

OFICINA DE PARTES A FIA
 RECEPCIONADO
 Fecha 2-5 NOV-2016
 Hora
 Nº Ingreso 34466



INFORME TECNICO Y DE GESTIÓN FINAL

EJECUTOR:

Nombre	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Giro	Investigación Agrícola
Rut	
Representante	Julio Cesar Kalazich Barassi

NOMBRE DEL PROYECTO:

Sistema piloto de monitoreo, alerta temprana y evaluación de impacto inmediato de eventos de heladas para las regiones de O'Higgins y Maule para orientar la toma de decisiones en el sector privado y público

CODIGO: PYT-2015-0305

Nº INFORME: FINAL

PERIODO: desde 3 de julio del 2015 hasta 18 de noviembre del 2016

NOMBRE Y FIRMA COORDINADOR PROYECTO

Nombre	Rodrigo Bravo Herrera
Rut	
Firma	

I. RESUMEN EJECUTIVO

A continuación, se presenta el informe final del proyecto “Sistema piloto de monitoreo, alerta temprana y evaluación de impacto inmediato de eventos de heladas para las regiones de O’Higgins y Maule para orientar la toma de decisiones en el sector privado y público”. La finalidad de este proyecto es generar un bien público para entregar información de valor agregado a los productores agrícolas a partir de las estaciones meteorológicas de Red de Agroclimática Nacional y el pronóstico meteorológico para mitigar los posibles daños que pueden producir los eventos de heladas. Para esto se realizó la validación de la capacidad de pronosticar la ocurrencia de heladas del modelo de meso escala WRF y se construyó modelos locales de pronóstico utilizando redes neuronales.

Con ambas metodologías, se ha generado un sistema de información en la forma de una página web para procesar los datos meteorológicos provenientes de las estaciones en las regiones VI y VII, y con la capacidad de entregar el pronóstico de las temperaturas mínimas a 24, 48 y 72 horas, además, de la probabilidad de ocurrencia de eventos de heladas en la noche inmediatamente siguiente.

Un sistema de apoyo a la toma de decisiones de este tipo permitirá generar una cultura de adaptación al cambio climático entre los productores agrícolas, incentivando en el mediano plazo a establecer medidas de manejo para minimizar el potencial daño de heladas en el periodo de mayor vulnerabilidad de los cultivos y las especies frutales.

El mayor valor socioeconómico de la implementación de los resultados de este proyecto es que se corrige la asimetría de la información que existe en la actualidad, facilitando el acceso especialmente al estrato de medianas y pequeñas empresas agrícolas.

Los productos comprometidos en el proyecto están en condiciones de ser implementados para las regiones de O’Higgins y Maule, como un servicio de información de valor agregado y de uso público utilizando los datos de la Red Agroclimática Nacional.

II. TEXTO PRINCIPAL

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

Las heladas son fenómenos de gran preocupación en la actividad agrícola debido al potencial de pérdidas socioeconómicas. O'Higgins y Maule son las regiones principales en superficie frutal y vitivinícola, los cuales son cultivos de alta sensibilidad a las heladas. En O'Higgins el Gobierno Regional tiene planes para impulsar los cultivos hortícolas como otro pilar de desarrollo agrícola, cultivos también altamente sensibles a las heladas. Aunque las heladas son un fenómeno recurrente, los cambios observados en la variabilidad climática en la última década hace que ellas se estén produciendo en momentos diferentes y con intensidades, aparentemente más dañinas. Los eventos de variabilidad climática han generado mayor incertidumbre para los productores agrícolas, por lo cual, es necesario generar algunas herramientas de apoyo para la toma de decisiones.

Mediante la presente propuesta los miembros de la Red Agrometeorológica Nacional (RAN) han querido generar un servicio de información de valor agregado a partir de los datos de las estaciones meteorológicas presentes en las regiones de O'Higgins y Maule, para la predicción de eventos de heladas, y como forma de adaptación a la variabilidad climática.

Este servicio permite mejorar la resolución territorial y temporal de los sistemas existentes en la actualidad, y pone a disposición de todos los segmentos de la agricultura, información en la forma de un bien público para mejorar la simetría de la información.

Como iniciativa a nivel piloto, esta propuesta busca los siguientes objetivos específicos:

- 1.- Validar metodologías de predicción de eventos de heladas para establecer, por un lado, una previsión de las temperaturas mínimas en un horizonte de tiempo de 24 a 72 horas en ambas regiones, y una previsión operativa de 12 horas para cada noche a nivel de la cobertura de cada estación meteorológica existente en las regiones de O'Higgins y Maule.
- 2.- Validar un piloto de evaluación de impacto inmediato de heladas utilizando la base de datos de NDVI. Se espera que el efecto de las heladas tenga una respuesta de las plantas que pueda ser detectada y realizar el análisis de cambio, para estimar el territorio afectado.
- 3.- Desarrollar un sistema de información que permita a los usuarios acceder a la información, y generar alertas tempranas, como así mismo, sirva para el monitoreo de eventos de heladas y el registro histórico para ir construyendo indicadores de riesgo (frecuencia, intensidad, estacionalidad, cobertura territorial, etc).
4. Finalmente, como una contribución a ir generando una cultura de adaptación a la mayor variabilidad climática, se han planificado una serie de seminarios de difusión y la sistematización de la información existente, para divulgarla a través del sitio web y otros medios disponibles.

2. Cumplimiento de los objetivos del proyecto:

A continuación, se mencionan los objetivos específicos propuestos y se señalan los resultados obtenidos en base a un análisis de brecha.

Objetivo específico 1: Validar metodologías de pronóstico de meso escala y predicción local para generar un sistema de alerta temprana de heladas a nivel piloto en las regiones O'Higgins y Maule.

Esperado	Meta	Logro	Análisis de brecha
Modelo de meso escala WRF validado para el pronóstico de eventos de heladas a 24, 48 y 72 horas con resolución de 4 km.	20% RSME	RMSE<20%	Se realizó un ejercicio de validación del pronóstico de temperatura mediante el modelo numérico WRF, para un conjunto de eventos de heladas registrados en las estaciones meteorológicas de la RAN. Para los valores promedio de la temperatura el modelo WRF tiene un error promedio de $\pm 3.75^{\circ}\text{C}$ a 24 horas, $\pm 3.54^{\circ}\text{C}$ a 48 horas y $\pm 3.56^{\circ}\text{C}$ a 72 horas. Al analizar las temperaturas mínimas pronosticadas por el modelo WRF se tiene un valor de mejor ajuste entre lo pronosticado por WRF y lo modelado, de $\pm 0.37^{\circ}\text{C}$ a 24 horas, $\pm 1,52^{\circ}\text{C}$ a 48 horas y $\pm 1,86^{\circ}\text{C}$ a 72 horas. El subdominio utilizado para las simulaciones corresponde a una grilla de 4 kilómetros que es lo que corresponde a los comprometidos. Los resultados logrados satisfacen los requerimientos planificados.
Modelos estadísticos validados para la predicción de heladas a escala local a 12 y 6 horas	20% RSME	RMSE<20%	Utilizando metodologías de redes neuronales se validó un pronóstico de 12 horas que permite establecer a las 21 horas de cada día la probabilidad de ocurrencia de un evento de helada en cada punto de estación meteorológica. Esto satisface las necesidades de corto plazo de un tomador de decisiones bajo los supuestos del proyecto, en el sentido, que el agricultor decide en la misma noche si implementa algún plan de contingencia ante eventos de heladas. Junto a lo anterior se transformó la estimación del modelo de redes neuronales en un pronóstico probabilístico en base a la distribución del error de las estimaciones.
Caracterización territorial de las heladas en las regiones VI y VII como información base para un sistema de monitoreo de heladas	81 estaciones de la RAN caracterizados respecto a heladas	75 estaciones de la RAN caracterizadas respecto a heladas	Mediante el estudio estadístico de tres variables de los eventos de las heladas: intensidad de la helada (temperatura mínima absoluta), duración (número de horas) y cobertura (número de estaciones que registraron el evento), se realizó una caracterización territorial de los eventos de heladas. Para esto se hizo un Análisis de Componentes Principales con rotación varimax. Los factores principales fueron se georreferenciaron según la localización de cada estación incorporada en el estudio y se hizo una interpolación utilizando el método IDW, para tener una vista territorial. El objetivo principal de esto fue obtener una clasificación de los tipos de eventos de heladas en base a los indicadores mencionados anteriormente para utilizarlos para las validaciones de los modelos de pronóstico.

Objetivo específico 2: Analizar y efectuar pruebas piloto con tecnologías que posean potencial para evaluar espacialmente el impacto inmediato de las heladas en el sector productivo en las Regiones de O'Higgins y Maule.

Esperado	Meta	Logro	Análisis de brecha
Validación de índices vegetacionales para el análisis de cambio en la cobertura vegetal.	4 eventos caracterizados	4 eventos caracterizados	Para validar el uso de imágenes satelitales y herramientas de teledetección se seleccionaron tres eventos de heladas ocurridos en las regiones de O'Higgins y Maule en los días 13/07/2010, 17/07/2010, 01/07/2013 y 01/10/2013. La finalidad de utilizar eventos en pleno invierno fue con la finalidad de maximizar la capacidad de detección del evento de temperaturas mínimas bajo 0. Si bien se detectó una anomalía en el índice vegetacional utilizado, este no fue significativo como para inferir impacto territorial de los eventos de heladas analizados.
Algoritmo de clasificación para el análisis de cambio validado.	1 Algoritmo realizado	No se logró	No se logró por lo dicho anteriormente.
Protocolo de evaluación de impacto inmediato	1 Numero	No se logró	No se logró por lo dicho anteriormente.

Objetivo específico 3: Diseñar una plataforma piloto para gestionar el sistema monitoreo, alerta temprana de heladas y evaluación del impacto, junto con el registro y gestión de usuarios finales.

Esperado	Meta	Logro	Análisis de brecha
Poblamiento de la base de datos y desarrollo de modelos analíticos.	Base de datos poblada	100%	Se realizó el poblamiento de la base de datos del sistema de alerta temprana de heladas a partir de la base de datos de la RAN. Esto se realizó con la finalidad de utilizar los datos pasados de todas las estaciones meteorológicas en las dos regiones de impacto del proyecto para la validación de los modelos, pero también para el desarrollo del historial de heladas que contendrá la página web. Para el poblamiento se estableció una réplica para no alterar los servicios de producción de la base de datos de la RAN.
Piloto de la plataforma desarrollada	Pruebas realizadas	100 %	<p>Se han realizado pruebas de la plataforma para:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar la base de datos de la RAN. 2. Recibir los datos de la DMC. 3. Generación de alertas cada día que hay eventos de heladas y analizar rezagos. 4. Enviar alerta por SMS y por correo electrónico 5. Velocidad de consultas de usuarios. <p>Se considera que estas son tareas críticas para el buen funcionamiento del sistema de alerta temprana de heladas. Los resultados obtenidos en las pruebas cumplen con los requisitos para un buen funcionamiento del sistema. Sin embargo, en la actualidad existe un rezago importante entre los datos registrados en las estaciones y su disponibilidad en la RAN. Esto puede producir que al aplicar el pronóstico de 12 horas el modelo no encuentre datos suficientes en alguna estación, lo que dejaría a esa estación sin pronóstico.</p> <p>Se recomienda realizar un análisis de las causas de dicho rezago. Tenemos la hipótesis que hay dos puntos críticos donde puede producirse el rezago. El primer punto corresponde al momento de envío de datos de la estación al servidor de la respectiva red (FDF; INIA, Vinos de Chile), y el otro punto crítico puede corresponder al proceso de lectura-escritura de cada archivo de texto que llega al servidor de la RAN por ftp.</p>

Piloto de plataforma Sistema de Monitoreo, Alerta Temprana y Evaluación de Impacto Inmediato implementado	Plataforma implantada en la RAN		El piloto de la plataforma está disponible para ser instalada en el servidor de la RAN. Se ha generado un protocolo para la instalación según el anexo 1. Estos protocolos han sido con versados con informática de la Subsecretaría de Agricultura para que quede todo instalado en el servidor de la RAN, y quede operativo para el año 2017.
---	---------------------------------	--	---

Objetivo específico 4: Difundir y transferir a pequeñas y medianas empresas agrícolas y profesionales del sector público y privado los resultados del proyecto.

Esperado	Meta	Logro	Análisis de brecha
Difusión y Transferencia de la aplicación de los resultados del proyecto.	Actividades de difusión realizadas	Actividades de difusión realizadas	Se realizaron 3 seminarios de difusión. <ol style="list-style-type: none"> 1. 15 de noviembre en Curicó 2. 16 de noviembre en Talca 3. 17 de noviembre en San Fernando Programa y listados de asistencia, se presenta en el punto 7 de este informe. Además de lo anterior se elaboró un boletín del cual se envía una copia anexa a este informe. En el boletín se señalan en 4 secciones los tipos de heladas, las tecnologías de manejo para enfrentarlas, los daños potenciales de las heladas y una breve explicación de cómo funciona el sistema de alerta y monitoreo de heladas.
Propuesta de sustentabilidad	Informe	Se realizó	La propuesta de sustentabilidad se basa en la instalación del sistema desarrollado en los servidores de la Subsecretaría de Agricultura. Esto ya está acordado entre la administración de la RAN y el departamento de informática de la repartición. Queda por definir que institución o grupo de personas internalizarán el costo del uso de mensajería de texto si esto se hiciera operativo. Se espera que sea asumido por la subsecretaría para favorecer la simetría de la información y el acceso a los productores agrícolas pequeños y medianos.

3. Aspectos metodológicos del proyecto:

Se realiza una síntesis de la metodología utilizada para la obtención de los resultados del proyecto. Estos antecedentes fueron expuestos en los informes de avance.

3.1 Objetivo específico 1.

3.1.1 Clasificación de eventos de heladas para estudios de casos. Se utilizó el registro de 75 estaciones meteorológicas de la RAN en las regiones VI y VII. Se consideraron aquellos días con temperatura mínimas iguales o menores a 0 para cada estación. Para la clasificación de heladas se utilizaron los valores de temperatura mínima absoluta, duración de la helada, temperatura promedio de las horas de heladas, y la cobertura territorial expresada como porcentaje de estaciones que registraron el evento.

La clasificación se realizó mediante Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Conglomerados (AC). Con esto se obtuvo una tipología de eventos de heladas. Se escogió el evento centroide de cada categoría para realizar las simulaciones con WRF y el modelo estadístico y hacer las validaciones

3.1.2 Validación de modelos de pronóstico de heladas.

3.1.3 Validación del modelo de meso escala. Se utilizó el modelo WRF para obtener un pronóstico de temperatura del aire a 2 metros de altura en cada uno de los 6 eventos seleccionados. Para la inicialización del modelo WRF se tomaron datos del modelo Global Forecast System (GFS), el cual posee datos con resolución espacial de 0.5 grados (55 km aprox.), y se configuraron 3 dominios anidados para obtener mayor resolución: el primer dominio aumentó la resolución de 55 km (del modelo global GFS) a 36 km, el segundo dominio entregó datos engrillados a 12 km y el tercer dominio mejoró la resolución a 4 km (figura 2). Con respecto a la resolución espacial se programó la entrega de las condiciones atmosféricas para cada punto de grilla cada 1 hora.

Los eventos de heladas validados corresponden a los obtenidos de cada categoría en el análisis multivariado.

	Evento	Fecha
1		28-05-2010
2		10-08-2010
3		01-09-2010
4		13-07-2011
5		17-07-2011
6		31-07-2011
7		22-05-2012
8		23-06-2012
9		11-07-2012
10		01-07-2013
11		14-08-2013
12		01-10-2013
13		19-04-2014
14		23-05-2014
15		25-06-2014
16		07-08-2014

En este punto, es importante indicar que no se puede agregar ningún tipo de información meteorológica de estaciones en superficie u otras fuentes al modelo. La única fuente de datos para la inicialización del modelo es el modelo global. Se utilizó este debido a que es un sistema de fácil uso a nivel operacional, así como el hecho de que es un sistema gratuito y utilizado transversalmente alrededor del mundo.

Para el caso de las parametrizaciones, se utilizó la configuración actual del modelo WRF operativo de la Dirección Meteorológica de Chile. Sin embargo, para la parametrización Land-Surface, se seleccionaron las opciones de parametrizaciones y uso de suelo recomendadas en estudios previos con el fin de obtener mejores resultados.

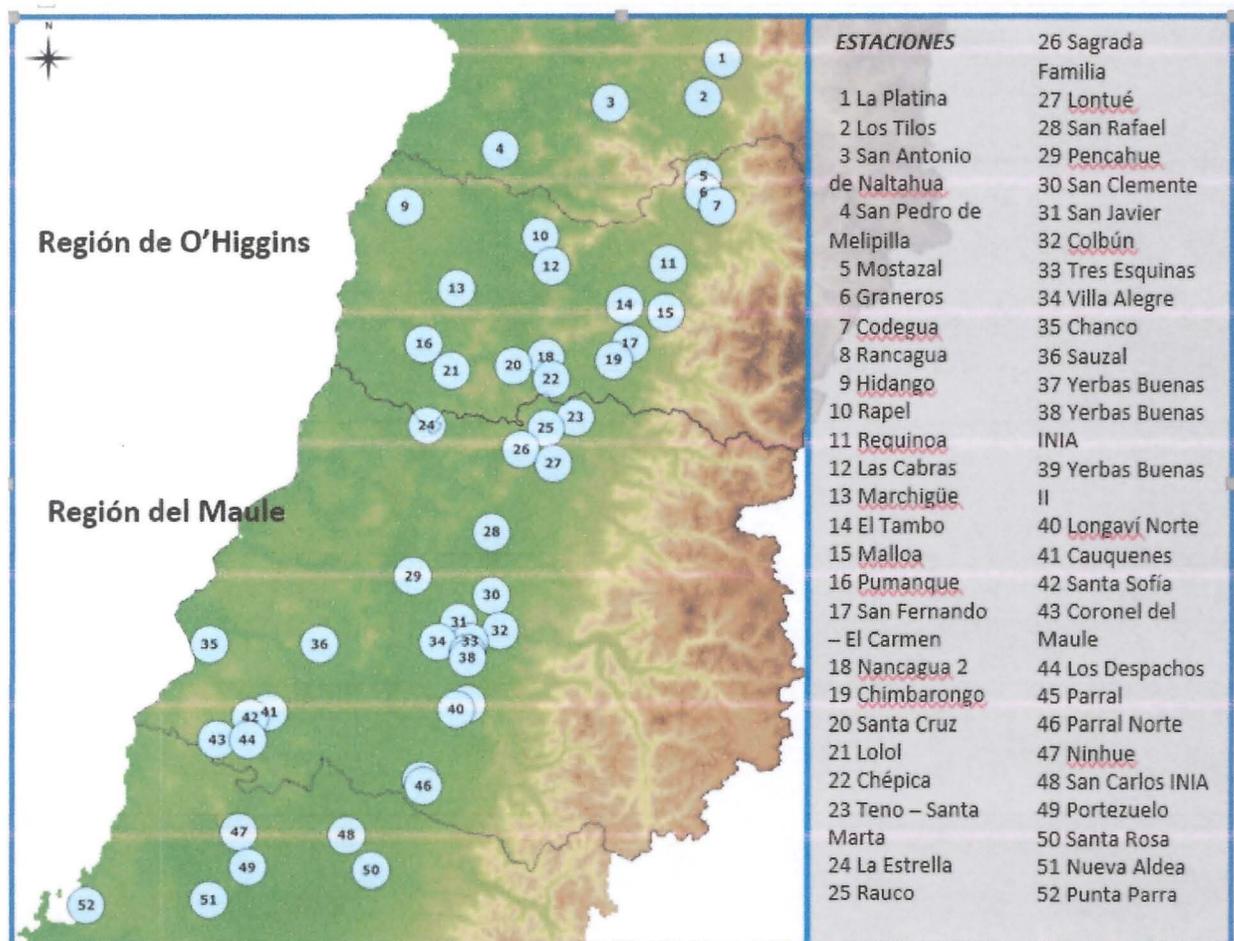
Para cada evento de helada se realizaron 3 simulaciones, generando pronósticos con horizontes de 72, 48 y 24 horas de antelación a la helada, con el fin de analizar la predictibilidad del modelo a mediano y corto plazo. En total, se realizaron 18 corridas con WRF.

Para realizar el análisis de las salidas del modelo, se consideró la información de la temperatura del dominio de mayor resolución y se determinaron dos focos de estudio:

- (i) ciclo de 24 horas de información de la temperatura, comenzando desde las 06 UTC (03 AM hora local) del día en que se registra la helada hasta las 06 UTC del siguiente día.
- (ii) temperatura mínima entregada por las simulaciones (para el día de la helada).

En el análisis de la temperatura simulada a 24 horas, se estimó el ajuste de la simulación al ciclo diario de la temperatura mediante diversos indicadores estadísticos, mientras que con la temperatura mínima entregada por el modelo se determinó la capacidad del modelo de pronosticar el valor más bajo del día, así como también el error promedio y la cantidad de estaciones que obtuvieron resultados en torno a un rango de +/-3°C.

