto de almendros de 18 años de edad. Cuenta con 333 plantas por hectárea, marco de plantación de 5x6 metros. Las variedades plantadas son Non Pareil (60%), Carmel (20%) y Solano (20%). La producción promedio para este huerto es de 1400 kilogramos de almendra con cáscara por hectárea. Si bien hay antecedentes de producciones de hasta 2000 kilogramos por hectárea se ha observado una baja en la producción en la tendencia de los últimos años. También se aprecian efectos de los eventos climáticos extremos que se produjeron en años anteriores.

Es en este contexto que debemos considerar las condiciones climáticas adversas que se hicieron presentes el año 2016 en plena floración. Heladas polares y lluvias, que mermaron de manera significativa la producción esperada.

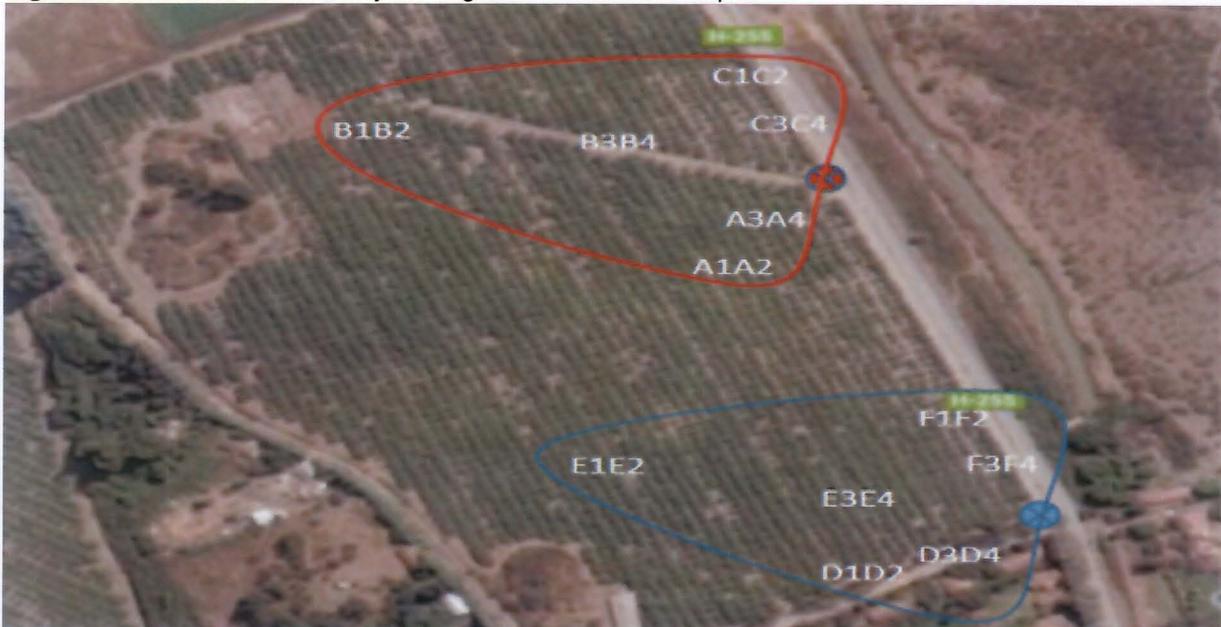
**Gráfico:** Volúmenes exportados de almendro por año.



Fuente: ODEPA, con datos de Aduanas. Abril 2016.

En base a la instalación de las hélices los días 1, 2 y 3 de septiembre se implementó la siguiente distribución dentro del campo:

**Figura:** Distribución de hélices y termógrafos dentro del campo.



Fuente: propia

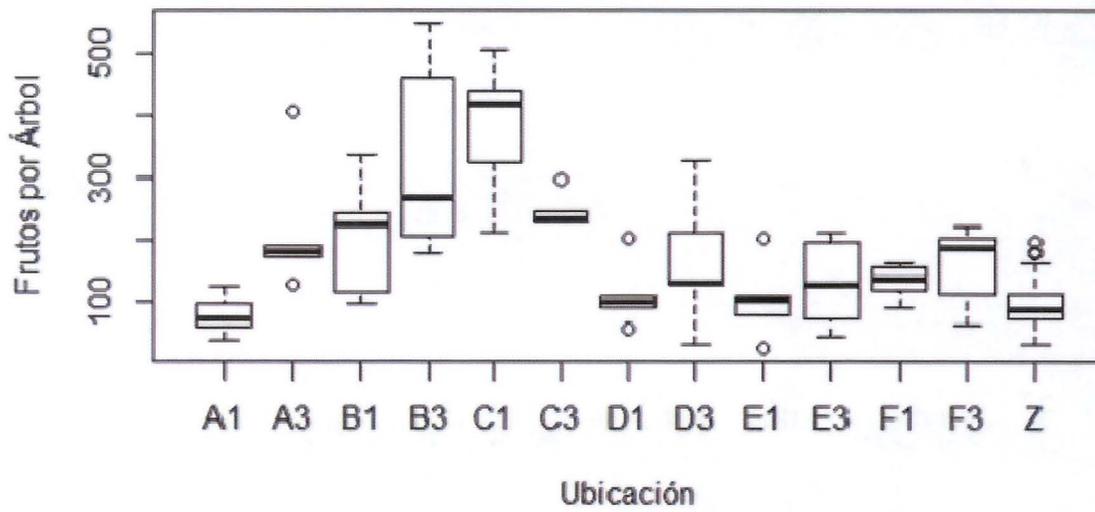
En la figura anterior, el círculo azul, marca la posición de la hélice que actuó sola. Círculo Rojo, marca la posición de la hélice que trabajó en conjunto con un calefactor industrial y quemadores diésel distribuidos a su alrededor. Los sensores A3A4, C3C4, D3D4 y F3F4 se encuentran a 50 metros de la hélice. A1A2, B3B4, C1C2, D1D2, E3E4 y F1F2 se encuentran a 100 metros. B1B2 y E1E2 se encuentran a 200 metros de las hélices.

En el estudio realizado cada hélice se midió efecto de la hélice para una superficie de 4 hectáreas; siendo esta la superficie que se considerará en el futuro análisis.

En pre cosecha se realiza un conteo de frutos en 5 árboles alrededor de cada sensor. Como también de una zona fuera de la influencia de ambas hélices, para tener como punto de comparación, zona denominada Z.

Con esta información se realiza un análisis estadístico de comparación de medias. Todos los análisis se realizaron con el software RStudio. Se agruparon los resultados según la conveniencia de la comparación que se desea obtener. Se obtuvieron 3 comparaciones. En el primer caso (A) se comparan todas las ubicaciones por separado. Seis para cada hélice y la zona de control. En el segundo caso (B) se comparan los resultados de las 3 ubicaciones más cercanas a cada hélice con las 3 más alejadas de la hélice y la zona control. En el último caso (C) se trabajan como un todo todos los datos de cada hélice y estos son comparados con la zona Z.

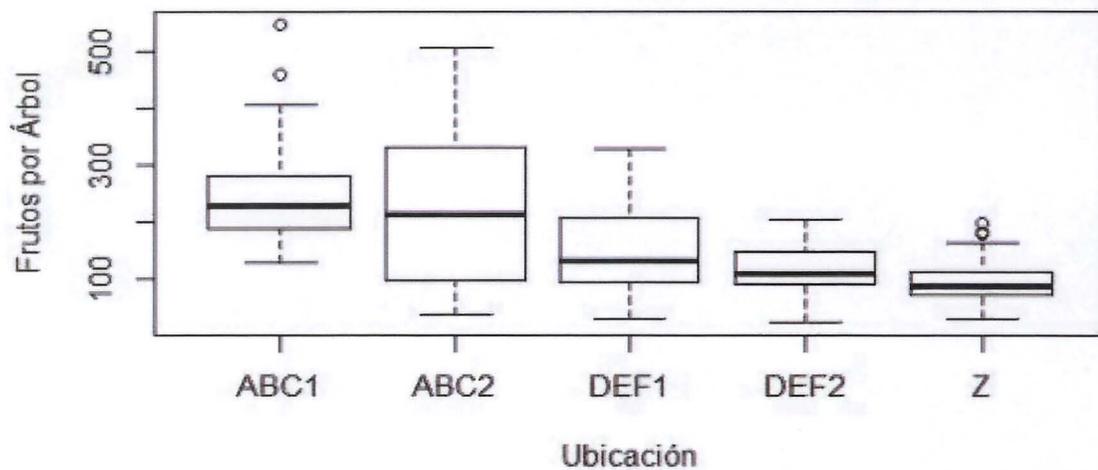
A:



Ubicación	Medias	M
C1C2	378,80	a
B3B4	330,80	ab
C3C4	245,80	abc
A3A4	214,60	bcd
B1B2	202,80	bcd
D3D4	164,70	cd
F3F4	156,50	cd
F1F2	132,10	cd
E3E4	129,40	cd
D1D2	110,90	cd
E1E2	102,90	cd
Z	91,65	d
A1A2	76,90	d

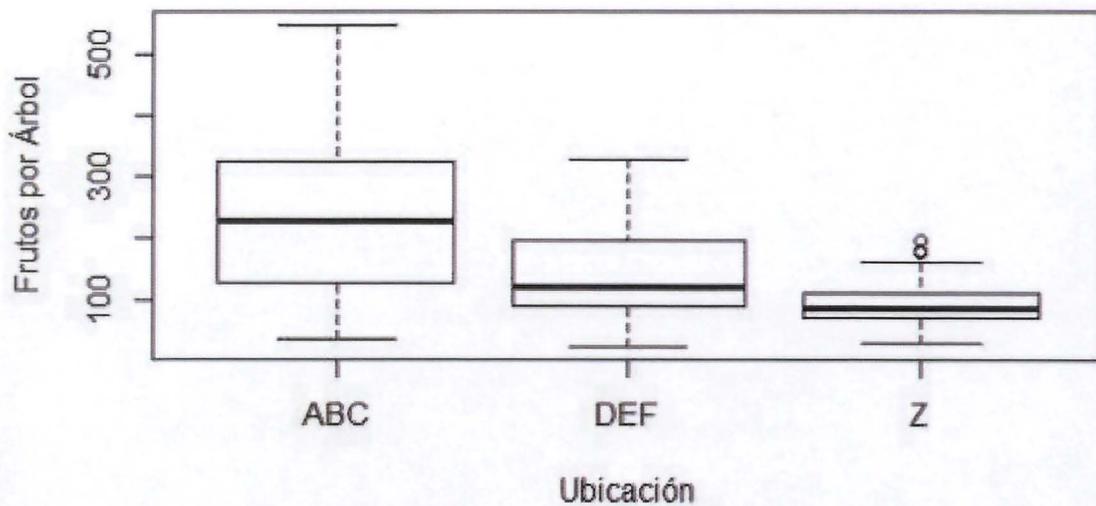
B

Ubicación	Medias	M
-----------	--------	---



ABC1	263,73	a
ABC2	219,50	ab
DEF1	150,20	bc
DEF2	115,30	c
Z	91,65	c

C



Ubicación	Medias	M
ABC	241,62	a
DEF	132,75	b
Z	91,65	b

En adelante se trabajará con los resultados obtenidos en C, para así comparar los impactos económicos de la utilización de las hélices, con y sin calefactores, en la productividad del huerto.

Se consideran los siguientes datos para el análisis económico.

	<b>Costos</b>	<b>Costo/ha</b>
<b>Hélice</b>	\$33.000	\$8.250
<b>Calefactor</b>	\$3.000	\$750
<b>Quemadores</b>	\$1.600	\$400
<b>Total</b>	\$37.600	\$9.400

Todos los costos están en USD, para los costos por hectárea se considera la superficie del estudio, 4 hectáreas.

Los precios de venta son los informados por ODEPA, en abril de 2016. Kilogramo de almendra con cáscara a 6,4 dólares y 10 dólares la almendra sin cáscara. (Muñoz V., 2016).

Finalmente los costos, producción y posibles ingresos por ventas quedarían de la siguiente manera:

	<b>Costo/ha USD/Kg</b>	<b>Producción/ha Kg/ha</b>	<b>Venta USD/ha</b>
<b>Zona Control</b>	\$0	177,19	\$1134,02
<b>Helice</b>	\$8.250	256,65	\$1642,56
<b>Helice + Calefactores</b>	<b>+ \$9.400</b>	<b>467,13</b>	<b>\$2989,65</b>
<b>Ingreso promedio</b>		1400	\$8960

Si se considera la producción promedio anterior como constante, en 5 años se recupera la inversión de la opción solo con hélice. Si se hace la inversión de hélice y calefactores, la recuperación se logra después de 3 años. Ahora si el ejercicio se realiza con la producción promedio, en un año se logran pagar las inversiones por hectárea. Cabe hacer la consideración de que la producción de este año fue excepcionalmente baja, dada las condiciones climáticas adversas.