Los indicadores de ajuste para la evaluación utilizados fueron Raíz cuadrada media del error (RSME); Error Cuadrático Medio; ; Amplitud; Sesgo; d de Willmott; coeficiente de correlación R y R². También se utilizó la evaluación de la tabla de contingencia.



Estaciones utilizadas para la validación.

3.1.4 Validación de los modelos estadístico a nivel de micro escala. Se utilizan datos de la red Agromet, provenientes de 39 estaciones automáticas de INIA, FDF y METEOVID, ubicadas entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y del Maule, con datos cada 15 minutos de temperatura del aire, humedad relativa y rapidez del viento. Posteriormente se agregaron las variables precipitación y radiación solar cada 1 hora.

Las estaciones utilizadas para hacer los análisis poseen datos con un horizonte de tiempo de 4 a 5 años. Se incorporó al análisis datos de reanálisis NCEP-CFSR de la NOAA para porcentaje de cobertura de nubes, con resolución temporal de 6 horas y resolución espacial de 0.5° x 0.5°.

Las variables consideradas como entradas para el modelo son:

- Temperatura a 2 metros desde las 0 a las 21 horas
- Precipitación diaria
- Mediana de Humedad relativa a 2 metros
- Mediana de Radiación solar
- Mediana de Rapidez del viento a 2 metros

La variable de salida del modelo es:

- Temperatura mínima de la mañana siguiente.

La predicción se realiza a las 21 horas considerando como variables de entrada los datos observados del día, desde las 00:00 horas del día anterior. Para el caso de precipitación diaria se considera si durante el día llovió o no sin considerar la cantidad de precipitación acumulada.

La red neuronal es entrenada para cada estación, es decir cada una de las estaciones presenta su propio modelo de predicción. Los conjuntos de datos de entrenamiento son calculados al azar entre entrenamiento, validación y testeo en una proporción de 75:15:15, respectivamente.

Se predice el valor de la Temperatura mínima del día siguiente, con estos datos se realiza una clasificación para evaluar la predicción del evento Helada.

Para la validación del modelo se utilizaron los mismos indicadores de ajuste del punto anterior entre los valores observados y los simulados. No obstante, también se aplicó a los datos obtenidos por simulaciones con redes neuronales algunos estadísticos de verificación del pronóstico, ya que la visualización final se transformó a categorías de probabilidad calculada en base al error estadístico de las estimaciones. Esta fue una desviación respecto a la metodología propuesta inicialmente y se basa en construir un pronóstico probabilístico, lo que mejora la incertidumbre del tomador de decisiones.

La verificación del pronóstico probabilístico se realiza utilizando el paquete de R, *verification*.

3.2 Objetivo específico 2

3.2.1 Los datos

El sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), a bordo del satélite Terra (EOS AM-1) fue lanzado en 1999 y entrega información diaria en distintas resoluciones y niveles de producto (NASA, 1999). El producto usado para este estudio fue el NDVI obtenido a partir de los datos grillados de índices de vegetación atmosféricamente corregidos MOD13Q1, para el período 2000 – 2015. Este es un producto de nivel 3 suministrado por la NASA, que consiste en una composición de 16 días con resolución espacial de 250 × 250 m2 con coordenadas en proyección sinusoidal y formato de archivo HDF (Justice et al., 1998; Huete and Justice, 1999). Los datos usados en este estudio van desde el día 49 de 2000 hasta el día 353 de 2015, y han sido re proyectados a coordenadas geográficas, datum WGS84, y almacenados en el formato de archivo GeoTIFF.

Métodos

Las imágenes de NDVI de composición de 16 días de MODIS, pueden incluir errores, inducidos debido a la presencia de nubes, a variabilidad atmosférica, o a incertezas debido al ángulo de visión, entre otros (Goward et al., 1991), y que inducen errores en los productos finales. Es necesario entonces realizar una corrección o suavizado de la serie de tiempo de imágenes: para este proyecto se utilizó el filtro 4253Hx2 (Hird and McDermid, 2009) programado en lenguaje C++, lo que permitió generar un código que minimizara el tiempo de ejecución.

Cálculo de VCI comunal

Utilizando el paquete raster del lenguaje de programación R (Hijmans, 2014) se extrajeron las zonas de producción frutícola por comuna. Para cada píxel en las zonas frutícolas se calculó el índice multitemporal de condición de la vegetación, VCI (Vegetation Condition Index) utilizando la siguiente ecuación (Kogan, 1990).

$$VCI_{i,j} = \frac{NDVI_{i,j} - \min_{k=2000}^{2015}(NDVI_{i,k})}{\max_{k=2000}^{2015}(NDVI_{i,k}) - \min_{k=2000}^{2015}(NDVI_{i,k})} \times 100\% \quad [1]$$

donde $VCI_{i,j}$ es el índice de condición de la vegetación para la i -ésima composición de 16 días del año j , y $NDVI_{i,k}$ corresponde al índice de vegetación de diferencia normalizada, para la i -ésima composición de 16 días del año k .

El valor del VCI varía de 0% (que indica que la vegetación en ese píxel se encuentra en su peor condición para ese período del año dentro de los años 2000 a 2015) hasta 100% (la mejor condición para ese período dentro del período de estudio).

El modelo estadístico que describe el comportamiento del VCI para la mediana comunal de zonas frutícolas durante un año cualquiera estará entonces dado por un modelo estocástico de series de tiempo autoregresivo integrado de media móvil, conocido como modelo ARIMA(p, d, q) presentado en las ecuaciones [2] y [3] que ya ha sido utilizado con éxito en estudios de evaluación de la dinámica vegetacional en otros lugares del mundo (Han et al., 2010; Fernandez-Manso et al., 2011).

$$\varphi(B)\nabla^d X_t = \theta(B)a_t \quad [2]$$

donde

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q \quad [3]$$

$$\varphi(B) = 1 - \varphi_1 B - \dots - \varphi_p B^p$$

X_t corresponde a la serie anual observada de índice de condición de la vegetación (VCI), θ_i y φ_i son parámetros del modelo, B es el operador de retardo ($B^k X_t = X_{t-k}$). Los errores aleatorios, a_t , se asume que son independientes e idénticamente distribuidas con media cero y varianza constante σ^2 (ruido blanco), ∇^d describe el operador de diferenciación que permite hacer estacionaria la serie y d es el número de diferenciaciones.

Para realizar la validación del modelo, de los 10 eventos utilizados para los modelos de predicción (2010/05/28, 2010/07/13, 2010/07/13, 2010/07/17, 2012/06/23, 2013/07/01, 2013/10/01, 2014/04/19, 2014/05/23, 2014/06/25, y 2014/08/07), se seleccionaron 4 eventos de heladas: 2010/07/13, 2010/07/17, 2013/07/01 y 2013/10/01. El criterio utilizado para definir como «éxito» la detección de la helada fue una caída del valor medio del VCI igual o superior a un cierto umbral.

2.2.2 Desarrollo de un clasificador de daño por heladas usando imágenes espectrales. Como se informó en los informes de avance el método señalado anteriormente no fue capaz de detectar de manera significativa un cambio en la vegetación que permitiera establecer el impacto inmediato de las heladas, por lo cual se optó por el desarrollo de un modelo de información que permitiera establecer la cobertura territorial de las heladas en base al registro de la RAN y su historial.

2.2.3 Validación del clasificador. Por lo dicho anteriormente no se pudo establecer un protocolo de impacto inmediato de las heladas.

3.3 Objetivo específico 3

Se conformó un grupo de trabajo denominada “mesa tecnológica”, conformada por miembros de INIA, FDF y Vinos de Chile, en la cual se analizó y revisó cada etapa del desarrollo: análisis; diseño; desarrollo; implementación.

Análisis: se llevó a cabo la toma y especificación de requisitos del software, abarcando el ámbito del sistema, principales funciones del sistema, caracterización de los usuarios y requisitos específicos del sistema.

Diseño: en base a la especificación de requisitos se elaboraron prototipos no funcionales y funcionales, hasta lograr los objetivos planteados en la especificación de requisitos.

Desarrollo: Una vez aprobado el diseño del sistema, se configuró la plataforma con la tecnología especificada y codificó el sistema para ser utilizado mediante plataforma web.

Implementación: para implementar el sistema, se instaló y configuró el sistema en una máquina virtual en VMWARE. Se exportará la imagen del sistema completo al servidor final habilitado por el MINAGRI para la explotación del sistema de información.

Las tecnologías utilizadas para el desarrollo están basadas en una plataforma web, implementada mediante: servidor web Apache; Lenguaje de programación PHP; base de datos MySQL.

- Servidor del Sistema: Se contempla un servidor virtualizado con un sistema operativo Linux Centos 6.5.
- Servidor HTTP: Como servidor HTTP se ha utilizado Apache 2.2.15, el cual es un servidor de código abierto, multiplataforma.
- Marco de Desarrollo: El sistema se ha desarrollado en Laravel 5.1 PHP Framework, un marco de desarrollo de código abierto para PHP.
- Lenguaje de Programación: PHP 5.5.13 es el lenguaje de programación utilizado.
- Base de Datos: MySQL 5.1.73 es el sistema de bases de datos relacional utilizado.

3.4 Objetivo específico 4

Bajo este objetivo se buscaba difundir la ejecución. Las actividades estarán dirigidas a productores de diferentes estratos y tamaño de empresa, a profesionales del agro del sector público y privado, y autoridades del sector público y líderes gremiales del sector.

La difusión y transferencia tecnológica del proyecto tiene tres componentes:

3.4.1 Difusión del proyecto. Esta se realizó mediante la realización de seminarios en las regiones de impacto del proyecto abarcando los diferentes segmentos de productores. En estos seminarios se presentaron los aspectos centrales relacionados a la problemática de las heladas.

- a) Aspectos climatológicos de las heladas en Chile Central
- b) Efectos en las plantas y medidas de manejo para la prevención y mitigación de daños.
- c) Presentación del sistema de monitoreo y alerta de heladas.

3.4.2 Transferencia tecnológica del sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas. La transferencia tecnológica de los resultados del proyecto considera la entrega del monitoreo y alerta temprana de heladas al sector productivo y comunidad en general bajo un sistema de libre acceso en la forma de un bien público y a través de la página web de la RAN.

Se proyectó en un inicio que si esta experiencia piloto opera en forma confiable y precisa, se ofrecerá la instalación del sistema como parte de los servicios de información de la Red Agroclimática Nacional. (en sus páginas web agroclimatico.cl y agromet.cl del Ministerio de Agricultura) al igual que en las páginas de las sub redes de INIA, DMC, FDF y Vinos de Chile.

Además de lo anterior se proyectó elaborar un folleto de 4 páginas, el cual resultó un boletín más amplio para ser distribuido. Se anexa a este informe un ejemplar.

Producción de dos videos cortos y explicativos

3.4.3 Generación de un plan de sustentabilidad del sistema. El plan de sustentabilidad del sistema está basado en cómo se incorpora el sistema a los servicios de información del Ministerio de Agricultura a través de la Red Agrometeorológica Nacional. Como se sabe los servicios de información agroclimático del Ministerio se encuentran financiados como parte del presupuesto habitual de la Subsecretaría de

Agricultura. En este sentido, la alerta a través de acceso a páginas web no debiese tener problemas de sustentabilidad.

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).

Actividad programada	Actividad ejecutada (si/no/parcial)	Brecha
Análisis de casos de eventos de heladas	Si	Se realizó antes de lo programado debido a que la información resultante se utilizó para la validación de los modelos de meso escala y estadístico.
Análisis de cluster de heladas	Si	Igual que lo anterior.
Simulación de meso escala de casos clasificados	Si	Se realizó el análisis de acuerdo a la metodología señalada.
Bondad del ajuste del modelo WRF a 24, 48, 72	Si	Se realizó el análisis de acuerdo a la metodología señalada.
Elección de estaciones meteorológicas para aplicación de técnicas estadísticas de predicción	Si	Se realizó el análisis de acuerdo a la metodología señalada.
Validación y bondad del ajuste de modelos estadísticos desarrollados	Si	Se realizó el análisis de acuerdo a la metodología señalada.
Clasificación territorial de eventos de heladas	Si	Se realizó el análisis de acuerdo a la metodología señalada.
Procesamiento catastro de uso agrícola del suelo	Si	Se realizó integrándolo a la elaboración de una metodología de impacto inmediato. No tuvo los resultados esperados.
Análisis de Base de datos de imágenes espectrales durante eventos de heladas.	Si	Como se mencionó no tuvo el resultado esperado.
Desarrollo de clasificador de daño por heladas usando imágenes espectrales	No	Por lo dicho en los dos puntos anteriores no se insistió en el desarrollo de un clasificador como se había propuesto. Se optó por desarrollar información en base al historial de heladas existentes, como insumo para la construcción de indicadores de intensidad, duración y cobertura territorial.
Validación del clasificador de daño por heladas	No	Idem al anterior.
Definiciones de la plataforma	Si	Se realizó de manera anticipada y paralela al desarrollo de las metodologías de pronóstico de heladas. Se buscó generar el máximo de

		información disponible para los usuarios finales y explotar de mejor manera las herramientas de comunicación a utilizar (web, SMS y correo electrónico).
Modelo de dominio de la plataforma	Si	Como parte del análisis de requerimiento se estableció conceptualmente los tipos de usuarios que se espera utilicen el sistema de alerta: principalmente productores agrícolas, pero también profesionales y técnicos del agro, así como autoridades locales y regionales de fomento productivo agrícola.
Poblamiento de la base de datos	Si	Se utilizó una réplica de la base de datos de la RAN para contar con datos para el desarrollo del sistema y correr las rutinas desarrolladas para la generación del pronóstico mediante redes neuronales.
Analítica de datos	Si	Se realizó con la incorporación del error de las estimaciones para realizar un pronóstico probabilístico. Se elaboró indicadores de verificación del pronóstico.
Habilitación de módulos	Si	Utilizando lenguaje php se programó las redes neuronales para cada una de las estaciones meteorológicas en los cuales se entrenó y se obtuvieron los coeficientes respectivos. Este pronóstico se transformó en probabilístico mediante la utilización de la distribución del error de las estimaciones Se habilitaron los módulos para usuarios finales y administradores del sistema. También se habilitó un módulo de historial de eventos de heladas que toma los valores registrados en la RAN para construir los indicadores.
Despliegue de información	Si	Se desarrollaron las interfaces de usuarios de los diferentes módulos que se pueden acceder de acuerdo al perfil de usuario.
Prueba integrada del sistema	Si	Se realizó la prueba de todas las funcionalidades del sistema. Estas pruebas incluyen funcionalidad de generación de alerta de heladas en tiempo real, comunicación ftp para recibir los datos e imágenes del pronóstico DMC y envío de SMS y correo electrónico a los usuarios.
Marcha blanca	Si	La marcha blanca se realizó mediante las pruebas de todas las funcionalidades del sistema.
Instalación de las alertas en RAN	Si	Se generó un manual de instalación que se agrega a este informe. Junto con ello se han establecido las conversaciones y acuerdos con

		el departamento de informática de la Subsecretaría para la instalación en los servidores del Ministerio de Agricultura.
Seminarios finales de descripción y aplicación de los resultados.	Si	Se realizaron en Curicó, Talca y San Fernando.
Guías y boletines impresos y entregados.	Si	Se imprimió un folleto. Se anexa un ejemplar en este informe.
Dos Videos instalados en sitios web	Si	Los videos se realizaron y están en la página web.
Plan de sustentabilidad para la entrega de avisos tempranos de heladas bajo formatos de mensajes de texto u otras formas de comunicación más proactivas.	Si	Hay una propuesta a la Subsecretaría para definir la alerta mediante mensajería de texto a los teléfonos celulares. Esto permitiría generar mayor acceso y mejor oportunidad para los segmentos de la Agricultura Familiar Campesina y la mediana Agricultura.

5. Resultados del proyecto

5.1 Resultados principales comprometidos obtenidos

Hitos	Análisis de brecha ¹
Validación del modelo de meso escala con resolución de 4 km	Se logró validar el pronóstico de meso escala en base al modelo WRF con la resolución de 4 km. Este modelo se utilizará en la plataforma para que los usuarios tengan una previsión de 24, 48 y 72 horas acerca de las temperaturas mínimas en las regiones de O'Higgins y Maule.
Modelos estadísticos validados para la predicción de heladas a escala local a 12 y 6 horas.	Utilizando redes neuronales se estableció un pronóstico de 12 horas que operativamente se utilizará para hacer una previsión a las 21 y a las 23 horas para pronosticar la ocurrencia de heladas en la noche siguiente. Utilizando la distribución normal del error de la estimación de temperaturas mediante redes neuronales se transforma la estimación en un pronóstico probabilístico de ocurrencia de heladas. Los códigos para el entrenamiento de las redes

	neuronales se presentan en el anexo 1.
Validación de índices vegetacional para el análisis de cambio en la cobertura vegetal.	El uso de índices vegetacionales no tuvo el éxito esperado de tal forma que este resultado no fue posible a la escala utilizada en base a imágenes satelitales. Ante esto, y para contar con una medida de cobertura territorial de los eventos de heladas, se organizó la información pasada y futura de las estaciones de la RAN de forma que permita conocer la cobertura territorial de cada evento, su intensidad y duración, utilizando los mismos registros de las estaciones meteorológicas.
Piloto de plataforma Sistema de Monitoreo, Alerta Temprana y Evaluación de Impacto Inmediato implementado	De acuerdo a los requerimientos establecidos en el proyecto se diseñó y desarrollo un sistema en web para procesar los datos de las estaciones de la RAN y generar un sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas. Este considera las necesidades de información de los usuarios productores agrícolas, los profesionales y técnicos del agro y de autoridades y/o profesionales relacionados a fomento productivo a nivel local, regional o nacional. La plataforma procesa datos de pronóstico en los diferentes horizontes de tiempo y escalas descritas anteriormente. Pantallas y descripciones se presentan en el anexo 2. El demo se encuentra en http://dakota.inia.cl/heladas/laravel/demo/public/

5.3 Actualizar análisis económico con y sin proyecto.

Este proyecto no contemplo análisis económico ex ante ni ex post.

5.4 Análisis de impacto logrado a la fecha

En este proyecto no se midieron impactos dado que la finalidad principal era generar una plataforma de bien público para pronosticar eventos de heladas. No obstante es posible señalar que en la medida que se implemente el sistema de información, el impacto inmediato será la posibilidad de acceso a la información por parte de la pequeña y mediana agricultura que tiene las menores posibilidades de adquirir tecnologías de pronóstico.

En el largo plazo se espera que este sistemas y otros que puedan desarrollarse con la información de la RAN se vaya generan una cultura de adaptación a la variabilidad climática en el sector agrícolas nacional

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

No se enfrentaron problemas que impidieran la obtención de los resultados comprometidos en la propuesta.

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.

La difusión de los resultados del proyecto se hizo de acuerdo a lo programado en la propuesta original más algunas actividades no programadas

Actividad	Fecha	Ciudad	Asistentes
Seminario VII Región	15 de noviembre	Curicó	42
Seminario VII Región	15 de noviembre	Talca	13
Seminario VI Región	17 de noviembre	San Fernando	12



Vinos de Chile



Invitación

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Vinos de Chile, Dirección Meteorológica de Chile, y Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF), invitan a usted al seminario "Sistema de alertas y alarmas tempranas de heladas para las Regiones de O'Higgins y Maule, análisis de factores climáticos y agronómicos predisponentes, y manejos para su mitigación", en el cual se presentará un sistema disponible en web para la alerta de heladas en la Región.

Esta actividad se llevará a cabo en tres oportunidades:

Día	Horario	Lugar
8 de noviembre	10:00-13:00	Víña Casa Silva, Los Lingües, San Fernando
15 de noviembre	10:00-13:00	Hotel Raíces, Curicó
16 de noviembre	10:00-13:00	Centro de Innovación Víña Concha y Toro, Pencoche, Talca

Este seminario es sin costo pero tiene cupos limitados, por lo tanto, solicitamos su confirmar su asistencia

Programa

Hora	Tema	Relator
10:00-10:30	Análisis de zonas proclives a heladas en O'Higgins y Maule	Juan Quintana, Jefe Oficina Estudios Meteorológicos en Dirección Meteorológica de Chile/José Vicencio, Meteorólogo en Dirección Meteorológica de Chile.
10:30-11:15	Manejos para mitigación de riesgos de heladas y tecnologías de control de heladas	Profesional del INIA
11:15-11:30	Preguntas	
11:30-11:50	Coffee	
11:50-12:30	Resultados del proyecto	Rodrigo Bravo, Ing. Agrónomo, Mg. Fc. Investigador, INIA Retehue.
12:30-13:00	Mesa redonda y preguntas	Moderador: Rodrigo Chacón

Esta actividad es parte del proyecto "Sistema de alertas y alarmas tempranas de heladas en las Regiones de O'Higgins y Maule y evaluación de su impacto productivo, para entregar información relevante para la gestión preñal de las heladas a nivel de los productores, la operación de Seguros agrícolas y el sector público y privado", (PVT 2015-0300).