Al comparar con el promedio regional de 1400 kilogramos de almendra con cáscara por hectárea, esta temporada se alcanzó solo el 12,6% en la zona control, 18,33% en la zona con hélice y finalmente un 33,37% en la zona que contó con hélice y calefactores.

Asimismo, se debe tener en cuenta que las hélices fueron instaladas solo para un evento climático. La producción pasó de 91,65 a 241,62, eso es un 260% de aumento

siendo estadísticamente significativo en la producción, su resultado en un control permanente sería mucho más auspicioso.

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

Cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Medidas tomadas para abordar los cambios y/o problemas
Se ha presentado un retraso en el envío de los planos y de las partes y piezas para conformar el prototipo	Afortunadamente no afectará el desarrollo del proyecto, ya que las pruebas principales se realizarán en el mes de Agosto, con presencia de heladas	El retraso no afectará el desarrollo del proyecto ni la entrega de resultados esperados.
Se realizarán dos ensayos en lugar de uno	Se hará un primer ensayo de marcha blanca, con heladas de agosto, en predios del asociado de Machalí. El segundo ensayo se hará a la espera de heladas más dañinas y severas en primavera, con el apoyo de la Universidad de Chile.	Pocos, existen recursos FIA y de contraparte para realizar ambos ensayos. También están las capacidades y los recursos humanos adecuados para su desarrollo.
Adición de calefactores individuales en ensayo con inyección de calor	Como se muestra en los resultados, se obtuvo un mayor incremento de las temperaturas en heladas polares, al adicionar calefactores individuales distribuidos en terreno, además de las la inyección de calor al viento emitido por la hélice.	Se distribuyeron calefactores individuales para aumentar el efecto de control de heladas polares, ya que sólo con viento, la hélice no logra aumentar las temperaturas en estas heladas.
Se realizó una visita a Nueva Zelanda para sostener reuniones con los apoyos internacionales de la Universidad	Se mejoró y concluyó la ingeniería y diseño del prototipo, con validaciones entre contrapartes chilenas y neozelandesas.	Prototipo terminado.

de Auckland y con la empresa Tow and Blow		
Seminario de cierre se cambia por presentación de los resultados e impacto del proyecto en FERIA IFT del Maule	Las consecuencias son positivas, puesto que los resultados son expuestos ante el público objetivo deseado.	En lugar de un seminario de cierre, se optó por presentar los resultados e impactos finales del proyecto en la Feria IFT de la ciudad de Talca, debido a que el perfil de visitantes a esta feria, permitiría llegar al público objetivo requerido para comunicar los resultados del proyecto.
Visita a Nueva Zelanda para sostener reuniones con las contrapartes internacionales	Validar lo desarrollado del prototipo en Chile, hecho con las recomendaciones de los expertos neozelandeses.	Es un cambio positivo, por lo que no requiere medidas

**7. Difusión de los resultados obtenidos adjuntando las publicaciones realizadas en el marco del proyecto o sobre la base de los resultados obtenidos, el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares ejecutadas durante la ejecución del proyecto.**

Se evaluaron las ferias expositivas existentes, donde la difusión del proyecto pudiera tener mayor impacto. Finalmente se optó por participar en la Feria Nacional e Internacional de Tecnologías Agrícolas, IFT-Agro 2016, donde se presentarán el impacto y los resultados del proyecto. El objetivo de ésta feria, es entregar una plataforma donde se pueda encontrar una gran variedad de soluciones para las distintas necesidades que los agricultores tengan, entre ellas las heladas. La Feria se realizará con fecha 13, 14, 15 y 16 de abril, en el Recinto Ferial FEXPO, Talca, Región del Maule.

Se ha elaborado material de promoción y difusión del proyecto, útil para los seminarios, talleres, ferias expositivas y actividades de difusión y transferencia tecnológica en general. Se ha generado una ficha que resume los alcances y objetivos del proyecto y un pendón. Se realizó además como promoción y difusión, una cobertura de prensa realizada por el canal TVN y publicada en el horario Premium del noticiero principal.

A continuación se ilustran algunas actividades y algunos materiales gráficos de difusión y promoción desarrollados durante el proyecto:

### Ficha del Proyecto

Lado 1:



◆ Nombre de la iniciativa  
**Manejo Inteligente y Sitio-Específico del Control de Heladas por Advección (polar) y Radiante Severa, a través de Hélices Portátiles con Sistema de Inyección de Calor.**

◆ Tipo de iniciativa	: Proyecto	◆ Región de ejecución	: O'Higgins - Maule
◆ Código de iniciativa	: PYT 2015-0296	◆ Región de impacto	: IV - V - VI - VII - RM
◆ Ejecutor	: Comercializadora Zimes Ltda.	◆ Sector	: Agropecuario
◆ Beneficiarios	: Sector Hortofrutícola	◆ Subsector	: Hortofrutícola
◆ Fecha de inicio	: Agosto 2015	◆ Rubro	: Hortofrutícola
◆ Fecha de término	: Octubre 2016		





## PROYECTO ZIMEX - FIA

**Nombre de la iniciativa**  
**Manejo Inteligente y Sitio-Específico del Control de Heladas por Advección (polar) y Radiante Severa, a través de Hélices Portátiles con Sistema de Inyección de Calor.**

### Objetivo General

Controlar de manera más eficiente distintos tipos de heladas advectivas y radiantes severas a través de hélices portátiles, incorporando una nueva tecnología para generar calor al viento.

### Objetivos Específicos

1. Desarrollar la ingeniería y diseño para la incorporación de un sistema de inyección de calor a una hélice portátil, que permita aumentar la eficiencia del control de heladas severas.
2. Desarrollar investigación adelantada en estructura de helices.
3. Diseñar un sistema que permita verificar el control de heladas a través de inyección de calor, a través de un sistema de hélices portátiles, considerando el rendimiento y conservación de helices en zonas de alta helada.
4. Generar las acciones de Difusión y Transferencia Tecnológica del proyecto.

### APORTADO POR



### EJECUTADO POR



### Resumen

Los efectos adversos para el control de heladas severas advectivas en las regiones de Oregón y México, en la mayoría de los casos, se hacen capaces de controlar las heladas del mes de septiembre del año 2017, con importantes pérdidas sociales y económicas para estas regiones. De acuerdo a Helias, sus efectos fueron devastadores para la agricultura en general, desde por ejemplo agri-cultores hasta grandes empresas agrícolas (California, Idaho, Nevada, etc.). El control de heladas severas, controlando de modo de día y nocturnidad, se puede lograr también las pérdidas en las cosechas de los agricultores. En cuanto a las regiones más afectadas la provincia de Oregón, donde se vio afectado al 100% de la superficie de heladas, de hecho, según que la temperatura con un 45%, la de México con un 40% más de heladas, Oregón y el estado de México con un 15%. Para hacer efectiva a través de acciones de desarrollo y promover nuevas maneras y tecnologías para el control de heladas, más eficientes, sostenibles y que cubran todos los aspectos relacionados desde el inicio hasta el final.

El presente proyecto requiere de un control que incorpore de acciones técnicas de inyección de calor a la hélice portátil, el grupo actualizado no existe en el mundo, según el control de manera más eficiente las heladas advectivas, considerando los resultados que se esperan obtener con el proyecto de esta siguiente manera:

- El diseño, desarrollo y construcción de un prototipo de una hélice portátil con un sistema de inyección de calor incorporado.
- Diseñar un sistema eficiente de control de heladas severas a través de inyección de calor al viento, adaptado con una estructura a través del proyecto y que cubra todos los aspectos relacionados con el mundo.

El objetivo del proyecto será aumentar el control de manera más eficiente las heladas advectivas y radiantes severas a través de hélices portátiles, incorporando una nueva tecnología para generar calor al viento. El proyecto cuenta con el apoyo financiero de la Fundación para el Desarrollo Agrario (FIA) y con el apoyo de la Agencia de Innovación y Desarrollo.