15 noviembre
Curico

Asistencia "Sistema de alertas y alarmas tempranas de heladas para las Regiones de O'Higgins y Maule, análisis de factores climáticos y agronómicos predisponentes, y manejos para su mitigación"

N°	Nombre	Correo	Teléfono	Firma
✓ 1	Alexis Salvo			
✓ 2	Andres O. Fuenzalida			
✓ 3	Camila Mora			
✓ 4	Catalina Vidal			
✓ 5	Cecilia Peppi			
✓ 6	Claudio guerra			
✓ 7	Claudio Morales			
8	Cristián Bustamante			
✓ 9	Cristián Godoy			
10	Eduardo Rauld			
11	Eugenio Sanchez			
✓ 12	Fabiola Urzúa			
13	Fernando Miranda			
✓ 14	Ingrid Brito			
✓ 15	Jaime Pizarro			
16	Jean Francois			
✓ 17	Jorge Diaz			

	Si
	No

✓ 18	Jorge Letelier			
	33 José Luis Infante			
	23 José Vicencio			
✓ 21	Josefa Correa Dosal			
✓ 22	Juan Eduardo Acevedo			
	25 Juan Pablo Fernandez			
✓ 24	Juan Quintana			
	26 Juvenal Matus			
	28 Leonel Fernandez			
	27 Luis Flores			
✓ 28	Macarena Espinoza			
✓ 29	Marcela Lorca			
✓ 30	María Paz Fuentealba			
✓ 31	Michael Alegria			
✓ 32	Nancy Reyes			
✓ 33	Pablo Cruces			
✓ 34	Pablo Morales			
✓ 35	Paulina Flores			
	36 Ricardo Cerda			
	37 Ricardo Neira			

38	Rodrigo Bravo			
39	Rodrigo chacón			
40	Rodrigo Díaz			
41	Rodrigo Salgado			
42	Ruben Olguin <i>Judop.</i>			
43	Sonia A. rojas			
44	Ximena Loyola			
45	Augusto Muñoz			
46	Arnoldo Rodríguez			
47	Juan Tobas			
48	Peterson Muñoz			
49	David Montañez			
50	Marcelo Jorjido			
51	Robert Jovanotti			
52	Felipe Ardania			
53	Leis Espudola			
54	Laura Luna			
55	Emilio Rojas			
56	Sonia Rojas			
57	Ximena Torti			

Asistencia Seminario "Sistema de alertas y alarmas tempranas de heladas para las Regiones de O'Higgins y Maule, análisis de factores climáticos y agronómicos predisponentes, y manejos para su mitigación"

17 de noviembre-San Fernando

Nº	Nombre	Correo electrónico	Teléfono	Empresa	Cargo	Firma
1	Barbara Valderrama			Subsole	Certificación	
2	Carlos Gonzalez				ADMINISTRADOR	
3	Cristian Moraga					
4	Cristian Narea			Fresh del Monte		
5	Cristian Retamales				ING. Agrónomo	
6	Díval Bravo			Impacta	ING. Agrónomo promoción y venta	
7	Emiliano Zelada					
8	Eugenio Maffei			Vina la Rosa	Gerente Agrícola	
9	Jaime Lagos			Valla Secreto	Gerente	
10	Jimena Egriña			Vina El Aromo	Enólogo	
11	José Quintana			Dirección Meteorológica de Chile		
12	Juan Carlos Rojas			Fresh del Monte		
13	Juan Francisco Píña González			BERRFRUIT LTDA	DEPARTAMENTO TÉCNICO	
14	Julio Herrera			Universidad de Chile	Asistente Investigación	
15	Leonel Fernandez			PDF		
16	Manuela Baeza Barros			Rio King	DTO Técnico	
17	Maribel Aguilár			Subsole		

18	Melitta Espinosa			
19	mauricio barra		FRUTILLA COO	CONTROL DE CALIDAD
20	Mauricio Rivera		O. San Valle sacanor	jefe de campo
21	Oscar Reyes		San Nicolás wines	sub gerente producción
22	Patricio Muñoz		lucegi/lucegi	agronomo
23	Paulina Flores		Vinos de Chile	Coordinadora de proyectos
24	Rodrigo Bravo		INA	
25	Rodrigo Chacón		FOF	
26	Victor Beyá Marshall		Univ. de Chile	Coordinador Proyecto
27	Ximena de la Cerda		chifresh	
28	XXXXXXXXXX			
29	José U. Celis		DMC	
30	Juan Quintero		DMC	Jefe Sección Met. Agrícola
31	Carolina Poggi		U. de Chile	asistente
32	Rodrigo Bravo		FAO	proy. de la U. de Chile
33	Antonio Yakov		FRANCO	Jefe Sección Dept. IRT
34				
35				
36				
37				
38				
39				

Asistencia Seminario "Sistema de alertas y alarmas tempranas de heladas para las Regiones de O'Higgins y Maule, análisis de factores climáticos y agronómicos predisponentes, y manejos para su mitigación"

16 de noviembre-Talca

N°	Nombre	Correo electrónico	Teléfono	Empresa	Cargo	Firma
1	Elas Rojas Arévalo			Municipalidad de Maule	Oficina N° 2	
2	Alejandra Neira			Agricom		
3	Carlos Mondaca M.			Vina El Aroma	ing. Agrónomo	
4	Carolina Bustos			AQM S.A.	Gerente de Producción	
5	Christian Collado Inzulza .			Procesal Norte	compuador	
6	Cabino Reginato			Universidad de Chile	Ing. Agrónomo Mg.Sc.	
7	Guillermo Belmar Gubierrez			PRODESAL Parral	Jefe Técnico	
8	Jose Alberto Poblete			Agricom		
9	José Francisco Muñoz Contardo			Agricom	Gerente Producción	
10	José Vicencia			Dirección meteorológica de Chile		
11	Josué Salgado Sáez			Agrícola Montefrut		
12	Luis Jorquera Bravo			Agrícola Polpaico		
13	Macarena Espinoza López			Universidad Católica del Maule	estudiante de Agronomía	
14	Miguel Concha			Agrícola Polpaico		
15	Miguel Recabren			I+D Vinos de Chile		
16	Oscar Godoy					
17	Oscar Godoy A.			Del Monte Fresh Produce (Chile) S.A.	Sub Gerente de Control de Calidad	

18	Patricia Muñoz Sandoval		Agrícola Mataquito S.A	Administradora
19	Paulina Flores		I+D Virus de Chile	
20	Rodrigo Bravo		INIA	
21	Rodrigo Chacón		FDE	
22	Vicente Aguirre		La Esperanza	Gerente
23	M ^{ra} Carolina Bustos		Agropecuaria del Maipo	Gerente Producción
24	Alfonso Larraín V.		Cochin y Tom	Administrador Sanitario
25	Marcelo Salazar			Asesor Productor
26	José Gutiérrez		RyT	Asistente Técnico
27	Esther Verdug		CyT	Asistente Técnico
28	Carolina Torres		CyT	Asistente Técnico
29	Gonzalo Arellano			Gerente General
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				

ACCESO SERÁ GRATUITO

Proyecto INIA genera un sistema de alerta temprana de heladas

Álvaro González, sub-gerente del Centro de Investigación e Innovación de Viña Concha y Toro, explicó que estos fenómenos tienen un impacto muy grande sobre la productividad de la viticultura, dependiendo de cuándo éstos ocurran

Periodista: Diario El Centro - Fecha de Edición: 18 de Noviembre 2015



8. Productores participantes

En el desarrollo del proyecto no participaron productores agrícolas directamente en la evaluación del sistema. No se contempló en la propuesta adjudicada.

9. Conclusiones

Los modelos de pronóstico validados han permitido desarrollar un sistema de información de valor agregado para el monitoreo y alerta de heladas. No obstante, la complejidad de los modelos involucrados, por un lado, el modelo de meso escala WRF y, por otro, la elaboración de redes neuronales, se ha generado un sistema de información de valor agregado que ayudará a los productores y demás tomadores de decisión involucrados a reducir el nivel de incertidumbre ante eventos de heladas.

10. Recomendaciones

A juicio de las entidades miembros de este proyecto (INIA, DMC, FDF y Vinos de Chile) y, además, miembros de la RAN, es necesario expandir el área de acción del sistema de alerta temprana más allá de las regiones de O'Higgins y Maule.

Junto a lo anterior, es absolutamente necesario generar evaluaciones económicas que permitan establecer el valor de la información agrometeorológica que se está generando en el país.

Finalmente en aquellos fenómenos que la información agrometeorológica genere externalidades positivas significativas es necesario generar sistemas de información focalizados en mejorar la simetría de información entre los diferentes productores agrícolas.

11. Otros aspectos de interés

Otro aspecto de interés a resolver es el rezago de tiempo que se produce entre que la estación registra en lado y su registro en el servidor de la RAN. Esto en algunos casos llega a tres horas. Esta situación puede producir problemas operativos al tratar de implementar sistemas de alerta que por definición requieren inmediatez entre la obtención del dato, el procesamiento y la generación de la información de alerta.

Este es un tema a resolver para la implementación del sistema desarrollado.

12. Anexos

Anexo 1

Código para el entrenamiento de la red neuronal escrito en R.

```
# funciones
sigmoidea <- function(X, b) {
  Y <- 2.0 / (1 + exp(-b * X)) - 1;
  return(Y)
}
corte <- function(criterio,epoca_ac,epoca_max,tasa_e,tasa_max,bandera) {
  if (criterio == 1) {
    if (epoca_ac>epoca_max)
      bandera <- FALSE;
  } else if (criterio == 2) {
    if (tasa_e<=tasa_max)
      bandera <- 0;
  } else if (criterio == 3) {
    if (tasa_e<=tasa_max || epoca_ac>epoca_max )
      bandera <- FALSE;
  } else {
    print('Criterio no contemplado')
    bandera <- 0;
  }
  return (bandera);
}

archivo <- "archivo";
gamma <- .02;
#tasa_max_err <- .05;
epoca_max <- 300;
alpha <- .2;

criterio <- 1 * exists("tasa_max_err") + 2 * exists("epoca_max");
epoca_actual <- 1;
patrones_entr <- read.table(paste("~/",archivo,"e", 1, ".csv", sep="_"), quote="", comment.char="",
stringsAsFactors=FALSE)
nm <- dim(patrones_entr)
nodos <- rbind(nm[2] - 1, round((nm[2] - 1)/2));

deltaW_n <-
W <- list()
deltaW_n[[1]] <-
W[[1]] <- matrix(rnorm((nodos[1] + 1)*nodos[2]), nrow = nodos[2], ncol = nodos[1]+1)
deltaW_n[[2]] <-
W[[2]] <- matrix(rnorm(nodos[2] + 1), nrow=1, ncol=nodos[2] +1)

bandera <- !0;
error_tasa <- list();

while (bandera) {
  for (t in 1:nm[1]) {
    X <- t(cbind(-1, patrones_entr[t, 1:(dim(patrones_entr)[2]-1)]));
    Y <- list();
    for(k in 1:2) {
```

```

V <- W[[k]] %*% X;
Y[[k]] <- sigmoidea(V, 1);
X <- t(cbind(-1, t(Y[[k]])));
}
`y` <-
u <- .5 * (1+Y[[2]])*(1-Y[[2]]);
error <- t(patrones_entr[t, (dim(patrones_entr)[2]-1+1):dim(patrones_entr)[2]]) - Y[[2]]
Delta <- list();
Delta[[2]] <- error * `y`;

for (k in seq(2-1,1,-1)) {
`y` <- .5 * (1+Y[[k]])*(1-Y[[k]]);
m <- W[[k+1]][,2:dim(W[[k+1]])[2]];
dim(m) <- c(dim(Delta[[k+1]])[1],dim(`y`)[1]);
Delta[[k]] <- (t(as.matrix(m)) %*% Delta[[k+1]]) * `y`;
}

X <- as.matrix(cbind(-1, patrones_entr[t, 1:(dim(patrones_entr)[2] - 1)]));
for (k in 1:2) {
dW <- gamma * (Delta[[k]] %*% X);
W[[k]] <- W[[k]]+dW+alpha*deltaW_n[[k]];
deltaW_n[[k]] <- dW;
X <- t(rbind(-1, Y[[k]]));
}
}
n <- dim(patrones_entr);
X <- cbind(rep(-1, n[1]), patrones_entr[,1:(n[2] - 1)]);
V <- list()
Yp <- list()
for (k in 1:2) {
V <- W[[k]] %*% t(X);
Yp[[k]] <- t(sigmoidea(V, 1));
X <- cbind(rep(-1, n[1]), Yp[[k]]);
}
}
V <- (Yp[[2]]);
if (length(V[1,]) == 1) {
aciertos <- sum(abs(V - patrones_entr[, (n[2]:n[2])]) < 0.1)
}
}
tasa_a <- aciertos / n[1];
tasa_e <- 1 - tasa_a;
bandera <- corte(criterio,epoca_actual,epoca_max,tasa_e,tasa_max_err,bandera);
error_tasa[epoca_actual]<-tasa_e;
print(epoca_actual);
epoca_actual<-epoca_actual+1;
}
}

```

Anexo 2 Detalle Técnico de Instalación

Requisitos de Sistema Host

- Servidor: Linux, Centos 6.5 o superior
- Servidor Web Apache / PHP 5.6.x
- Servidor de Base de Datos MySQL 5.5.x

Scripts Automáticos

Las siguientes URL deben ser programadas para su ejecución mediante el demonio cron de Linux.

Pronostico DMC

Descripción: Rutina encargada de leer el pronóstico recibido mediante archivos FTP, por la Dirección Meteorológica de Chile. Todos los días son recibidos archivos en formato txt, los cuales son leídos y almacenados en la tabla “pronosticos_dmc”, además esta rutina lee los archivos de imágenes del panorama sinóptico pronosticado para 3 días (imágenes .png) que también son recibidos mediante FTP.

<http://urlDeHeladas.cl/scripts/dmc>

Cron: todos los días a las 20:30 horas.

Nota: los archivos son recibidos mediante FTP todos los días entre 16:00 y 20:00 horas aproximadamente.

Pronostico RN21

Descripción: Rutina encargada de generar el pronóstico de la red neuronal calibrada para operar con datos desde las 21 horas. Los datos son almacenados en la tabla “pronosticos_redneuronal_21”, además genera el dato de la desviación estándar del error para los datos generados, el cual es almacenado en la tabla “desviacion_estandar_error”

<http://urlDeHeladas.cl/scripts/rn21>

Cron: todos los días, cada 10 minutos entre 21:00 y 02:00 horas.

Nota: para que este pronostico sea generado, es necesario en el base PORTALRAN existan muestras de temperatura entre las 00 y 21 horas del día previo al pronostico, además de radiación a las 14 horas y humedad relativa a las 21 horas.

Pronostico RN23

Descripción: Rutina encargada de generar el pronóstico de la red neuronal calibrada para operar con datos desde las 23 horas. Los datos son almacenados en la tabla “pronosticos_redneuronal_23”, además genera el dato de la desviación estándar del error para los datos generados, el cual es almacenado en la tabla “desviacion_estandar_error”

<http://urlDeHeladas.cl/scripts/rn23>

Cron: todos los días, cada 10 minutos entre 23:00 y 02:00 horas.

Nota: para que este pronostico sea generado, es necesario en el base PORTALRAN existan muestras de temperatura entre las 00 y 23 horas del día previo al pronostico, además de radiación a las 14 horas y humedad relativa a las 23 horas.

Generación de Históricos

Descripción: Rutina encargada de generar el histórico de heladas para cada estación a partir de los datos almacenados en la base “PORTALRAN”, el histórico de heladas es almacenado en la tabla “historicos”

<http://urlDeHeladas.cl/scripts/historico>

Cron: todos los días a las 12:00 horas.

Generación de Alertas

Descripción: Rutina encargada de generar las alertas de heladas para cada estación a partir de los datos generados en el pronóstico de red neuronal de las 21 y 23 horas.

<http://urlDeHeladas.cl/scripts/alertas>

Cron: todos los días, cada 15 minutos entre 21:00 y 02:00 horas.

Envío de Alertas

Descripción: Rutina encargada de enviar las alertas de heladas para cada estación.

<http://urlDeHeladas.cl/scripts/alertasEnviar>

Cron: todos los días, cada 5 minutos entre 21:00 y 03:00 horas.

Permisos de Directorios

Directorio DMC

Descripción: se debe crear un directorio con acceso FTP para recibir los archivos generados por la Dirección Meteorología de Chile, como “/var/www/html/DMCheladas”. El usuario creado para dicho acceso debe tener permisos 644.

Directorio Storage

Descripción: el directorio “/var/www/html/heladas/storage/” es utilizado para almacenar los archivos procesados del FTP, logs, cache y sesiones del sistema, el directorio debe y subdirectorios debe tener permisos 775

Base de Datos

Los datos de acceso a las bases de datos deben ser modificados en el archivo “.production.env” ubicado en la raíz del sistema heladas.

potalran

Descripción: base de datos de las variables meteorológicas. Los datos de acceso

heladas_laravel

Descripción: base de datos del sistema heladas.

Cuenta de Email SMTP

Los datos de acceso a la cuenta de email SMTP deben ser modificados en el archivo “.production.env” ubicado en la raíz del sistema heladas.

Anexo 3

Descripción de interfaz del “sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas” desarrollado en el proyecto0

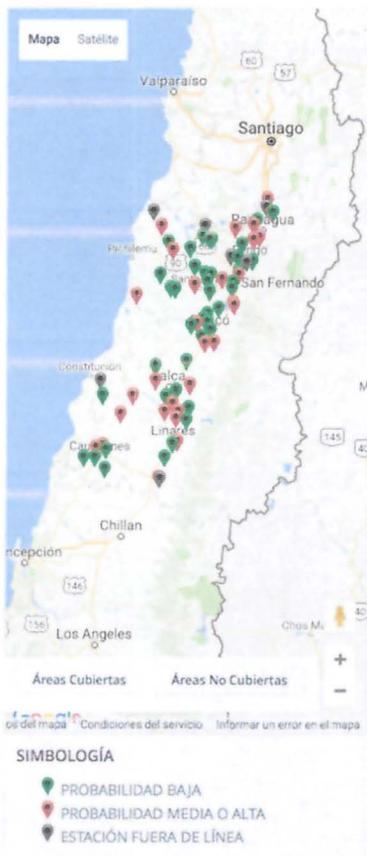
WEB PUBLICA – PANTALLAS

MENU : MONITOREO DE HELADAS

En la sección "MONITOREO DE HELADAS" encontrará el listado de estaciones meteorológicas ubicadas entre las regiones de O'Higgins y El Maule, y a partir de la cuales se ha generado el Sistema de Alertas. Para seleccionar una estación tiene disponible dos opciones de vistas, a la izquierda encontrará las estaciones ubicadas en el mapa y ubicadas según su georreferenciación, a la derecha encontrará el listado de estaciones dividido por región.

En ambas vistas se detalla la temperatura mínima registrada el día anterior y el día actual (hasta la hora actual), también se detalla la probabilidad de helada pronosticada por el sistema, catalogada como "BAJA", "MEDIA" o "ALTA".

Estaciones Meteorológicas



Estación comuna	Temperatura Mínima Observada		Pronóstico Domingo 4 de Septiembre	
	Viernes 2 de Septiembre	Sábado 3 de Septiembre	Probabilidad	Temperatura Mínima Estimada
Anakena Requinos	-3.0°C	-2.1°C	ALTA	-1.6°C
Casa Silva-Los Lingües San Fernando	sin valor	sin valor		
Chépica Chépica	0.4°C	-1.1°C	BAJA	
Chimbarongo Chimbarongo	2.5°C	-1.0°C	BAJA	
Codegua Codegua	-0.3°C	0.7°C	MEDIA	-0.3°C
Codegua Norte Ex Rancagua Codegua	-1.3°C	0.0°C	BAJA	
Coltauco Coltauco	-1.7°C	-0.6°C	MEDIA	0.0°C
Conosur Chimbarongo	1.6°C	-0.4°C	BAJA	
El Carmen San Fernando	0.9°C	0.0°C	ALTA	-4.0°C
El Tambo San Vicente	0.8°C	0.2°C	BAJA	
Graneros Norte Graneros	sin valor	sin valor		
Hacienda Araucano-Lolol Perazillo	0.1°C	0.6°C	BAJA	
Hidango Linares	4.3°C	-1.0°C		
La Estrella Norte La Estrella	-4.7°C	-3.5°C	ALTA	-1.5°C
La Estrella Sur Ex Pumanque La Estrella	2.3°C	0.0°C	BAJA	
La Rosa - Oeste Pajumo	-0.5°C	0.2°C	BAJA	
Lapostolle-Apalta Santa Cruz	3.1°C	2.3°C	BAJA	
Lolol Lolol	-1.1°C	-0.1°C	BAJA	
Los Maquis Melico	0.5°C	4.2°C	BAJA	
Marchigüe Marchigüe	-2.6°C	-3.2°C	MEDIA	0.0°C

Una vez seleccionada la estación se desplegará la siguiente vista:

Pronóstico para el Domingo 4 de Septiembre [\[detalle\]](#)

Actualizado a las	Probabilidad	Temperatura Mínima Estimada
23:45 hrs.	ALTA	-1.6 °C
21:30 hrs.	ALTA	-2.7 °C

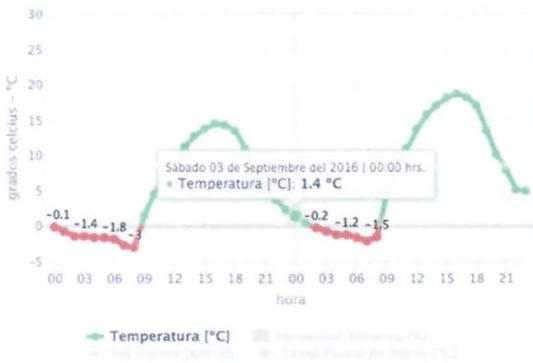
Suscribirse a Alertas de Anakena

Reciba alertas de heladas en su celular y por correo electrónico.