Pendón



# MANEJO INTELIGENTE DEL CONTROL DE HELADAS



Proyecto FIA:  
Manejo Inteligente y Sitio-Específico del Control de Heladas por Advección (polar) y Radiante Severa, a través de Hélices Portátiles con Sistema de Inyección de Calor.

APORTADO POR:  

EJECUTADO POR: 

## Participación en Ferias Expositivas (Región del Maule y O'Higgins)







# MANEJO INTELIGENTE DEL CONTROL DE HELADAS

Proyecto FIA:  
Manejo Inteligente y Sitio-Específico del Control de Heladas por Advección (polar) y Radiante Severa, a través de Hélices Volantes con Sistema de Inyección de Calor.

FIA  
INIA

Reuniones en Nueva Zelanda, Universidad de Auckland y Empresa Tow and Blow, Nueva Zelanda







## 8. Productores participantes

### Antecedentes globales de participación de productores

REGIÓN	TIPO PRODUCTOR	GÉNERO FEMENINO	GÉNERO MASCULINO	ETNIA (INDICAR SI CORRESPONDE)	TOTALES
VI	PRODUCTORES PEQUEÑOS		X		1
	PRODUCTORES MEDIANOS-GRANDES				
	PRODUCTORES PEQUEÑOS				
	PRODUCTORES MEDIANOS-GRANDES				

### Antecedentes específicos de participación de productores

NOMBRE	UBICACIÓN PREDIO			Superficie Hás	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		
Rodolfo Truffello	O'Higgins	Machalí	Huerto Los Suspiros Parcela 10, Rancagua, Cachapoal, O'Higgins	190	Agosto 2015

## 9. Conclusiones y recomendaciones

Como se mencionó anteriormente, a pesar que la cantidad de heladas medibles durante el período del proyecto fueron pocas, se logró evaluar el prototipo con una helada polar, que tuvo una duración de 8 horas.

Para elaborar las conclusiones, se debe recordar que se establecieron tres áreas de medición, un sector control SIN hélices (zona control **Z**), Sector con hélice SIN calefactores **S** y un sector con hélices con sistemas de inyección de calor, donde se logró un nivel de calefacción equivalente a 1080 Kw (equivalente a 24 calefactores)

Las temperaturas medidas en cada sector son las siguientes:

Sector SIN hélices (Zona **Z**):

Temperaturas no disponibles, pero en teoría, por tratarse de una helada polar, no debía haber aumento de temperatura mediante el ensayo con una hélice sin sistema de calor.

Sector hélice SIN calefactores (Zona **S**):

Temp. Min promedio a 80m: - 1,4 °C  
Temp. Min promedio a 200m: - 0,9 °C

Sector ensayo hélice CON calefactores (Zona **C**):

Temp. Min promedio a 80m: - 0,7 °C  
Temp. Min promedio a 200m: - 0,5 °C

Los resultados obtenidos en cada caso, según el conteo de frutos y calidades fueron los siguientes:

Distancia de hélice	Frutos por árbol		
	Zona control <b>Z</b>	Hélice sola <b>Zona S</b>	Hélice con calor zona <b>C</b>
0 a 80m	92 c	150 bc	264 a
80 a 200m		115 c	220 ab

Área de cobertura estimada: 4 ha.

El nivel de impacto que tiene la utilización de hélices y calefactores en el control de heladas en la producción de almendros, hace altamente recomendable realizar la inversión en la tecnología que permite mantener un nivel productivo económicamente rentable. Si bien la inversión inicial parece alta, los efectos positivos que tiene en la producción al final de la temporada demuestran que se la inversión se paga con creces en poco tiempo.

La simplicidad del mecanismo utilizado posibilita la automatización del control de heladas, requiriendo una participación del operador mínima, consistiendo solo en mantener los estanques diésel cargados y encender los quemadores cuando las condiciones lo ameriten.

Dada la situación actual de incertidumbre climática a la que se ven enfrentados los productores. Donde se pueden ver desde lluvias en floración hasta heladas en pleno periodo de cuaja. Es altamente recomendable realizar la inversión en tecnologías que permitan disminuir al máximo las pérdidas en la producción y asimismo la incertidumbre productiva y económica en la que se ven envueltos los productores.