Suscribirse

Meteograma Estación Anakena

Datos Observados, Viernes 2 de Septiembre al Sábado 3 de Septiembre



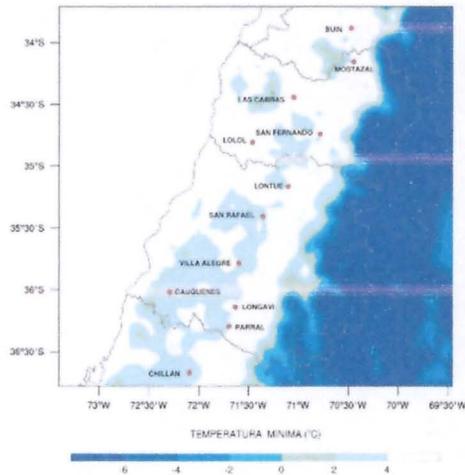
Sábado 3 de Septiembre
salida sol : 07:59 AM.
puesta sol : 19:24 PM.



Domingo 4 de Septiembre
salida sol : 07:58 AM.
puesta sol : 19:24 PM.

Panorama Sinóptico Pronosticado

Domingo 4 Lunes 5 Martes 6



En el detalle de una estación, primero encontrará la probabilidad de helada pronosticada por el sistema, seguido de la opción de suscripción a la estación. Suscribirse a una estación significa que usted recibirá las alertas de probabilidad de helada mediante un mensaje de texto en su celular y/o mediante un email a su correo electrónico.

En la sección inferior encontrará el meteograma que detalla el comportamiento registrado horariamente de las variables meteorológicas que inciden en el fenómeno de heladas. Las variables graficadas corresponde a los datos registrados el día anterior y al actual (hasta la hora actual). A la derecha del meteograma se dispone el panorama sinóptico pronosticado.

SUSCRIBIRSE

En este paso sólo deberá seleccionar mediante que vía desea recibir las alertas, seleccionando SMS o Email. Una vez realizada la suscripción comenzará a recibir las alertas cada vez que el sistema pronostique probabilidad de alerta para dicha estación.

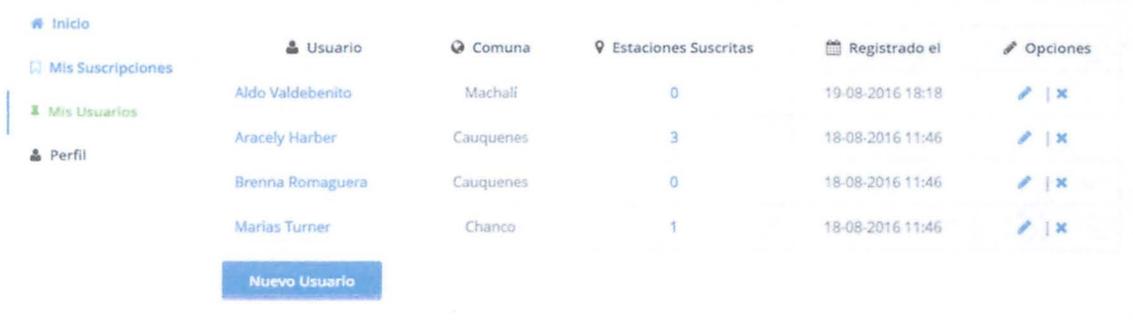
The screenshot shows a weather forecast page for Anakena. At the top, it displays the forecast for Sunday, September 4th, with a 'Suscribirse a Alertas de Anakena' button. A modal window is open, titled 'Anakena', with a user dropdown set to 'Rodrigo Meneses (Yo)'. Below the user name, there are two subscription options: 'SMS (55567543) editar' and 'EMAIL (rmeneses@ejemplo.com) editar'. A 'SUSCRIBIR' button is located at the bottom of the modal. The background shows a 'Meteograma Estación Anakena' graph and a map of the region.

Una vez suscrito, el sistema desplegará su menú personal, donde usted podrá administrar sus suscripciones, permitiéndole editar y/o eliminar alguna suscripción.

The screenshot shows a user's personal menu. On the left, there is a sidebar with navigation options: 'Inicio', 'Mis Suscripciones', 'Mis Usuarios', and 'Perfil'. The main content area shows a table of subscriptions:

Estación <small>comuna</small>	SMS	Email	Suscrita el	Opciones
Anakena, METEOVID <small>Reginao</small>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	18-08-2016 18:32	✎ ✕
Cauquenes, INIA <small>Cauquenes</small>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18-08-2016 11:46	✎ ✕

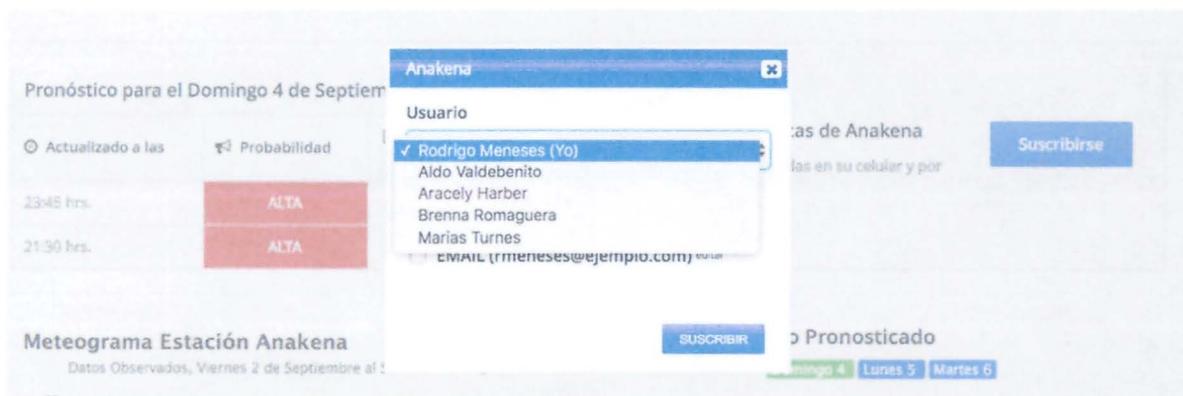
Como opción adicional, usted podrá ingresar usuarios al sistema para que usted mismo posteriormente los suscriba a una estación. Si usted actúa como asesor técnico de algún grupo de agricultores, esta opción le resultará de gran utilidad.



	Usuario	Comuna	Estaciones Suscritas	Registrado el	Opciones
Mis Suscripciones	Aldo Valdebenito	Machali	0	19-08-2016 18:18	✎ ✕
Mis Usuarios	Aracely Harber	Cauquenes	3	18-08-2016 11:46	✎ ✕
Perfil	Brenna Romaguera	Cauquenes	0	18-08-2016 11:46	✎ ✕
	Marias Turner	Chanco	1	18-08-2016 11:46	✎ ✕

[Nuevo Usuario](#)

Una vez ingresados los usuarios que asesora, podrá suscribirlos de la misma forma en que usted suscribió una estación, para lo cual solo deberá seleccionar en esta oportunidad a que usuario desea suscribirla.



Pronóstico para el Domingo 4 de Septiembre

Actualizado a las 23:45 hrs. Probabilidad ALTA

Meteograma Estación Anakena

Datos Observados, Viernes 2 de Septiembre al

Usuario

- Rodrigo Meneses (Yo)
- Aldo Valdebenito
- Aracely Harber
- Brenna Romaguera
- Marias Turnes

EMAIL (rmeneses@ejemplo.com)

SUSCRIBIR

Suscribirse

Pronosticado

Domingo 4 Lunes 5 Martes 6

MENU : HISTORIAL DE HELADAS

Se despliega el listado por año y fecha de los eventos de heladas observados para todas las estaciones meteorológicas.

IR AL PORTAL AGROCLIMÁTICO Jorge Luis | [Mis Suscripciones](#) | [Mis Usuarios](#) | [Salir](#)

Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

MONITOREO DE HELADAS | **HISTORIAL DE HELADAS** | REDES DE INFORMACIÓN | EL PROYECTO

SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA DE HELADAS

Historial de Heladas

2016

- 08-10-2016
- 07-10-2016
- 17-09-2016
- 07-09-2016
- 06-09-2016
- 05-09-2016
- 04-09-2016
- 03-09-2016
- 02-09-2016
- 01-09-2016
- 29-08-2016

Estación <small>comuna</small>	Temperatura en el Evento		Duración Horas
	Mínima	Promedio	
Farral, Parral 03:00 a 07:00 hrs.	-1,1°C	-0,5°C	5
J. Bouchon, San Javier 04:00 a 07:00 hrs.	-1,6°C	-1°C	4
Rarín, Vichuquén 14:00 a 04:00 hrs.	-0,1°C	-0,1°C	1
Yerbas Buenas, Yerbas Buenas 05:00 a 07:00 hrs.	-1°C	-0,7°C	3
Longavi Sur, Longavi 05:00 a 06:00 hrs.	-0,6°C	-0,5°C	2
Santa Sofía, Cauquenes 05:00 a 06:00 hrs.	-0,7°C	-0,7°C	2
Sauzal, Cauquenes 05:00 a 06:00 hrs.	-0,7°C	-0,6°C	2
Rarín, Vichuquén			

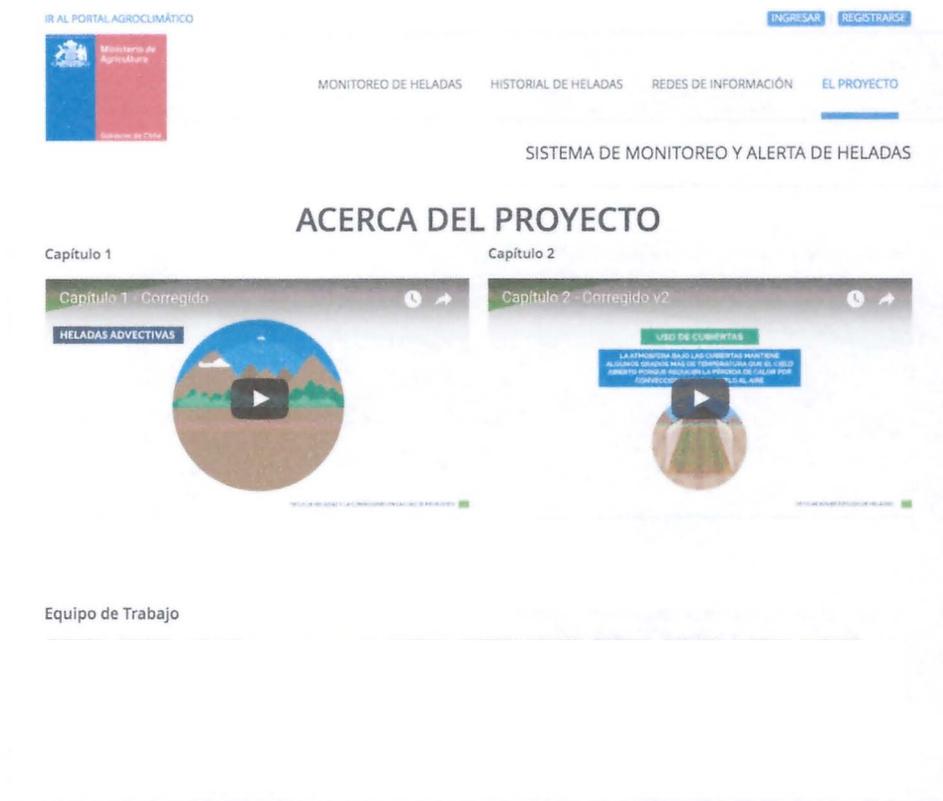
Helada 08-10-2016

MENU : REDES DE INFORMACIÓN

Se despliega la información relacionada a heladas proporcionada por los usuarios en las redes sociales.

MENU : EL PROYECTO

Se despliega información referente al proyecto y como actúa el fenómeno de heladas, además del equipo de trabajo que formo parte del proyecto.



Pantallas

Listado de Alertas

Las alertas están listadas por la fecha a la cual corresponde el pronóstico, y seguido del resumen de alertas generadas para la fecha en cuestión. Para cada fecha existen 2 pronósticos estimados, en donde figuran la cantidad total de alertas generadas y las cantidad total de alertas enviadas. La parte superior se puede filtrar por fecha el listado de alertas.

- [Inicio](#)
- [Mis Suscripciones](#)
- [Mis Usuarios](#)
- [Perfil](#)

18-08-2016

02-09-2016

Consultar

ALERTAS: MEDIA, ALTA

- Alertas
- Estaciones
- Usuarios
- Pronóstico
- Reportes
- Difusión
- Configuración

Alertas Generadas		RN-21	RN-23
#	Fecha	Generadas / Enviadas	Generadas / Enviadas
1	02-09-2016	35 / 33	45 / 44
2	01-09-2016	14 / 14	17 / 17
3	31-08-2016	1 / 1	0 / 0
4	30-08-2016	3 / 3	0 / 0
5	29-08-2016	13 / 13	16 / 16
6	28-08-2016	8 / 8	6 / 6
7	27-08-2016	9 / 9	8 / 8
8	26-08-2016	2 / 2	0 / 0
9	25-08-2016	1 / 1	1 / 1
10	24-08-2016	1 / 1	0 / 0
11	23-08-2016	3 / 3	0 / 0
12	22-08-2016	5 / 5	2 / 2
13	21-08-2016	4 / 4	5 / 5
14	20-08-2016	5 / 5	6 / 6
15	19-08-2016	6 / 6	1 / 1
16	18-08-2016	6 / 6	4 / 4

Detalle de Alerta

Al acceder a una alerta listada, encontramos el detalle para ese día, en donde se listan todas las estaciones con alerta en detalle.

Ver más reportes | Estado | Alertas | Detalles

		Alertas para el 02-09-2016				SMS/Email
#	Estación <small>Comuna</small>	RN-21		RN-23		
1	Anakena <small>Reguino</small> A	ALTA -3,5	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA -2,8	<input checked="" type="checkbox"/>	2 / 1
		<small>GENERADA: 01-09-2016 21:30 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		<small>GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		
2	Aresti <small>Molina</small> M	ALTA -3	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA -3,3	<input checked="" type="checkbox"/>	0 / 0
		<small>GENERADA: 01-09-2016 21:30 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		<small>GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		
3	Casas Patronales <small>Sun</small> A	ALTA -1,8	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA -2,5	<input checked="" type="checkbox"/>	0 / 0
		<small>GENERADA: 01-09-2016 21:30 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		<small>GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		
4	Cauquenes <small>Cauquenes</small> M	ALTA -2,3	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA -3	<input checked="" type="checkbox"/>	1 / 1
		<small>GENERADA: 01-09-2016 21:30 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		<small>GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		
5	Chépica <small>Chépica</small> M			ALTA -2,3	<input checked="" type="checkbox"/>	0 / 0
				<small>GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: 18-11-2016 09:33</small>		
6	Chimbarongo <small>Chimbarongo</small> M	MEDIA -0,4	enviar			0 / 0
		<small>GENERADA: 01-09-2016 21:30 ENVIADA: no enviada</small>				
7	Codegua <small>Codegua</small> A	ALTA -1,8	automático	ALTA -2,5	automático	1 / 1
		<small>GENERADA: 01-09-2016 21:30 ENVIADA: no enviada</small>		<small>GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: no enviada</small>		
8	Codegua Norte Ex Rancagua <small>Codegua</small> M	ALTA -1,8	enviar	ALTA -2,2	enviar	0 / 0
		<small>GENERADA: 01-09-2016 21:30 ENVIADA: no enviada</small>		<small>GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: no enviada</small>		

La comuna con el encabezado “Estación “almacena el nombre y comuna de la estación junto a una letra (“A”, “M”) al costado derecho, la cuál indica si dicha estación esta configurada para el envío automático (A) de alertas o envío manual (M). El envío automático quiere decir que previamente la estación fue configurada por el administrador del sistema de esta forma y que cuando se generen nuevas alertas, el sistema enviará inmediatamente y de forma autónomas dichas alertas. Por el contrario, las alertas manuales, una vez sean generadas, deben ser enviadas manualmente por el administrador del sistema.

Codegua Codegua
A

Codegua Norte
Ex Rancagua
Codegua M

Las columnas “RN-21” y “RN-23” despliegan el detalle de la alerta, mostrando la probabilidad, la temperatura mínima estimada, fecha y hora en que fue generada y enviada. Además cuenta con el botón “enviar” para poder llevar a cabo el envío manual.

7	Codegua Codegua A	ALTA -1.8 GENERADA: 01-09-2016 21:30	automático ENVIADA: no enviada
8	Codegua Norte Ex Rancagua Codegua M	ALTA -1.8 GENERADA: 01-09-2016 21:30	enviar ENVIADA: no enviada

La columna “SMS/Email” despliega el volumen de envío para dicha alerta, el cual consta del total de sms y correos electrónicos suscritos a la estación vinculada a la alerta.

🚩 RN-23

SMS/Email

ALTA **-28**



2 / 1

GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: 18-11-2016 09:33

ALTA **-33**



0 / 0

GENERADA: 01-09-2016 23:45 ENVIADA: 18-11-2016 09:33

Para configurar las estaciones automática y manuales debe realizarlo el administrador en el menú “Configuración”

Inicio > Configuración > Envío de Alertas

- [Inicio](#)
- [Mis Suscripciones](#)
- [Mis Usuarios](#)
- [Perfil](#)
- [Alertas](#)
- [Estaciones](#)
- [Usuarios](#)
- [Pronóstico](#)
- [Reportes](#)
- [Difusión](#)
- [Configuración](#)

En esta sección podrá configurar parámetros especiales del sistema.

EMAIL
API SMS
Rango Fijo
Envío de Alertas

Envío de Alertas

Seleccione las estaciones que enviarán alertas de forma automática. Las demás deberán ser enviadas de forma manual por el administrador.

O'Higgins

<input checked="" type="checkbox"/> Anakena	METEORIO	<input type="checkbox"/> Casa Silva-Los Lingues	METEORIO	<input type="checkbox"/> Chépica	FDF
<input type="checkbox"/> Chimbarongo	FDF	<input checked="" type="checkbox"/> Codegua	FDF	<input type="checkbox"/> Codegua Norte Ex Rancagua	FDF
<input type="checkbox"/> Coltauco	FDF	<input type="checkbox"/> Conosur	METEORIO	<input type="checkbox"/> El Carmen	FDF
<input type="checkbox"/> El Tambo	INA	<input type="checkbox"/> Graneros Norte	FDF	<input type="checkbox"/> Hacienda Araucano-Lolol	METEORIO
<input type="checkbox"/> Hidango	INA	<input type="checkbox"/> La Estrella Norte	FDF	<input type="checkbox"/> La Estrella Sur Ex Pumanque	FDF
<input type="checkbox"/> La Rosa - Oeste	METEORIO	<input type="checkbox"/> Lapostolle-Apalta	METEORIO	<input type="checkbox"/> Lolol	FDF
<input type="checkbox"/> Los Maquis	FDF	<input type="checkbox"/> Marchigüe	FDF	<input type="checkbox"/> Montes	METEORIO
<input type="checkbox"/> Mostazal	FDF	<input type="checkbox"/> Nancagua 2	FDF	<input type="checkbox"/> Oliver Alto	FDF
<input type="checkbox"/> Palmilla	FDF	<input type="checkbox"/> Peumo Norte Ex Las Cabras	FDF	<input type="checkbox"/> Placilla Chacarilla	FDF
<input type="checkbox"/> Punta Cortes	FDF	<input type="checkbox"/> QUINTA TILCOCO	FDF	<input type="checkbox"/> Rapel	FDF
<input type="checkbox"/> Requinoa	FDF	<input type="checkbox"/> SAN FERNANDO	FDF	<input type="checkbox"/> San Vicente TT	FDF
<input type="checkbox"/> Santa Cruz	FDF	<input type="checkbox"/> STA. BRISILA	FDF	<input type="checkbox"/> Ventisquero-Apalta	METEORIO
<input type="checkbox"/> Ventisquero-Peralillo	METEORIO				

El Maule

<input type="checkbox"/> Arestí	METEORIO	<input checked="" type="checkbox"/> Casas Patronales	METEORIO	<input type="checkbox"/> Cauquenes	INA
<input type="checkbox"/> Chanco	INA	<input type="checkbox"/> Colbún	FDF	<input type="checkbox"/> Coronel de Maule	INA
<input type="checkbox"/> J. Bouchon	METEORIO	<input type="checkbox"/> Linares 2	FDF	<input type="checkbox"/> Longaví Norte	FDF
<input type="checkbox"/> Longaví Sur	FDF	<input type="checkbox"/> Lontue	FDF	<input type="checkbox"/> Los Despachos	INA
<input type="checkbox"/> Maule	FDF	<input type="checkbox"/> Morza	FDF	<input type="checkbox"/> Morza Norte Ex Peteroa	FDF
<input type="checkbox"/> Odjfell	METEORIO	<input type="checkbox"/> Parral	FDF	<input type="checkbox"/> Parral Norte	FDF
<input type="checkbox"/> Pencahue	FDF	<input type="checkbox"/> Rarín	FDF	<input type="checkbox"/> Rauco	FDF
<input type="checkbox"/> Sagrada Familia	FDF	<input type="checkbox"/> San Clemente	INA	<input type="checkbox"/> San Javier	FDF
<input type="checkbox"/> San Pedro-Molina	METEORIO	<input type="checkbox"/> San Pedro-Pencahue	METEORIO	<input type="checkbox"/> San Rafael	FDF
<input type="checkbox"/> Santa Amada	INA	<input type="checkbox"/> Santa Sofía	INA	<input checked="" type="checkbox"/> Sauzal	INA
<input type="checkbox"/> Tenó	FDF	<input type="checkbox"/> Terramater	METEORIO	<input type="checkbox"/> Torres	METEORIO
<input type="checkbox"/> Tres Esquinas	FDF	<input type="checkbox"/> Tutuquén	FDF	<input type="checkbox"/> Undurraga	METEORIO
<input type="checkbox"/> Villa Alegre	FDF	<input type="checkbox"/> Viñedos Puertas	METEORIO	<input checked="" type="checkbox"/> Yerbass Buenas	FDF
<input type="checkbox"/> YERBAS BUENAS 2	FDF				

Actualizar

Anexo 4

Presentaciones realizadas en los seminarios de cierre

DDAC Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección Meteorológica de Chile

Análisis de las Heladas en las Regiones de O'Higgins y del Maule

Juan Quintana A. - José Vicencio V. – Maria Vidal G.

Dirección Meteorológica de Chile

15 de Noviembre de 2016

DDAC Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección Meteorológica de Chile

TEMARIO

1. Definición y tipos de heladas en Chile
2. Comportamiento climatológico de las heladas en Chile
3. Últimas heladas en la zona central: caso de estudio
4. Conclusiones

DSAC Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección Meteorológica de Chile

- Las **heladas** son uno de los eventos meteorológicos de mayor impacto en el mundo agrícola.
- Sus efectos son nocivos dependiendo del cultivo.
- Anticipación: horas a días de antelación.
- La mitigación es compleja y requiere de importantes recursos.

• **Definición estándar:** temperatura mínima igual o inferior a 0°C en el cobertizo meteorológico (1.5 m). (Punto de congelación del agua).

• Cada evento de helada es diferente (Intensidad, Duración y Extensión). Efectos dependen de la época del año y del estado fenológico de los cultivos.

DSAC Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección Meteorológica de Chile

La Helada:

Es un fenómeno meteorológico que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua (<0°C) y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en la superficie terrestre.




 Dirección General de Aeronáutica Civil

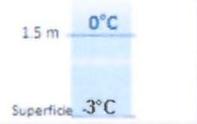
 Dirección Meteorológica de Chile
 

Heladas meteorológicas

- Toda temperatura igual o inferior a 0°C, registrada en el instrumento sensor, ubicado en el cobertizo meteorológico a 1,5 m sobre la superficie del suelo.



Helada Meteorológica




 Dirección General de Aeronáutica Civil

 Dirección Meteorológica de Chile
 

Heladas superficiales

- Toda temperatura igual o inferior a 0°C, a nivel de la superficie del suelo.



Helada Superficial




 Dirección General de Aeronáutica Civil


 Dirección Meteorológica de Chile

Tipos de heladas según su origen

Helada Radiativa

Se origina por la presencia de cielos nocturnos despejados (sin nubes), baja humedad del aire en la troposfera media (<30%) y ausencia de viento en superficie (< 5 m/s). La intensa pérdida de radiación nocturna (Radiación de Onda Larga) hace descender la temperatura en superficie entre 1 a 2°C por hora.


 Dirección General de Aeronáutica Civil

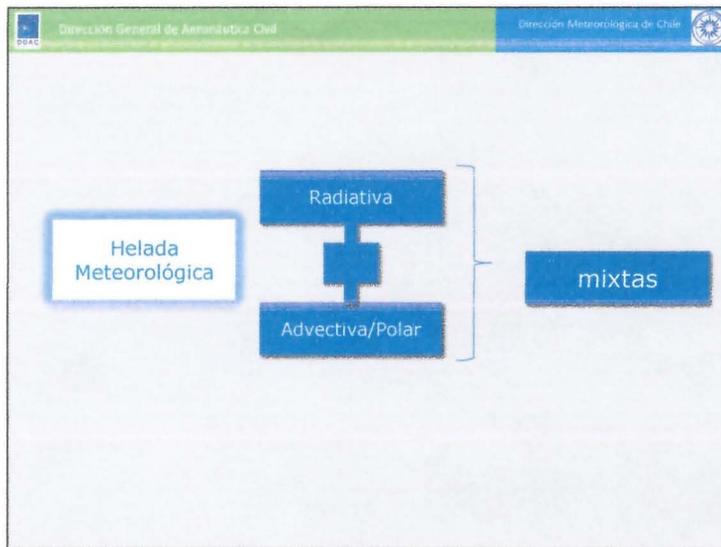

 Dirección Meteorológica de Chile

Helada Advectiva

Ocurren por desplazamiento de masas de aire frío proveniente desde el sur, cubriendo áreas extensas de territorio. Son condiciones más persistentes, por varias horas o por varias noches seguidas. Estas heladas se asocian con aire más seco y frío, por lo que son más dañinas para las plantas y sus estructuras.



No hay capa de inversión, solo aire helado, y con temperaturas similares desde el suelo hacia arriba. Temperaturas de -2° C hasta -4° C.



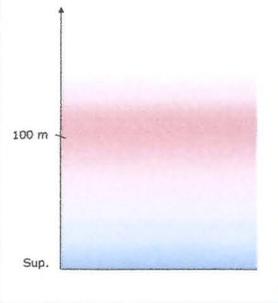
Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile

aire frío

- Episodios de heladas fuertemente relacionados con altas presiones frías, polares o migratorias (llamadas por la prensa como "ondas polares").
- Aire frío se mueve de sur a norte. Desde el polo hacia el ecuador.
- Cielos despejados, ambiente seco: la pérdida por radiación se hace más intensa.
- Ambiente más frío de lo normal: disminución de temperatura.
- **Duración** depende del movimiento de la alta presión.
- **Intensidad** depende de cuanto aire frío es advechado.

Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección Meteorológica de Chile

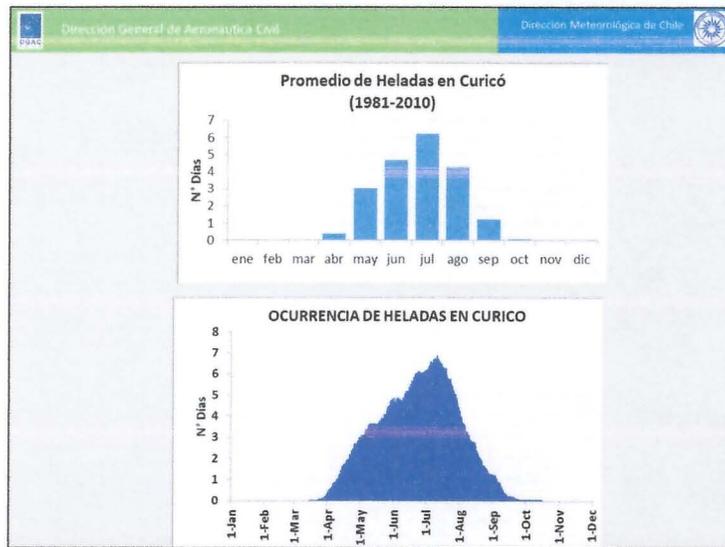
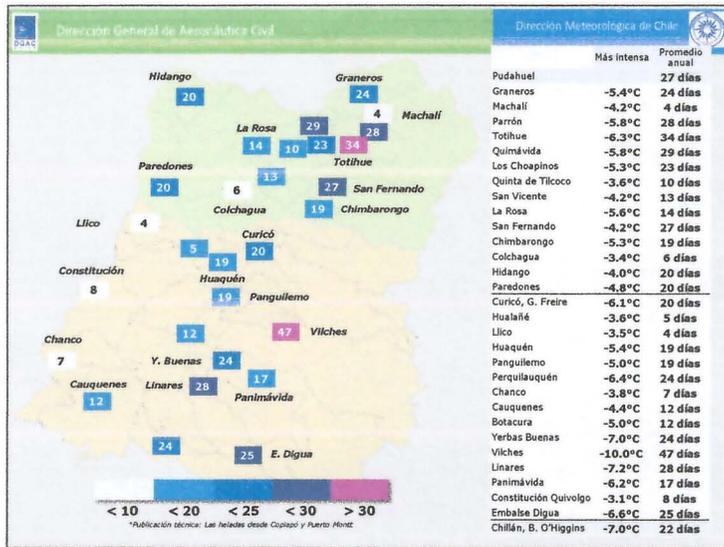
Evolución del perfil de temperatura durante la noche

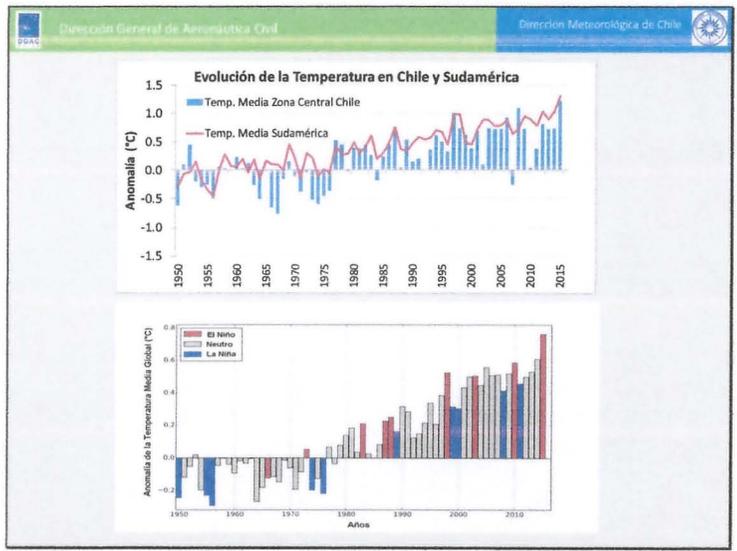
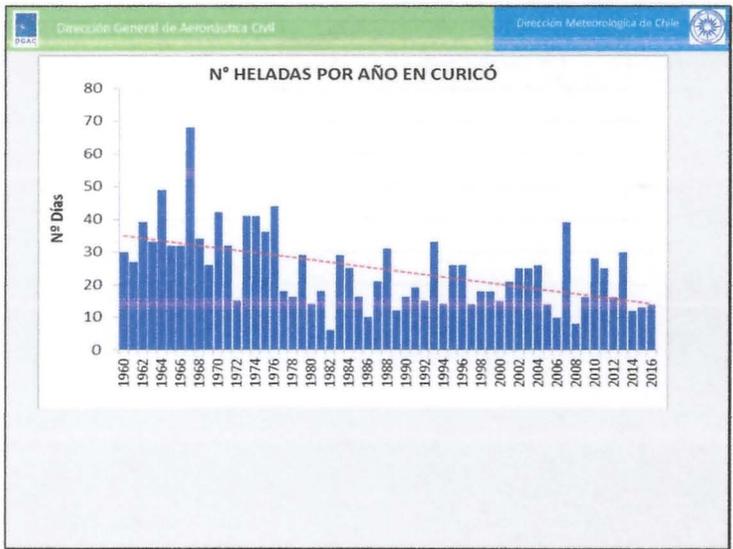


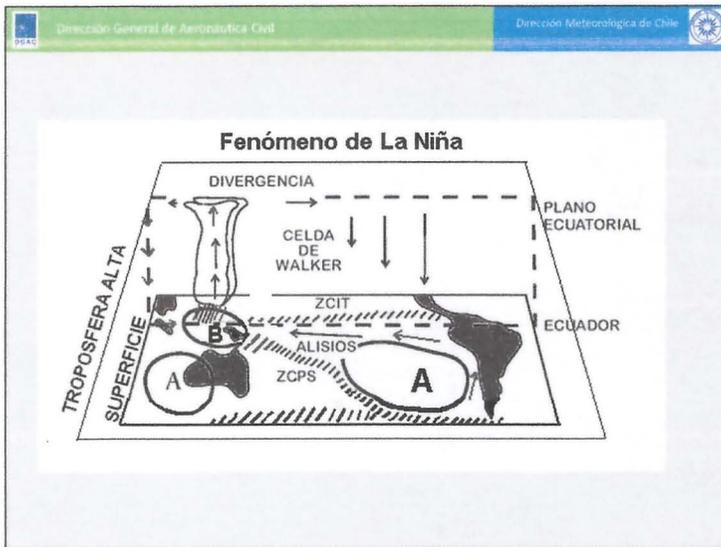
- Acumulación de calor del suelo durante el día y calienta toda la atmósfera baja.
- En la noche se enfría el suelo y la atmósfera circundante por pérdida radiativa.
- Aire cálido se mantiene por sobre la inversión térmica.
- En episodios de heladas, la inversión se hace más fuerte. Temperatura es alta arriba y muy baja en superficie.
- Situación es similar tanto para heladas advectiva como radiativas.
- Una columna de aire muy seca ($HR < 20\%$), intensifica el enfriamiento en superficie.

Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección Meteorológica de Chile

2. Comportamiento climatológico de las heladas en Chile



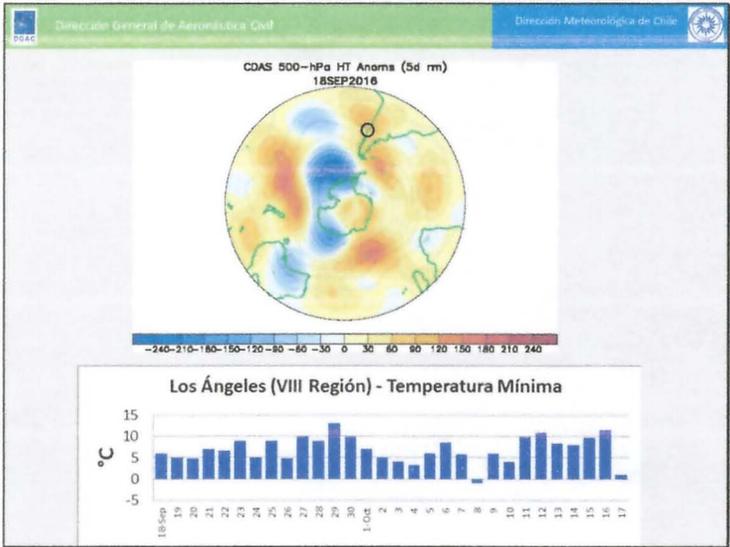


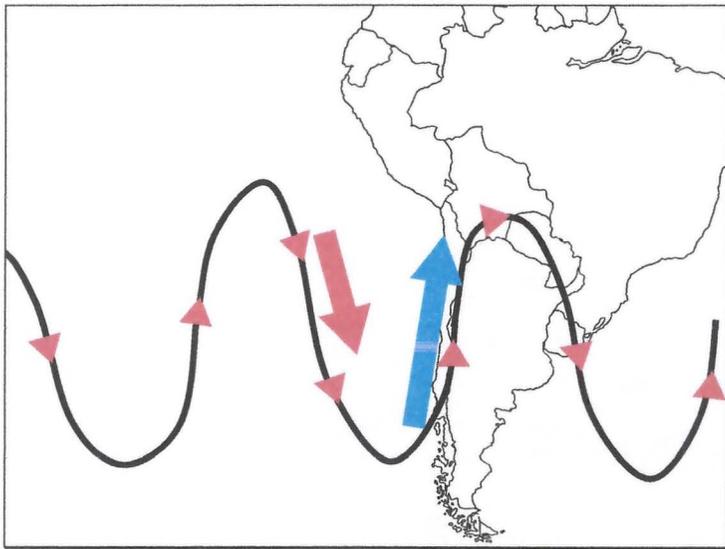
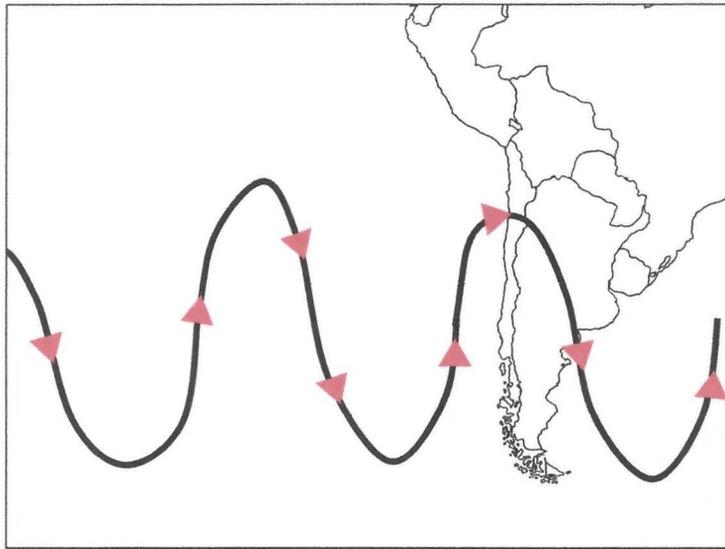


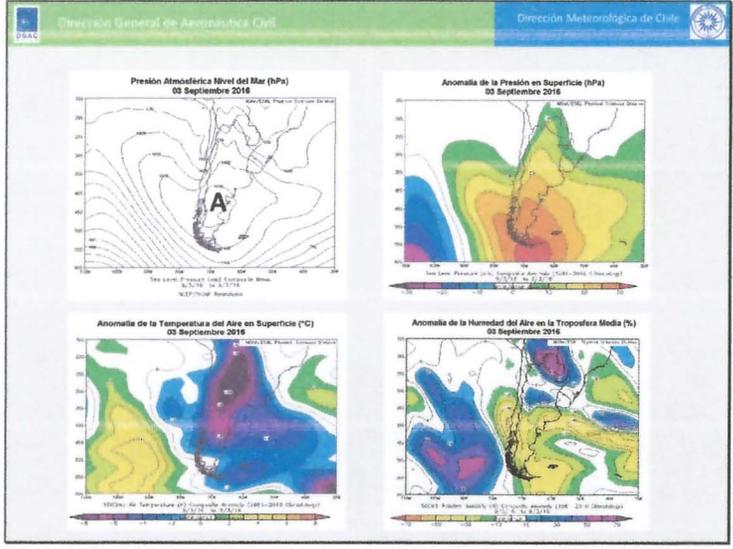
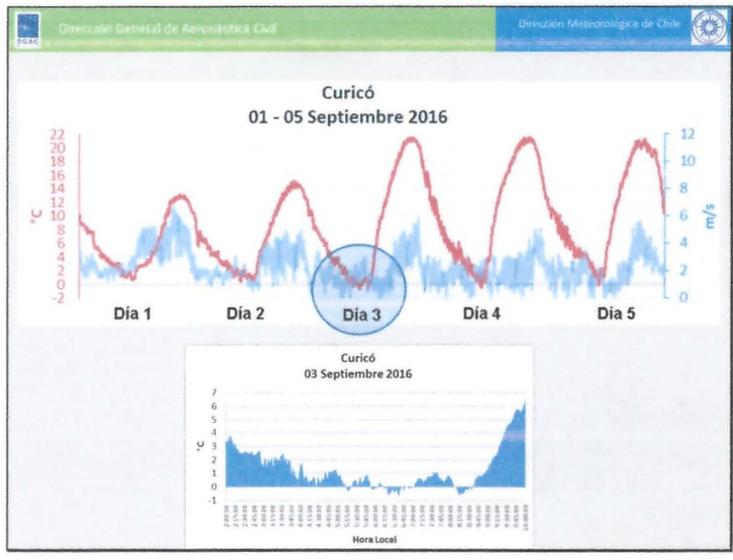