De acuerdo a las opiniones recopiladas de los beneficiarios finales del proyecto (fruticultores y horticultores), existe un acuerdo generalizado de que el prototipo y futuro accesorio para las hélices portátiles, será de gran utilidad para hacer un mejor enfrentamiento y control de las heladas más severas.

Para finalizar podemos concluir que el calefactor Industrial no genera aumentos significativos de temperatura, pues se produce un efecto boya, sin embargo, se nota un notorio mejor efecto de los calefactores individuales, a pesar que la cantidad utilizada fue muy baja, por lo que estos resultados podrían mejorar en una segunda etapa de ensayos.

Como próximos pasos se plantean:

- Repetir ensayo con más calefactores por hectárea
- Aumentar sensores de temperatura
- Agregar sensor de alta altura para verificar inversión térmica
- Incorporar nueva hélice Diésel para comprobar su mayor cobertura

## **10. Otros aspectos de interés**

Ninguno



## Anexo 2

Imagen Feria Expositiva IFT con participación de Zimex, en Talca.



### EXPOSITORES

- ¿POR QUÉ PARTICIPAR?
- CARTA AL EXPOSITOR
- PERFIL DEL EXPOSITOR
- EXPOSITORES 2016
- SEA SPONSOR
- FORMULARIOS
- PLANO FERIAL
- AGENTES EXTRANJEROS
- REGISTRATE EN IFT-AGRO

### EXPOSITORES 2016



Expositores por Logo    Expositores por Nombre

	 Agrícolas es una compañía Chilena que pasa la 1	 AQMOL es una compañía Chilena fabricante de 1
 Apoyamos a nuestros clientes no solo con instrumentos 1	 Empresa nacional, con operaciones ferias en Chile es 1	 YAMAHA TELEREMOTO es una empresa confiable que es 1
 Feria y comercial 1		

## 12. Bibliografía Referencial Consultada

- Kalma J.D., G. P. Laughlin, J. M. Caprio y P. J. Hamer. Advances in Bioclimatology: 2-The bioclimatology of frost. Springer Verlag. 144 p, 1992.
- McGann R..Remote sensing and mapping of minimum air temperatures for horticulture using NOAA satellite infrared channels. In: Sturman AP(ed) Proc IGU Symp Topoclimatological Investigation and Mapping. Christchurch, NZ, August, pp 71-82, 1988.
- Morales L., 1997, Evaluación y zonificación de riesgo de heladas mediante modelización topoclimática. Tesis Doctoral. Universidad de Concepción, Chile.
- Morales Luis., Juan C. Parra y J. A. Sobrino. 2002. Estimating land surface temperature in south america from NOAA-AVHRR images and reanalysis data. Recent Advances in Quantitative Remote Sensing. Universidad de Valencia. España. ISBN:84-370-5515-6.
- Ottlé, C. y D. Vidal-Madjar. Estimation of land surface temperature with NOAA9 data. Remote Sensing of Environment, 40:27-41, 1992. Price John, On the analysis of thermal infrared imagery: the limited utility of apparent thermal inertia. Remote Sensing of Environment, 18:59-73, 1985.
- Qiyao L., Y. Yingming y F. Baopu. A method of agrotopoclimatic division and its practice in China. International Journal of Climatology. 11:85-96, 1991.
- Santibañez F., H. Izquierdo, R. Cazanga y H. Merlet. Antecedentes para la evaluación del sistema de información agrícola. Ministerio de Agricultura, Oficina de Planificación Agrícola. Santiago, Chile. 62 pp, 1983.
- Santibañez F. Estudio agroclimático proyecto Maipo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Laboratorio de Agroclimatología. Universidad de Chile, 1987. Santibañez F. y J. Uribe. Atlas Agroclimático de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Laboratorio de Agroclimatología. Universidad de Chile, 1990.
- Sobrino J. y V. Caselles. Thermal infrared radiance model for interpreting the directional radiometric temperature of vegetative surface. Remote Sens. Environ. 33: 193 - 199, 1990.
- Sobrino J. y V. Caselles. A methodology for obtaining the crop temperature from NOAA-9 AVHRR data. Int. J.Remote Sensing. 12: 2461 - 2475, 1991.
- Sobrino J. y V. Caselles. A field method for measuring the thermal infrared emissivity. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol 48, 3: 24-31, 1993.
- Instituto de Investigaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR34738.pdf>