 Dirección General de Aeronáutica Civil

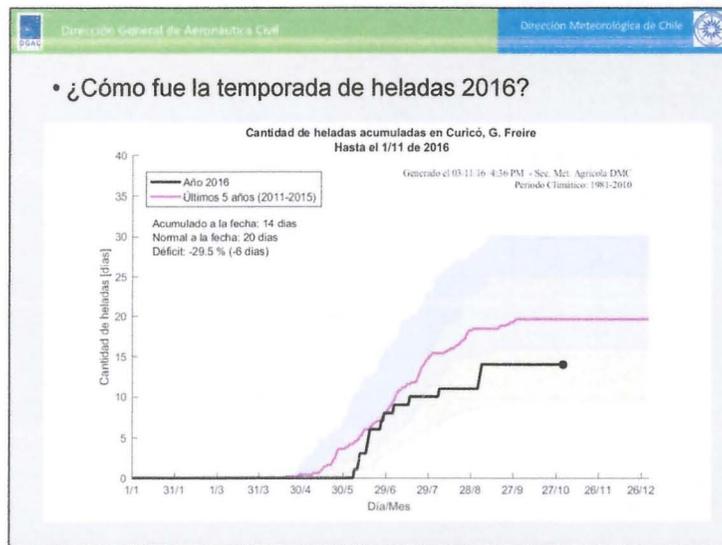
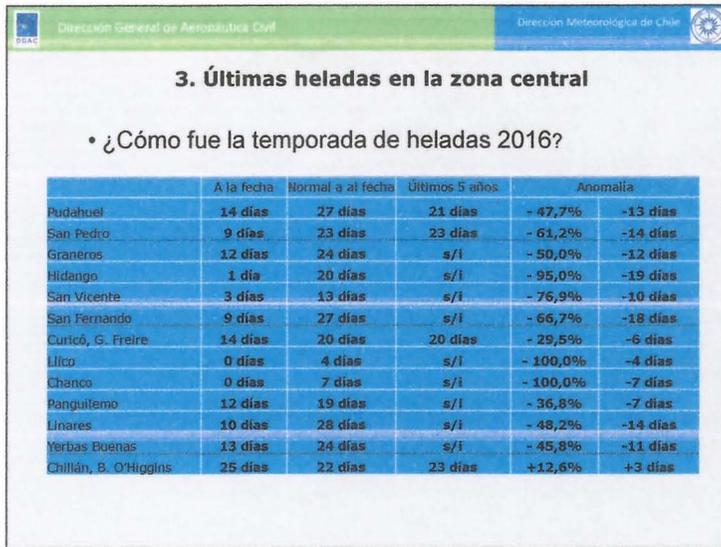
 Dirección Meteorológica de Chile
<http://www.direccionmeteorologica.gub.cl>

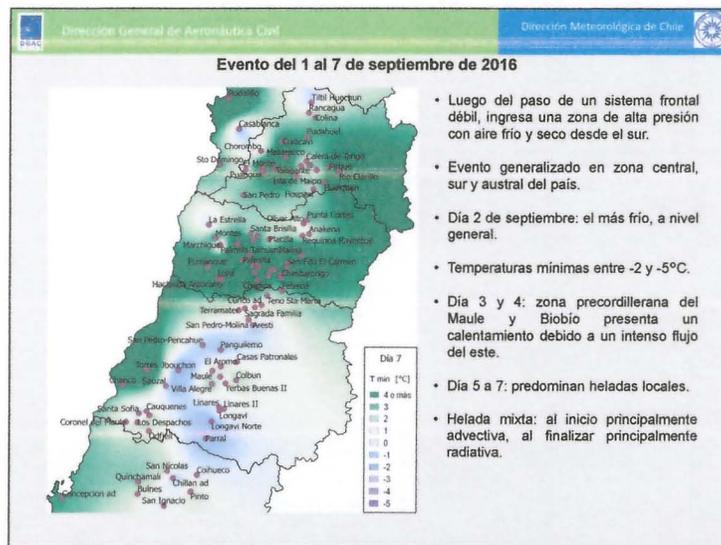
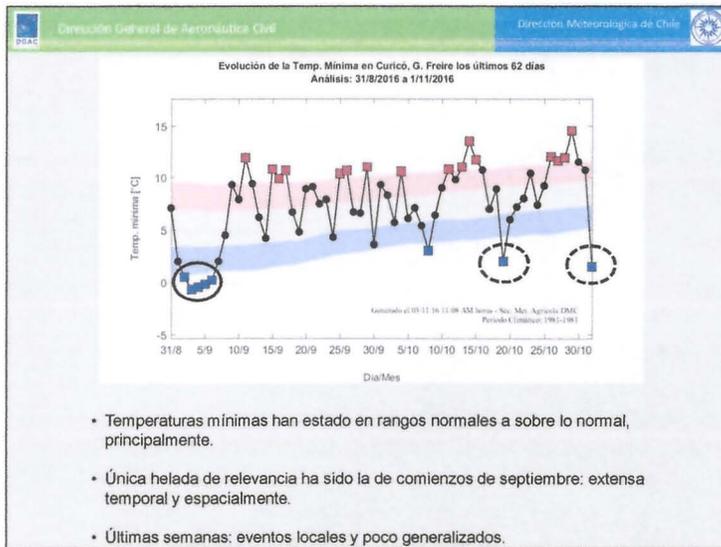

3. Últimas heladas en la zona central: caso de estudio











Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección Meteorológica de Chile

Conclusiones

1. La ocurrencia de heladas en la zona central de Chile, está directamente relacionado con la circulación atmosférica y el ciclo anual de las temperaturas.
2. Las heladas se caracterizan por su duración, frecuencia e intensidad.
3. Existe una tendencia negativa del número de días con heladas en Chile central en los últimos 50 años (Curicó: 4días/décadas).
4. Años de La Niña en Invierno-Primavera favorece la ocurrencia de heladas en Chile central (Año 2007).

Diapositiva 1



Sistema piloto de monitoreo, alerta temprana de eventos de heladas para las regiones de O'Higgins y Maule

Rodrigo Bravo Herrera
Instituto de Investigaciones Agropecuarias





- Introducción
- Alerta temprana
- Temperaturas mínimas en las regiones de O'Higgins y Maule.
- Valor relativo del pronóstico de heladas
- Sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas
- Comentarios finales



Introducción



Adaptación a la Variabilidad Climática en la Actividad Agrícola

- Las heladas pueden provocar daños económicos en los cultivos agrícolas.
- Los efectos devastadores que puede producir las heladas justifican la generación de bienes públicos para mejorar la simetría de la información a medianos y pequeños productores
- Según ODEPA, no existe evidencia que la mayor recurrencia este relacionado al cambio climático, sin embargo, con la tecnología existente permite generar herramientas de apoyo a la toma de decisiones.



Adaptación a la Variabilidad Climática en la Actividad Agrícola

- Los Sistemas de alerta temprana tienen como finalidad apoyar la toma de decisiones con la debida anticipación para mitigar los posibles daños.
- Los sistemas de monitoreo y alerta temprana para la toma de decisiones son cada vez más necesarios para productores y profesionales del agro.
- Son una herramienta necesaria para la adaptación de la agricultura a la variabilidad climática.



Departamento de Gestión Integral de Riesgos - DGR
Gestión para una mejor Agricultura

Inicio Quiénes somos Observatorio Agromet Seguros IDB-MINAGRI

Observatorio

Información Agroclimática
Vigilancia y Alertas
Emergencias Agrícolas
Capacitación
Labores Preventivas

INFORMACIÓN AGROCLIMÁTICA REGIONAL

<http://agroclimatico.minagri.gob.cl/>

Ministerio de Agricultura
Labora de Chile

Inicio GRÁFICAS HISTÓRICO DE EMAS SECCIÓN DE EMA OBSERVATORIO VIGILANCIA HELADAS

38 VI Región

44 VII Región

INIA

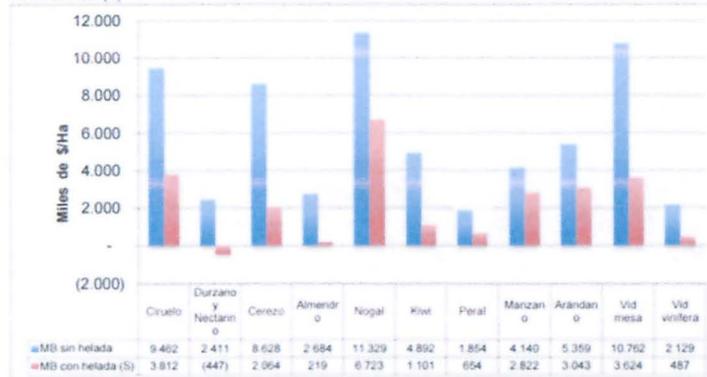
FDF

COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

WINES OF CHILE



Gráfico 5 Proyección Margen Bruto (MB) por hectárea para un escenario sin helada y otro con daño severo (S)



Fuente: Departamento de Economía Agraria, Universidad de Talca, 2013



Objetivo General

Implementación, a nivel piloto, de un sistema de monitoreo, alertas tempranas y evaluación del impacto inmediato en las regiones de O'Higgins y Maule para mejorar la oportunidad de gestión del riesgo a nivel de productor y entregar información relevante para la operación de Seguros agrícolas y el sector público y privado.

Objetivos Específicos

Validar metodologías de pronóstico de meso escala y predicción local para generar un sistema de alerta temprana de heladas a nivel piloto en las regiones O'Higgins y Maule

Analizar y efectuar pruebas piloto con tecnologías que posean potencial para evaluar espacialmente el impacto inmediato de las heladas en el sector productivo en las Regiones de O'Higgins y Maule.

Diseñar una plataforma piloto para gestionar el sistema monitoreo, alerta temprana de heladas y evaluación del impacto, junto con el registro y gestión de usuarios finales.

Difundir y transferir a pequeñas y medianas empresas agrícolas y profesionales del sector público y privado los resultados del proyecto.

LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA SON UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN A LOS NUEVOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS





Sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas



Sistemas de Alerta Temprana : medida de adaptación

El daño del evento tiene una alta probabilidad de ser alto



Se busca anticipar una medida de manejo para minimizar un daño



Existe un periodo muy limitado para tomar medidas.



Se "empuja" la información a los usuarios



Los usuarios finales deben saber *qué hacer* con la información





Valor agregado a la información agrometeorológica



¿A quiénes está dirigido?

- Agricultores y empresas agrícolas
- Profesionales y técnicos del agro
- Autoridades y agentes de fomento productivo





Heladas Anteriores de Anakena

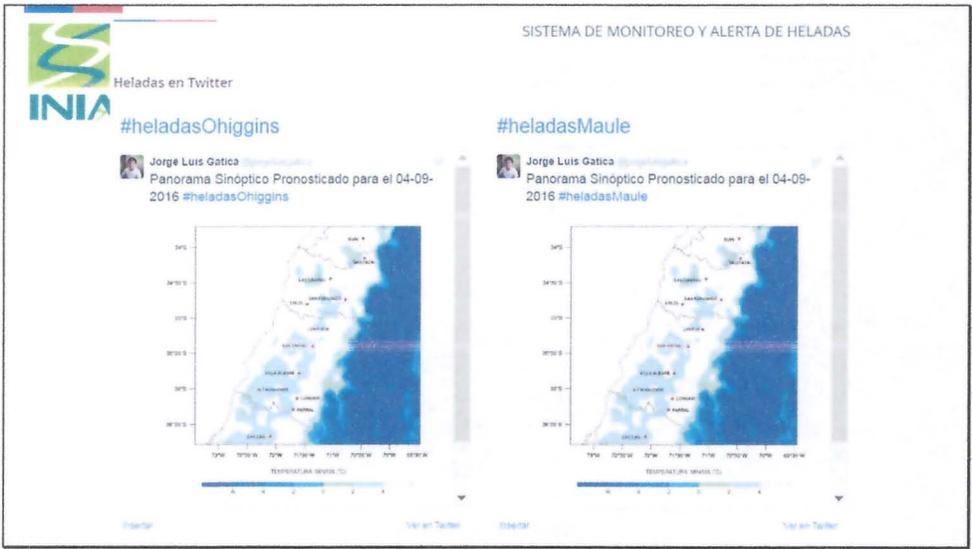
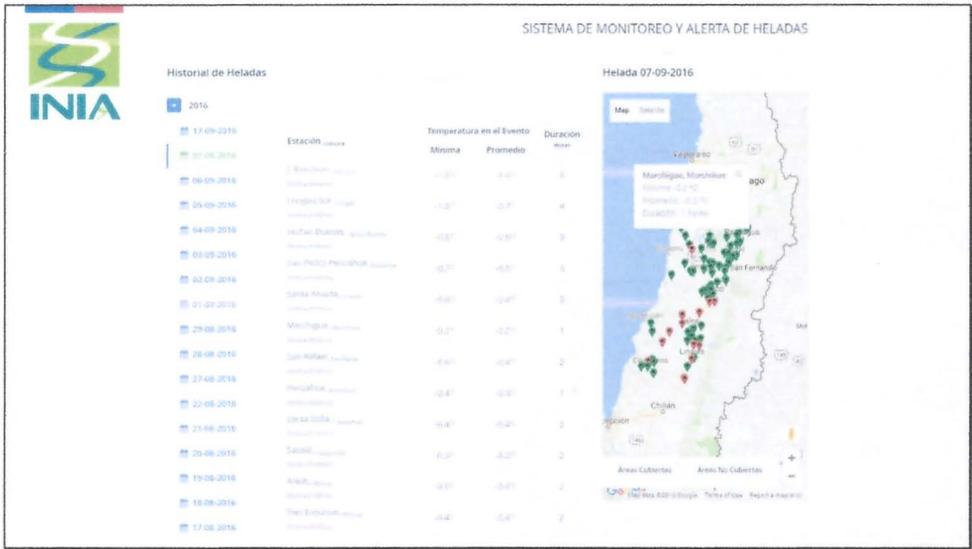
Fecha <small>(según hora)</small>	Temperatura Observada en el Evento		Duración <small>(min)</small>
	Mínima	Promedio	
00-09-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-0,3°	-0,3°	1
00-09-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-0,3°	-0,3°	2
04-09-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-1,3°	-0,9°	5
03-09-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-2,1°	-1,2°	7
02-09-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-0,0°	-1,6°	9
01-09-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-4,3°	-3,9°	2
01-09-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-0,4°	-0,4°	2
23-08-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-0,4°	-0,4°	1
21-08-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-0,3°	-1,0°	2
21-08-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-0,3°	-0,3°	1
09-08-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-1,1°	-1,4°	3
08-08-2016 <small>00:00 a 00:00</small>	-0,3°	-0,4°	2

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



Consulte Estaciones Cercanas a Anakena

Estación	Comuna	Distancia
San Pedro-Torthue	Torthue	0 KM
Requena	Requena	0 KM
Oliver Alto	Oliver	12 KM
Punta Cortes	Parraguiria	15 KM
QUANTA TILUCO	Quinta de Tiluco	16 KM





SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA DE HELADAS

Inicio

Registro: complete los siguientes campos

Después de completar este formulario podrá acceder a todas la funcionalidad del sistema. Su nombre de usuario será su email, si usted no cuenta con un email puede usar su RUT como nombre de usuario.

1. Nombre (obligatorio)

2. Email (obligatorio)

3. Correo (obligatorio)

4. Celular (opcional)

5. Direccion (obligatorio)

6. Ciudad (obligatorio)

7. Provincia (obligatorio)

8. Municipio (obligatorio)

9. Comuna (obligatorio)

10. Apellido (obligatorio)

11. Nombre (obligatorio)

12. Nombre (obligatorio)

13. Nombre (obligatorio)

14. Nombre (obligatorio)

15. Nombre (obligatorio)

16. Nombre (obligatorio)

17. Nombre (obligatorio)

18. Nombre (obligatorio)

19. Nombre (obligatorio)

20. Nombre (obligatorio)

Enviar Registro

Información

Al registrarse en el sistema usted podrá:

- ✓ Recibir Alertas por SMS
- ✓ Recibir Alertas por Email
- ✓ Gestionar Alertas de Otros Usuarios (opcional)

Con el registro será posible analizar los niveles usuarios del sistema y así poder mejorar el servicio ofrecido. No envíenos spam a su email.



SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA DE HELADAS

Inicio

Mis Suscripciones

Mis Usuarios

Perfil

Alertas

Usuarios

Promóstico

Reportes

Bienvenido Rodrigo

Para visualizar el nivel de alertas de una estación, debe primero seleccionarla en el menú "MONITOREO DE HELADAS".

PASO 1 : MONITOREO DE ALERTAS

En la sección "MONITOREO DE ALERTAS" encontrará el listado de estaciones meteorológicas situadas entre los regiones de O'Higgins y el Maipo, y a partir de la cuales se ha generado el Sistema de Alertas. Para seleccionar una estación tiene disponible dos opciones de vista, a la izquierda encontrará las estaciones ubicadas en el mapa y al lado derecho según su geolocalización, a la derecha encontrará el listado de estaciones dividido por región.

En ambas vistas se detalla la temperatura mínima registrada el día anterior y el día actual (hasta la hora actual), también se detalla la probabilidad de "helada pronosticada por el sistema, catalogada como "PROBABLE" o "NO PROBABLE".

Una vez seleccionada la estación se desplegará la siguiente vista:

PASO 2 : DETALLE DE ESTACIÓN

Monitoreo para Estación 07 Tercero, INIA, División de San Vicente

En el detalle de una estación, primero encontrará el geolocalización, luego el detalle de la información de la estación.





Difundir y transferir a pequeñas y medianas empresas agrícolas y profesionales del sector público y privado los resultados del proyecto ...

Seminarios

Difundir

Publicaciones

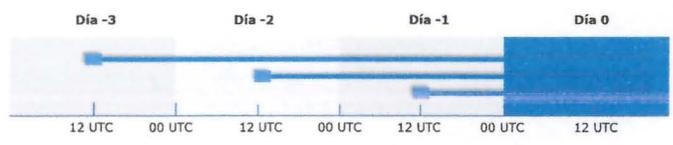
Qué hacer

Videos

Cómo usar



Validar metodologías de pronóstico de meso escala y predicción local ...



desaFfA, porFfA, conFfA.

WWW.FIA.CL | [social media icons]



Validar metodologías de pronóstico de meso escala y predicción local ...

	WRF 24 horas	WRF 48 horas	WRF 72 horas
Error de Temperatura Mínima [°C]	+0.37°C	+1.52°C	+1.86°C

- Precisión del modelo disminuye a medida que aumenta el horizonte de pronóstico.
- Esto es concordante con lo que sabemos de los modelos: mientras mayor sea el tiempo de pronóstico, disminuye exactitud de este.

desaFfA, porFfA, conFfA.

WWW.FA.CL |

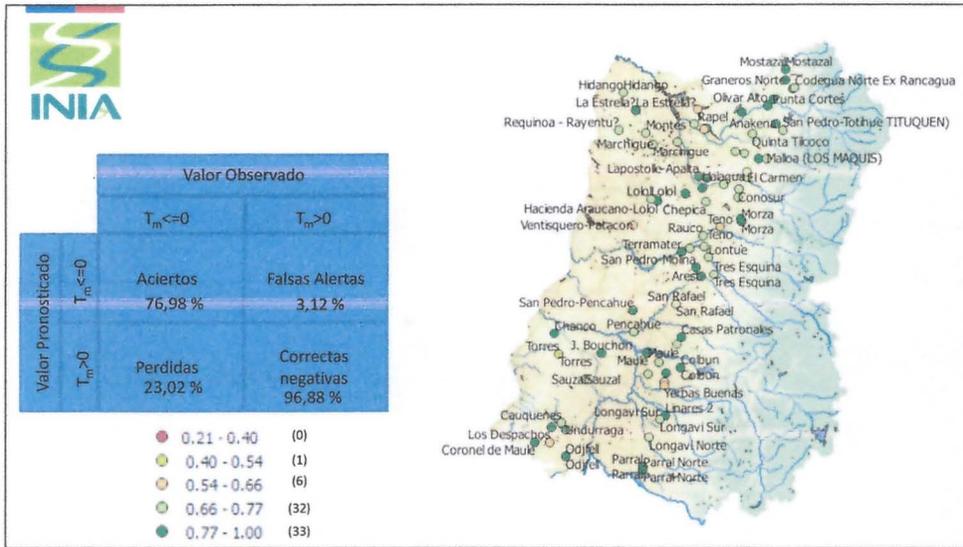


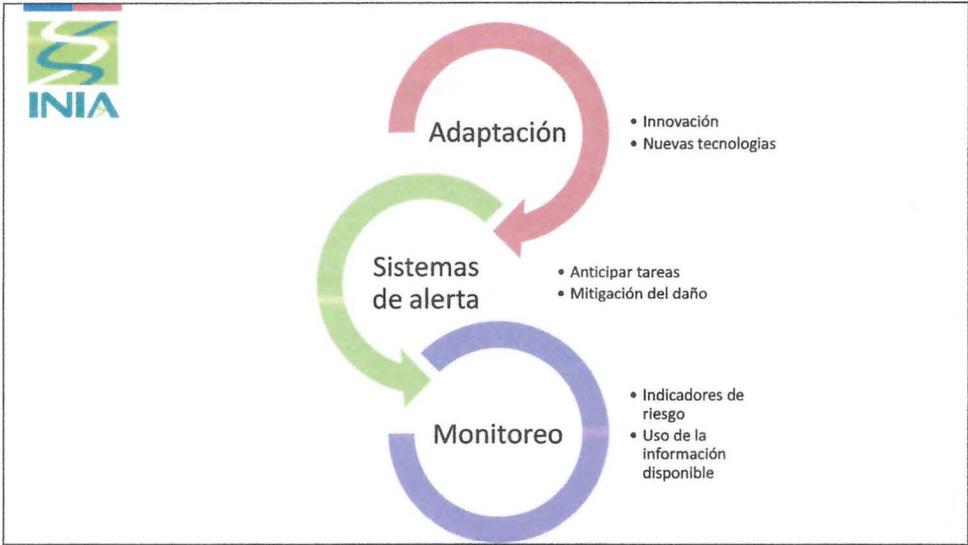
		Valor Observado	
		$T_m \leq 0$	$T_m > 0$
Valor Pronosticado	$T_m \leq 0$	Aciertos 65,46 %	Falsas Alertas 4,9 %
	$T_m > 0$	Perdidas 34,54 %	Correctas negativas 95,1 %

- 0.21 - 0.40 (5)
- 0.40 - 0.54 (10)
- 0.54 - 0.66 (23)
- 0.66 - 0.77 (22)
- 0.77 - 1.00 (15)

(75 EMAS)











HELADAS

TIPOS, MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MANEJOS POSTERIORES AL DAÑO
GUIA DE USO DEL SITIO

Publicación efectuada como parte del Proyecto PYT 2015-0305. "Sistema piloto de monitoreo, alerta temprana y evaluación de impacto inmediato de eventos de heladas para las regiones de O'Higgins y del Maule para orientar la toma de decisiones en el sector privado y público", cofinanciado por FIA.



Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile



Fundación para la
Innovación Agraria



Ministerio de
Agricultura

Instituto Nacional de
Investigaciones Agrarias



FUNDACION PARA EL DESARROLLO FRUTICOLA

Vinos de Chile
Wines of Chile

agromet.cl
RED AGROCLIMÁTICA NACIONAL

Esta Guía ha sido elaborada en el marco del proyecto “Sistema de alertas y alarmas tempranas de heladas en las Regiones de O’Higgins y del Maule y evaluación de su impacto productivo, para entregar información relevante para la gestión predial de las heladas a nivel de los productores, la operación de Seguros agrícolas y el sector público y privado”, (PYT 2015-0305) cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) del Ministerio de Agricultura y ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Vinos de Chile, Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF).

Equipo profesional del Proyecto:

- Rodrigo Bravo	Jefe del proyecto - Ingeniero Agrónomo. INIA
- Juan Quintana	Meteorólogo. Dirección Meteorológica de Chile
- Ricardo Adonis	Ingeniero Agrónomo. FDF
- Alejandra Soto	Ingeniero Agrónomo. Vinos de Chile
- Rodrigo Chacón	Ingeniero Agrónomo. FDF
- Paulina Flores	Ingeniero Agrónomo. Vinos de Chile
- María Carolina Vidal	Meteoróloga. Dirección Meteorológica de Chile
- José Vicencio	Meteorólogo. Dirección Meteorológica de Chile
- Yoska Hernández	Meteoróloga. Dirección Meteorológica de Chile
- Gonzalo Arellano	Ingeniero Agrónomo. Vinos de Chile
- Leonel Fernández	Ingeniero Agrónomo. FDF
- Yazmina Rojas	Geofísica. INIA
- Miguel Becerra	Ingeniero Electrónico, Vinos de Chile
- Marcel Fuentes	Ingeniero Agrícola. INIA
- Cristóbal Campos	Ingeniero Agrícola. INIA
- Rodrigo Alarcón	Ingeniero (e) informático. INIA
- Jorge Gatica	Ingeniero informático. INIA
- Gloria Loncoman	Ingeniero (e) informático. INIA
- Jesús Verdejo	Ingeniero (e) informático. FDF

Editor de este documento: Ricardo Adonis P. - FDF

Fotografías: Ricardo Adonis P. - FDF

Noviembre de 2016

Este documento entrega información general sobre tipos de heladas, medidas de prevención y manejos posteriores al daño. La información presentada corresponde a lineamientos generales que pueden apoyar los criterios de decisión frente a heladas, pero no corresponde a recomendaciones técnicas ni manejos a implementar, puesto que deben ser analizados en forma específica para cada situación y lugar. La aplicación de cualquier práctica o manejo descrito en este documento no garantiza que éstas sean siempre efectivas, aunque se siga tal como se señala. Los lectores de este documento siempre deben evaluar sus propias tecnologías en conjunto con sus prácticas, localidades y cultivos. Por lo tanto los autores no asumen responsabilidad sobre el uso de esta información.



INTRODUCCIÓN

Las heladas son eventos climáticos de gran preocupación en la actividad agrícola debido al potencial de pérdidas socioeconómicas que generan.

Se considera helada cuando se registre temperaturas bajo los cero grados Celsius, ocasionando daño en el cultivo.

El nivel de daño que sufra el cultivo dependerá de variados factores tales como la vulnerabilidad de la especie o variedad a bajas temperaturas, estado fenológico, intensidad de la helada, tiempo de exposición, ubicación geográfica, entre otros.

Aunque las heladas son un fenómeno recurrente, los cambios observados en la variabilidad climática en la última década hacen que ellas se estén produciendo en forma inesperada y en zonas donde no han ocurrido normalmente, lo que hace necesario implementar medidas de adaptación para nuevos escenarios climáticos, lo cual toma mayor importancia si se considera que en los últimos años se han observado algunas heladas que podemos denominar como catastróficas.

Por lo anterior, es una prioridad disponer de un efectivo sistema que pueda alertar en forma temprana de la eventual ocurrencia de una helada. Este proyecto, ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Vinos de Chile, Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF) y cofinanciado por la Fundación para la innovación Agraria (FIA) del Ministerio de Agricultura, ha desarrollado un Sistema de alerta temprana de heladas, que quedará a disposición del sector agrícola a través de la Red Agroclimática Nacional (RAN) en agromet.cl

En el presente documento se abordarán temáticas de: tipos de heladas y sus efectos en la planta, medidas de prevención y manejos posteriores al daño de heladas.

ÍNDICE

CAPÍTULO

CAPÍTULO		PÁGINA
1	Tipos de heladas y condiciones en las que se producen	3
2	Mitigación de riesgos de heladas	5
3	Manejos posteriores al daño por heladas	10
	Acceso y uso del Sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas	11
4		



1

Tipos de heladas y condiciones en las que se producen

Las heladas constituyen uno de los problemas de mayor incidencia e impacto económico en la agricultura a nivel mundial. Para la meteorología y para la agricultura en términos prácticos, una helada es la ocurrencia de temperaturas del aire bajo cero grados Celsius. En Chile, sus efectos han sido severos en especies de características subtropicales como el palto y los cítricos, en las especies de origen templado y floración temprana como el almendro, cerezo, o en especies sensibles como la vid y algunos carozos. Las hortalizas son muy sensibles; en esos rubros las heladas originan pérdidas completas. Los impactos serán distintos dependiendo de la época en que ocurra la helada, la especie, el estado de desarrollo de la planta en ese momento y el tiempo de exposición.

1.1. Tipos de heladas

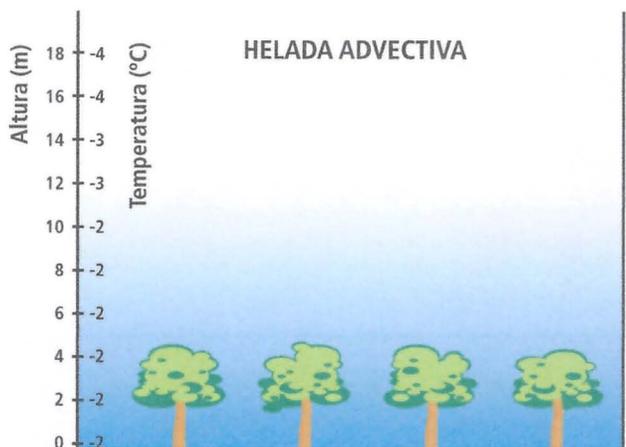
De acuerdo a cómo se forman las heladas, se puede señalar que existen dos tipos:

a) **Heladas radiativas:** Son las que están relacionadas con la fuga intensa, durante la noche, del calor que se ha acumulado en el suelo durante el día, provocando un enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera próxima a la superficie. Esto ocurre cuando el cielo nocturno se encuentra despejado, sin viento y el aire tiene baja humedad. Este enfriamiento da origen a la capa de inversión térmica en la cual a determinada altura, dependiendo de la topografía local y de las condiciones meteorológicas, se encuentra el punto divisorio entre aire frío y aire caliente, generalmente entre 9 y 60 metros. En Chile este tipo de heladas predomina a fines de otoño, durante el invierno y a comienzos de primavera y se caracteriza por cubrir con hielo la superficie del follaje. Las plantas amanecen con una capa blanca y por esta razón se denominan también "heladas blancas".



En esta ilustración, la helada se presenta desde el suelo hasta los 10 m. Hay capa de inversión entre los 10 y 24 m. con temperaturas sobre 0 °C.

b) **Heladas advectivas:** Son aquellas que ocurren por desplazamiento de masas de aire frío provenientes desde el sur, cubriendo áreas extensas de territorio. Son condiciones más persistentes, pudiendo extenderse por varias horas en la noche y parte de la mañana o por varias noches seguidas. Estas heladas se asocian con aire más seco y frío, por lo que son más dañinas para las plantas. Se presentan ocasionalmente pero por sus características, generan grandes daños. La helada ocurrida en el año 2013 en la zona central de Chile, correspondió a una helada de este tipo.



No hay capa de inversión, sólo aire helado y con temperaturas similares desde el suelo hacia arriba. Temperaturas de -2 °C hasta -4 °C.

Las características de cada tipo de heladas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1: Características de heladas radiativas y advectivas

	Heladas Radiativas	Heladas Advectivas
¿Cuándo ocurren?	Ocurren cuando las noches presentan cielos despejados, atmósfera calma y baja humedad del aire.	Ocurren cuando hay una masa de aire frío que cubre extensas áreas. Son independientes de las características del cielo nocturno.
¿Cómo ha sido normalmente el día previo?	Ha habido temperaturas mayores a cero grados durante el día.	Días muy fríos ("ondas polares") y pueden haber sido ventosos.
Otras características	El parámetro denominado temperatura del punto de rocío es bajo.	Aire seco en la atmósfera. Pueden ocurrir por varias noches seguidas.

1.2. Efectos de las heladas sobre los cultivos

El efecto de la helada sobre el cultivo dependerá, entre otros factores, de la especie y del estado de desarrollo en que se encuentre, siendo más sensibles las etapas desde botón floral hasta fruto pequeño. Por lo mismo es necesario considerar en forma muy cuidadosa la ubicación geográfica de las variedades más tempranas, donde los árboles o parras florecen antes, quedando así más susceptibles a una helada. También son importantes las condiciones propias del predio, donde se presenten distintas temperaturas mínimas en diferentes sitios, con menores temperaturas en los bajos y en las partes inferiores de laderas.

¿Por qué se produce daño en las plantas?

El daño por helada no se debe a la formación de hielo en el exterior de la planta. El daño se produce por cambios en el agua existente en los espacios intercelulares de los tejidos de la planta. En una helada ocurre formación de hielo en esos espacios, el cual extrae agua de las células, deshidratándolas o bien forma cristales internos que las rompen. Se llama temperatura crítica, a aquella que comienza a generar determinados niveles de daño, lo cual depende de factores tales como el estado de desarrollo de los tejidos, especie, variedad, edad de la planta, ubicación en el predio y tiempo de exposición a la condición de helada. Por ejemplo, en vid una temperatura de cero grados es crítica cuando la planta se encuentra desde inicio de floración a fruto pequeño. Pero si la helada ocurre antes, cuando la planta se encuentra en brotación, la temperatura crítica oscila entre -2 y -4 °C. En el caso de ciruelo, en cambio, la temperatura crítica puede alcanzar a -2,5 °C cuando la planta se encuentra en inicio de brotación y hasta -6 °C cuando se encuentra en etapa de puntas verdes.

1.3. Relación de la ubicación geográfica con la presencia de heladas

La ubicación geográfica juega un rol importante en la propensión a las heladas. En base a la estadística histórica, se ha caracterizado el país por regiones, con la siguiente relación para las regiones de O'Higgins y Maule.

Tabla 2: Incidencia de heladas en las regiones de O'Higgins y del Maule

Región	Macrozona	Localidades	Cant. de heladas promedio por año
O'Higgins	Costas y valles interiores con influencia marítima	Hidango - Paredones	6 - 12
	Valles interiores y precordillera	Graneros - San Vicente de Tagua Tagua	13 - 28
Maule	Costa y valles interiores con influencia marítima	Llico - Constitución - Chanco - Cauquenes	7 - 14
	Valles interiores y precordillera	Curicó - Talca - Linares	15 a 30

Fuente: Curihinca B., José: Las heladas desde Copiapó a Puerto Montt. Sus efectos en los cultivos y métodos de protección. Santiago de Chile: Nov. 2010.

Como se observa, algunas macrozonas poseen un alto potencial en cuanto a cantidad de heladas, por lo cual es necesario, en primer lugar considerar el tipo de cultivo, especie y variedad factibles en esas macrozonas y posteriormente, contar con buenos sistemas de pronóstico que permitan tomar las medidas de prevención, control o mitigación de los daños. A ellos dedicaremos el siguiente capítulo.

2

Mitigación de riesgos de heladas

Para minimizar el efecto de las heladas existen diversas técnicas cuyo éxito dependerá de su correcta aplicación y en el momento oportuno. No existe el método perfecto dado que en alguna situación su capacidad puede ser excedida frente a alguna helada en particular. Los métodos de control de heladas pueden ser clasificados en sistemas de control pasivos y sistemas de control activos. A continuación explicaremos cada uno de ellos.

2.1. Sistemas de control pasivos

Son aquellas prácticas más bien de tipo preventivo, que se establecen antes que ocurran las heladas. Van desde el análisis de la ubicación del predio, cultivo o especie, hasta manejos del suelo. Generalmente son de menor costo que los métodos activos y en varios casos sus beneficios son suficientes como para eliminar la necesidad de usar equipos para protección activa.

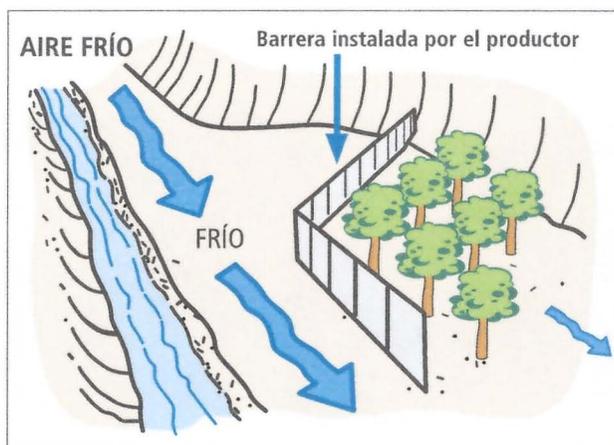
Selección del sitio, especie y variedades.

Estos son aspectos importantes y no siempre considerados. La selección del sitio ha tomado renovada importancia por dos razones: a) Debido al interés por establecer plantaciones en nuevas zonas y b) Frente a las nuevas condiciones de variabilidad climática que se están presentando en la actualidad. En caso de nuevas plantaciones, la mejor prevención es la elección del sitio adecuado, ya sea seleccionando aquéllos donde ocurran pocas heladas, analizando la topografía del lugar, según la cual puede ser recomendable nivelar los bajos, o bien ubicar la plantación en la parte alta de los valles. El aire más frío es más denso que el aire más cálido, por lo cual se deposita en la zona baja de los valles y de los predios. También es posible que, sin haber diferencias topográficas, algún sector se afecte con mayor frecuencia por heladas, lo cual se debería a suelos con distintas características de conducción y capacidad de almacenamiento de calor. Al planificar las plantaciones, es recomendable consultar con especialistas si las condiciones topográficas y de suelo podrían favorecer heladas en sitios específicos del huerto.

Considerar la especie y variedad a plantar. Frutas tempranas, en general son más susceptibles a heladas. Ciertos patrones radiculares confieren mayor tolerancia a bajas temperaturas. Lo mismo ocurre con hortalizas, hay especies que no toleran heladas, según señala el Boletín INIA N° 65, tales como albahaca, ají, berenjena, camote, maíz, papa, pepino dulce, pimentón, poroto verde, poroto granado, sandía, tomate, zapallo y zapalito italiano.

Uso de barreras al movimiento del aire.

Dependiendo de la configuración del sitio, esta práctica puede ser importante. Para analizar la posibilidad de instalar o eliminar barreras, es necesario conocer previamente por dónde ocurre el paso del aire frío. Pueden existir situaciones que faciliten su paso hacia el cultivo, como son bajos, cauces de agua, donde es adecuada la instalación de barreras que desvíen su paso. También puede haber barreras como alamedas, bosquetes, etc., que obstaculizan la salida del aire frío desde la plantación, en cuyo caso se deberían eliminar.



Mojamiento del suelo

El almacenamiento de calor en el suelo está muy relacionado con su contenido de agua. Un suelo con bajo contenido de humedad posee gran parte de sus poros ocupados con aire, elemento de baja capacidad calórica y que se enfría más rápidamente. Por lo tanto, previo a períodos de riesgos de heladas, es recomendable mantener el suelo con alta humedad, cercana a capacidad de campo. Ello mejora la capacidad de almacenar calor e influye en la temperatura. Esta práctica ha demostrado que eleva la temperatura en 0,3 °C respecto de un suelo con menos humedad. Es una medida adecuada para heladas de tipo radiativas.

Eliminar la cobertura vegetal

La existencia de una cubierta vegetal en la entre-hilera, presenta una menor capacidad de acumulación de calor, con un mayor efecto perjudicial de la helada. Cuando no es factible eliminar la cobertura vegetal, es recomendable mantenerla lo más corta posible.

El mismo efecto negativo lo tiene la presencia de otras coberturas como son los llamados mulch, porque reducen la transferencia de calor al suelo, haciendo al huerto más susceptible a la helada. Es sólo recomendado para localidades donde existe riesgo de congelar el suelo y dañar las raíces en cuyo caso entrega alguna protección en heladas de tipo radiativas.

En caso de utilizar cubiertas plásticas, aquéllas de color claro permiten acumular mayor cantidad de energía radiante en el suelo y protegen mejor que cubiertas de plástico negro. Las cubiertas orgánicas reducen la transferencia de calor hacia el suelo y no protegen de heladas.



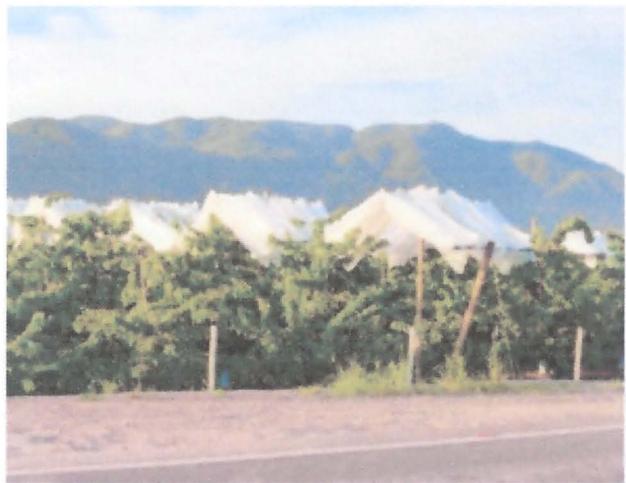
Evitar la remoción del suelo entre hileras

En la época de heladas no es recomendable tener el suelo removido o rastreado puesto que entre los terrones almacena aire helado y mientras más espacios con aire existan en el suelo, se tenderá a almacenar y transferir menos calor. Es una práctica recomendable tener el suelo lo menos intervenido posible y mojarlo, todo lo cual aumenta el almacenaje de calor y mejorará su transferencia. Es una medida adecuada para heladas de tipo radiativas.

Uso de cubiertas sobre las plantas

Este sistema ha ganado popularidad. La atmósfera bajo las cubiertas mantiene algunos grados más de temperatura que el cielo abierto, porque reduce la pérdida de calor desde el suelo al aire.

Sin embargo, se debe tener cuidado en dos aspectos: a) El cálculo de la resistencia del sistema para resistir peso de hielo (o lluvia y eventualmente nieve) y b) Seleccionar la calidad del plástico, lo cual depende de su composición y gramaje. Los de mayor calidad, aunque más caros, son de polipropileno. En ningún caso se debe utilizar polietilenos delgados, pues a través de ellos se pierde el calor libremente. FAO señala que la protección por uso de cubiertas oscila entre 1 y 5 °C, dependiendo del grosor del plástico. También indica que si bien ha habido casos de aumento de temperatura del aire bajo cubiertas de color negro, los mejores resultados se obtienen con plásticos de tipo traslúcidos.



Las carpas o cubiertas plásticas disminuyen el efecto de heladas radiativas y, si están bien diseñadas, podrían disminuir efecto de heladas advectivas al limitar ingreso de masas de aire frío al cuartel.

Aplicación de sustancias protectoras de la planta

Recientemente han comenzado a ser utilizados algunos productos que aplicados al árbol, aumentan la resistencia de la planta en hasta -5 °C. Son productos que pueden generar mayor resistencia en las plantas o bien forman una cubierta sobre ella, reduciendo su tasa de enfriamiento. Estos productos deben ser probados caso a caso, considerando la adecuación a la especie a proteger y asesorarse técnicamente antes de decidir su aplicación.

Control de las bacterias nucleadoras de hielo

Existen algunas bacterias (INA) que poseen un activo rol como “nucleadoras de hielo”. Estas bacterias corresponden a *Pseudomonas syringae* y *Erwinia herbicola*, cuya presencia aumenta el daño por helada en plantas sensibles por su característica de activar la formación de núcleos de hielo en hojas y flores. Para controlar estas bacterias se utilizan compuestos de cobre o productos que sean efectivos sobre estas especies bacterianas.

Existen otros métodos de protección pasiva, que requieren de un mayor estudio caso a caso, como son los siguientes: Manejo nutricional del predio, poda adecuada, recubrimiento de troncos.

2.2. Sistemas de control activos

Este tipo de control tiene por objetivo aportar calor para evitar que la temperatura caiga bajo el umbral de daño a los tejidos u órganos presentes en las plantas. Existen varias alternativas de métodos activos para controlar heladas:

- Riego por aspersión (mojar el follaje)
- Calefactores (calentadores de aire)
- Torres de ventilación (ventiladores, aspas o máquinas de viento)
- Combinación de los métodos anteriores.

Riego por aspersión elevado (mojando el follaje). Es uno de los métodos que mejores resultados ha logrado y es capaz de controlar heladas de tipo advectivas (que ocurren por masas de aire frío). Se basa en la capacidad del agua de entregar calor cuando se enfría. El agua, tiene una temperatura promedio de alrededor de 10°C en reservorios superficiales y de 14 a 16 °C si proviene de pozos profundos. Una vez aplicada sobre el follaje y mientras se enfría, libera calor hacia los tejidos de las plantas y al ambiente inmediato, protegiendo así a los tejidos hasta -5 o -7 °C. El follaje debe mojarse mientras dure la helada. En varias zonas de Chile hay heladas que duran sobre las 4 horas, por lo cual es necesario considerar el alto volumen de agua, lo que puede limitar el uso de este sistema. Según publicaciones del Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, con temperaturas de -5 °C, se requiere de 30 a 35 m³ de agua/há. Ello implica costos en equipos, acumuladores de agua y energía.

Adicionalmente este sistema se asocia a humedad y posible proliferación de enfermedades, especialmente durante la floración, por lo que es poco recomendable usar en almendros, damascos o en condiciones de floraciones tempranas en otras especies. En algunos casos se considera necesario incluir en los costos aplicaciones adicionales de fungicidas tras el uso de este método. En heladas extremas, la quebradura de ramas por acción del peso del hielo sobre el follaje puede provocar pérdidas importantes.

Es un sistema adecuado para heladas de tipo radiativa y advectiva.

Calefactores. Este método se basa en entregar mayor temperatura al aire, bajo el concepto que, si se agrega suficiente calor para nivelar la pérdida de energía, entonces la temperatura del aire no caerá a niveles de causar daño.

Los equipos más comunes son aquellos que calientan el aire con fuego abierto ya sea por quemadores o sistemas similares. Los sistemas utilizados para calentar aire son generalmente poco eficientes porque la mayor parte del calor sube rápidamente y se pierde. Para evitar esto, el diseño de la conducción del calor es importante, y debe considerar que el aporte de calor debe efectuarse a toda la superficie y, según algunos autores, lentamente.

En caso de usar calentadores fijos, se obtienen mejores resultados usando calentadores más pequeños y en mayor cantidad, ubicándolos en zonas que ayuden a mantener el calor en la atmósfera del huerto. Para ello deberían distribuirse de manera uniforme y en mayor cantidad en los bordes y en los puntos bajos del sitio a controlar. En sistemas bien diseñados y correctamente distribuidos, se logran aumentos de temperatura de 5 a 7 °C, a costa de mantenerlos encendidos sin interrupción por largo tiempo sin interrupción. Dependiendo del diseño de los calefactores, se requieren de 100 a 130 unidades por hectárea. Su costo por combustible es alto. Su aplicación es apta para heladas de tipo radiativa, pero cuando hay viento, los calentadores no dan suficiente protección.

Existen calentadores de aire móviles, que son de menor costo. Su aplicación requiere bastante trabajo pues para mantener la masa de aire caliente en la zona a proteger, es necesario volver al mismo lugar entre 10 a 20 minutos. Por lo mismo no es eficiente con temperaturas muy bajas y no responde muy bien en cultivos bajos como viñas viníferas. Su aplicación, donde logre eficiencia, es apta para heladas de tipo radiativas.

Torres de ventilación: Se basan en impulsar masas de aire para mezclar el aire caliente que ha subido desde el suelo, con el aire frío cercano a los árboles o parras. La altura de trabajo debe considerar qué tan alta ocurre la capa de inversión térmica. Antes de instalar las torres se debe conocer si ocurre un diferencial de al menos 1,5°C entre los 2 y los 10 metros de altura. No se recomienda su uso en zonas ventosas (sobre 8 Km/h) o en caso de heladas extremas pues los equipos se pueden dañar si se forma hielo en las aspas.

En los modelos más eficientes, una torre protege entre 4 a 6 há. Al seleccionar los equipos se deben considerar los de menor nivel de ruido (a partir de determinados decibeles, su funcionamiento puede ser prohibido por los Servicios de Salud) y de menor consumo de combustible posible, para reducir emisiones.

Son equipos de alto costo inicial pero tienen el menor costo operacional entre los métodos activos de control de heladas.

Las torres de ventilación son aptas sólo para heladas radiativas, pero al ser combinadas con emisión de calor, protegen heladas más severas y también de heladas advectivas, hasta -3 °C.



Uso de helicópteros

Este método posee altos costos operacionales y es de uso limitado a algunas zonas, debido al nivel de ruido. Es un buen método pues combina la remoción del aire, (por sus aspas), con el calentamiento, (por su turbina), pero requiere de pasadas frecuentes (cada 15 a 20 minutos) y a baja altura. Cuando la inversión térmica es débil, o en heladas por advección, el helicóptero no es útil para el control de heladas.

Aplicación de humo

Diversas investigaciones han demostrado que su efecto real es prácticamente nulo, siendo no recomendable además porque atenta contra el medio ambiente, generando contaminación y puede causar accidentes por disminución de la visibilidad. Por otra parte, a la salida del sol el humo impide el paso del calor hacia el suelo, prolongando aún por mayor tiempo la duración o efecto de la helada.

Combinaciones de métodos activos:

Ventiladores y aspersores por debajo de la planta

El agua congelada en el suelo libera calor latente y calienta el aire cerca de la superficie. El aire calentado se transfiere a través del cultivo. El funcionamiento de los ventiladores favorecerá la transferencia de calor y de vapor de agua dentro de la capa mezclada de aire. El uso combinado de ventiladores y agua aumenta el beneficio de utilizar cualquiera de los dos métodos por separado.

Ventiladores y Calefactores

Su combinación mejora la protección más que cada método por sí sólo. Es importante considerar la relación entre la ubicación del ventilador y de los calefactores. Los calefactores situados cerca del ventilador causan el ascenso de corrientes de aire, disminuyendo la eficacia del ventilador.

Como el ventilador tiende a tirar hacia dentro el aire frío cerca del suelo, en el borde exterior del área protegida, los calefactores deben colocarse en el borde exterior para calentar el influjo de aire frío.

Tabla 3: Resumen de las principales características de los sistemas de control de heladas

1. Sistemas de control pasivos.	2. Sistemas de control activos
<p>¿Qué son? Aquellas prácticas que se establecen en el huerto con anterioridad a las noches de heladas y que tienen efecto permanente. Son de tipo preventivo. Van desde el análisis de la ubicación del huerto o cultivo hasta manejos culturales del suelo. Generalmente son de menor costo que los métodos activos y en varios casos sus beneficios son suficientes para eliminar la necesidad de equipos para protección activa.</p>	<p>¿Qué son? Aquellas prácticas que se establecen o se hacen funcionar al ocurrir la helada o algunas horas antes de ellas. Este tipo de control tiene por objetivo evitar el daño en el momento en que se está produciendo la helada, aportando calor para evitar que la temperatura caiga bajo el umbral de daño a los tejidos de las plantas. Generalmente tienen costos de inversión asociados a su implementación.</p>
<p>¿Cuáles son los principales métodos de control pasivo?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selección del sitio - Selección de especie y variedad - Mojamiento del suelo - Evitar remoción del suelo entre hileras en el caso de frutales - Remover vegetación de cobertura - Uso de cubiertas - Uso de barreras 	<p>¿Cuáles son los principales métodos de control activo?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Torres de ventilación (ventiladores, aspas o máquinas de viento) - Riego por aspersión (mojar el follaje) - Calefactores (calentadores de aire) - Combinación de los métodos anteriores

Aptitud de los distintos métodos de control de heladas según tipo de helada

1. Sistemas de control pasivos

Sistema	Aptitud para helada radiativa	Aptitud para helada advectiva
Selección del sitio de plantación	✓	✗
Mojamiento del suelo	✓	✗
Eliminar cobertura vegetal	✓	✗
Evitar remoción del suelo	✓	✗
Uso de cubiertas	✓	✓

2. Sistemas de control activos

Sistema	Aptitud para helada radiativa	Aptitud para helada advectiva
Riego mojando el follaje	✓	✓
Calefactores	✓	✗
Torres de ventilación	✓	✗
Torres de ventilación con emisores de calor	✓	✓
Humo	✗	✗

3

Manejos posteriores al daño por heladas

Contar con árboles sanos y mantener el suelo libre de vegetación durante el invierno son factores que contribuyen a prevenir daños. Como ya se ha señalado, huertos o cuarteles que se han regado en los días previos a la helada sufren menos daño y se recuperan rápidamente. El suelo húmedo intercepta y almacena más calor por radicación en la noche, mientras que los árboles sometidos a estrés son fisiológicamente menos capaces de soportar bajas temperaturas. Las deficiencias o toxicidades de nutrientes también agravan el problema.

El impacto de la helada varía dependiendo del estado fenológico de la planta y del tiempo y temperaturas de exposición, por lo cual antes de definir los pasos a seguir después de una helada, es necesario determinar el nivel de daño de cada cuartel o sector específico y actuar según el daño. En general, en heladas mayores, se debe esperar a que la planta salga del estrés y se reactive antes de dar inicio a las estrategias de mitigación. Algunas prácticas culturales que pueden mitigar el daño por heladas en especies frutales, basadas en el Boletín INIA N° 165 son las siguientes:

- **Poda.** Entre expertos hay coincidencia en que no se debe podar de inmediato después de una helada severa. Se recomienda un período de espera de varios días, o semanas, dependiendo de la especie. Posteriormente, evaluar el alcance de los daños y una vez que ha pasado el período de riesgos de heladas, realizar una poda suave cuyo propósito es remover los brotes y ramas afectadas. Hay distintas estrategias dependiendo de la especie. En vides y algunos frutales se debe considerar, en caso de heladas fuertes, que la repoda tendrá como objeto principal generar buena reposición de yemas y madera para el año siguiente.
- **Protección contra la radiación.** Luego de la poda y cuando uno de los efectos de la helada haya sido caída severa de hojas, el tronco y brotes quedan expuestos a la quemadura por el sol. Se sugiere protegerlos con un producto adecuado
- **Fertilización.** El programa de fertilización debe partir una vez que los brotes inicien su crecimiento activo en primavera (brotes de 10 a 15 cm de longitud). Lo más importante es considerar los nutrientes que mejoren la regeneración de tejido y la capacidad fotosintética. En parronales de uva de mesa, se debe considerar Zinc, Potasio y Magnesio. El uso de Nitrógeno es complejo pues depende del estado de la planta y de la intensidad del daño de la helada, porque favorece el crecimiento de los brotes y los vuelve más sensibles a una nueva helada. Es recomendable evitar la aplicación de este elemento hasta que las temperaturas se hayan elevado y no exista riesgo de heladas. A mayor daño se aplicará la menor cantidad de Nitrógeno, porque las plantas tendrán menos brotes y el requerimiento será menor. Las aplicaciones deben fraccionarse en el mayor número de veces posible.
- **Riegos.** No es conveniente abusar de ellos (la escasa cantidad de hojas no permite la evaporación normal). Iniciarlos juntos con el programa de fertilización (siempre que no haya llovido). Sólo si la tierra estuviese seca, podría ser recomendable regar, básicamente para no causar más stress a la planta, pero ello se debería hacer alrededor de siete días después de ocurrida la helada.

En general, el uso de agua de riego y fertilizantes debe ser racional para evitar el crecimiento excesivo de los brotes que permanecieron en las plantas afectadas por heladas.

- **Plagas.** Se debe cuidar la sanidad de los brotes que crecerán luego de la helada. Interesa que los brotes se desarrollen sin limitaciones, en especial, libres de ataque de insectos o enfermedades. En heladas fuertes pueden generarse micro heridas, tanto en los cargadores, en las especies que los poseen, como en la madera, que pueden servir como puerta de entrada a hongos que podrían generar efectos negativos en la planta como una menor producción durante las temporadas siguientes. El uso de algunos productos que activen los mecanismos de defensa de la planta podría contribuir a la protección del cultivo.

Se concluye que luego de una helada se debe actuar con mucha prudencia, dejando los árboles o parras tranquilos y esperar que pase el período de heladas. Las labores culturales se iniciarán una vez conocida la respuesta de las plantas al efecto de las bajas temperaturas.

4

Acceso y uso del Sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas

El Sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas es un servicio del Ministerio de Agricultura a través de la Red Agroclimática Nacional (RAN), para apoyar a los productores agrícolas en sus decisiones para enfrentar mejor las heladas. Este sistema estará disponible durante el primer semestre de 2017.

4.1. Acceso

En www.agromet.cl del Ministerio de Agricultura haga click en una de las pestañas denominadas **"VIGILANCIA DE HELADAS"** o **"ALERTAS"**. A través de cualquiera de ellas ingresará al Sistema de monitoreo y alerta temprana de heladas.

4.2. Información de alertas de heladas

En la página de inicio de este sistema, usted encontrará directamente el listado de las estaciones meteorológicas organizadas por región, indicando la alerta vigente al momento. Cabe señalar que esta alerta se activa con mayor precisión a las 22 horas de cada día.

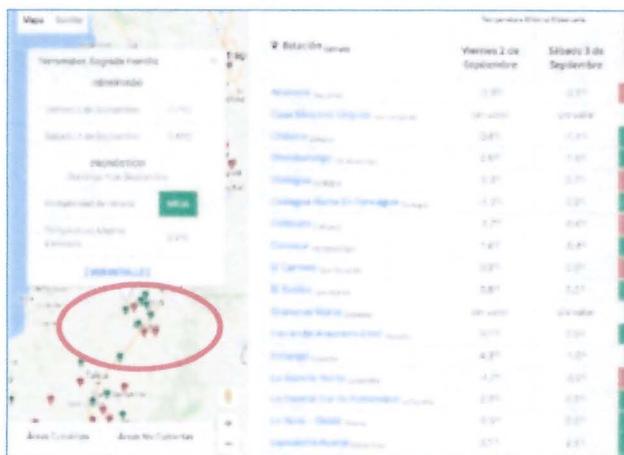
En este ejemplo se encuentra desplegada la Región de O'Higgins y su listado de estaciones meteorológicas. A la derecha se encuentra en colores rojo y verde, la probabilidad de heladas para la noche, marcada como alta, media o baja probabilidad. A la derecha de los cuadros de color, se encuentra la estimación de la temperatura mínima que ocurrirá esa noche. Por ejemplo, la estación El Carmen, se indica que tendrá una alta probabilidad de heladas, esperándose una temperatura mínima de $-4,0$ °C.

En el mapa al costado izquierdo se aprecia la situación general de la Región, donde cada estación está coloreada de rojo o verde según la probabilidad de heladas que exista para ellas.



4.3. Información detallada por cada estación

Para ver información con mayor detalle de la estación meteorológica de interés, puede hacer click ya sea en el mapa o en el nombre de la estación en el listado. Si selecciona la estación mediante el mapa, al realizar click sobre ella, se desplegará un cuadro con un resumen de información y una leyenda en su parte inferior que señala **"VER DETALLE"**.



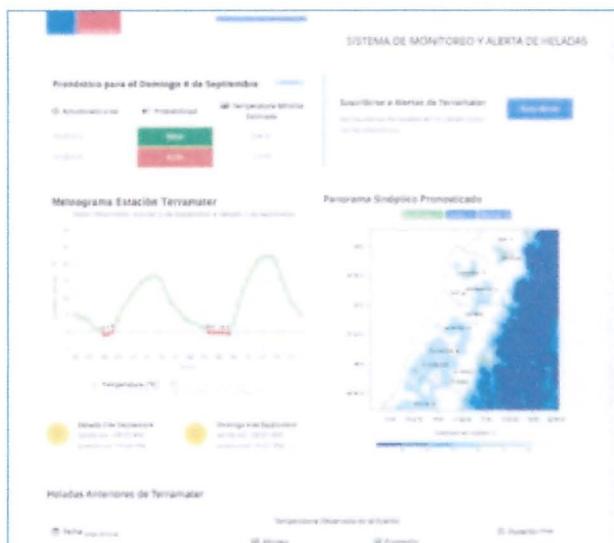
En este caso se muestra la información de la estación Sagrada Familia en la Región del Maule. Al ingresar en "VER DETALLE", se accede a información más específica para la estación, desplegándose la pantalla de la derecha.

En primer lugar se encuentra un cuadro de información, donde se presenta el detalle del pronóstico de helada para la estación y al hacer click en "detalle", se entrega una explicación sobre este pronóstico. Al costado derecho encontramos la opción de suscripción a las alertas para la estación seleccionada.

Luego se aprecia un gráfico llamado Meteograma, que muestra la evolución de las temperaturas ocurridas durante los últimos dos días, presentando en color rojo las temperaturas bajo o iguales a cero grados.

A la derecha del gráfico se encuentra un mapa esquemático denominado "Panorama sinóptico pronosticado" donde se grafican por color las temperaturas mínimas pronosticadas para 24, 48 y 72 horas. Este pronóstico para todo el territorio es entregado por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

En la parte inferior de la pantalla, se presenta un registro histórico de las heladas anteriores ocurridas en la estación meteorológica que se está visualizando.



4.4. Suscribirse a alertas de la estación de su interés

En un cuadro de texto que se encuentra arriba del mapa esquemático, se entrega la posibilidad de suscribirse a las alertas de la estación en particular. Ellas llegarán a su celular y a su correo electrónico. Recomendamos que se inscriba para que reciba directamente las alertas de helada. Para esto, usted debe llenar un sencillo formulario. Si usted es un asesor técnico que atiende un grupo de agricultores puede registrar a los productores para facilitarles el acceso a la información.

4.5. Otra información

Finalmente, si volvemos a la barra superior de cada pantalla, encontraremos cuatro pestañas:

- 1. Monitoreo de heladas:** Donde se encuentra el pronóstico y alertas que ya explicamos.
- 2. Historial de heladas:** Donde se muestra el archivo histórico de todas las heladas que se han registrado en las estaciones meteorológicas pertenecientes a la Red Agroclimática Nacional (RAN).
- 3. Redes de información:** Donde se utiliza las redes sociales para publicar el pronóstico general de heladas y los usuarios puede interactuar utilizando #heladasMaule y/o #heladasOhiggins.
- 4. El proyecto:** Explica los orígenes de este sistema de información, videos de difusión sobre heladas y también se encuentra la posibilidad de registrarse. Si bien el sitio es de acceso público y de libre acceso, sólo los usuarios registrados podrán acceder a recibir alertas por SMS, recibir alertas por correo electrónico o gestionar alertas de otros usuarios (opcional).



Bibliografía

1. Curihinca B., José: Las heladas desde Copiapó a Puerto Montt. Sus efectos en los cultivos y métodos de protección. Santiago de Chile: Nov. 2010
 2. Dirección Meteorológica de Chile-climas 2011.
 3. FDF-INIA - Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales. 2012.
 4. FAO Frost protection: fundamentals, practice, and economics - Volume 1 y 2 . 2005.
 5. IALE: Estudio de Vigilancia Tecnológica en Sistemas de Control y Manejo de Heladas para el Sector Agrario Nacional. En: "Monitoreo, Control y Manejo de Eventos Climáticos Extremos en los Sistemas Agrícolas". Seminario FIA 2016.
 6. José Antonio Yuri: Heladas en fruticultura. Fisiología, daño y control. Presentación a FIA. 2014.
 7. Martínez, L.; Ibacache A.; Rojas L. Efectos de las heladas en la agricultura. Boletín INIA N° 165. 2007.
 8. Ontario Ministry of Agriculture, foods and rural affairs. Freeze Protection Methods For Crops factsheet. Rev 2009.
 9. Reginatto, G. Evaluación de nuevas alternativas para el control de heladas en frutales de hoja caduca. En: "Monitoreo, Control y Manejo de Eventos Climáticos Extremos en los Sistemas Agrícolas", Seminario FIA 2016.
 10. Santibáñez, Fernando: Análisis de vulnerabilidad silvoagropecuaria en Chile frente a escenarios de cambio climático. Ministerio de Agricultura. 2008.
 11. Steven E. Lindow,2 Deane C. Arny, and Christen D. Upper. Bacterial Ice Nucleation: A Factor in Frost Injury to Plants 1. En Plant Physiol. 1982 Oct; 70(4): 1084-1089.
 12. University of California - Richard L. Snyder, Extension Biometeorologist. Principles of Frost Protection Quick Answer 5 2001.
 13. Varios autores. ¿Cómo minimizar los daños de las heladas en la uva de mesa?. Recopilación de varios especialistas. Revista del Campo, 05 de junio de 2015.
-



HELADAS

TIPOS, MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MANEJOS POSTERIORES AL DAÑO
GUIA DE USO DEL SITIO



Vinos de Chile
Wines of Chile

agromet.cl
RED AGROCLIMÁTICA NACIONAL

