



## INFORME TÉCNICO

Marque con una X

<b>Avance</b>	
<b>Final</b>	<b>X</b>

## PROYECTO

" Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas:  
una herramienta para aumentar la competitividad de  
la agricultura en la Región del Maule "

## ENTIDAD EJECUTORA

Universidad de Talca

Fecha: 30 junio 2021



<b>Código Del Proyecto:</b>	<b>BIP 30.481.998-0</b>
<b>Título Del Proyecto:</b>	<b>"Sistema de Alerta temprana de Heladas"</b>
<b>Entidad responsable:</b>	<b>Universidad de Talca</b>
<b>Director</b>	<b>José Antonio Reyes Suarez</b>
<b>Montos Asignados (M\$)</b>	<b>188.840.000</b>
<b>Montos ejecutados (M\$)</b>	<b>182.817.896</b>
<b>Fecha:</b>	<b>30 junio 2021</b>

## 1. RESUMEN EJECUTIVO DE AVANCE

En este informe se presentan los principales resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto desde octubre de 2017 y que ha finalizado en abril de 2021. En este período se han desarrollado las diferentes actividades planificadas y se han obtenido los distintos resultados y productos comprometidos en esta iniciativa.

En este período se logró desarrollar modelos predictivos que permiten alertar con hasta 12 horas de anticipación la ocurrencia de un evento de heladas, en todas las estaciones meteorológicas (EMAs) de la Red Agroclimática Nacional que se encuentran en funcionamiento en la región del Maule. Alcanzando en todos los casos una eficiencia de sobre el 85% (promedio de todas las zonas del 90%).

Junto a esto, se logró generar e implementar modelos de intensidad y duración de heladas para cada uno de los modelos antes mencionados. Esto permite incorporar nueva información asociada a estas alertas de heladas, con lo cual productores agrícolas pueden optimizar medidas paliativas ante la ocurrencia de uno de estos eventos de heladas pronosticados.

Adicionalmente, se desarrollo una metodología para generar alertas tempranas y sectorizadas de heladas, lo cual permite intervenir zonas que no siguen generalmente tendencias relacionadas con EMAs de referencia (Red Agroclimática Nacional), o que presentan una variabilidad significativa de condiciones climáticas en un mismo sector productivo.

Todos estos desarrollos fueron integrados y se encuentran operativos en la plataforma de alerta temprana de heladas "AlertFrost" ([www.alertfrost.cl](http://www.alertfrost.cl)). En donde usuarios se pueden registrar y acceder a información de zonas productivas de interés, recibiendo de manera diaria alertas tempranas de heladas.

Finalmente, se desarrollaron numerosas actividades de difusión de los resultados del proyecto. Focalizando los esfuerzos en destacar las características de la plataforma AlertFrost.



## **2. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS**

### **Objetivo General**

Desarrollar un sistema que entregue una alerta temprana y sectorizada de episodios de heladas en la Región del Maule. Esta alerta será entregada a agricultores y otros interesados en el desarrollo sustentable de la agricultura regional. El sistema está basado en modelos de predicción que utiliza técnicas de Inteligencia Artificial y es entrenado con información agro-climatológica histórica de las zonas de interés.

### **Objetivos Específicos**

En este informe se presentan los principales resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto desde octubre de 2017 y que ha finalizado en abril de 2021. En este período se han desarrollado las diferentes actividades planificadas y se han obtenido los distintos resultados y productos comprometidos en esta iniciativa. A continuación, se presentan los avances obtenidos en las distintas actividades de los objetivos específicos del proyecto. Se pueden destacar los siguientes aspectos:

#### **1. Determinar las zonas de interés de estudio para implementar metodología de sectorización.**

Durante el desarrollo de este proyecto se identificaron e intervinieron distintas zonas de estudio para implementar una metodología de sectorización de variables climáticas de interés. Estas variables son posteriormente utilizadas para procesar y entregar alertas tempranas de heladas en zonas distantes o que no siguen tendencia de estaciones meteorológicas (públicas) cercanas pertenecientes a la Red Agroclimática Nacional.

Se realizaron estudios en distintos sectores de la Región del Maule, como Romeral, Curicó, Lontué, Talca, Yervas Buenas, Colbún, Cauquenes, entre otras. Algunos ensayos consistieron en la instalación de mini-estaciones meteorológicas para estudio de variabilidad climática en zonas de interés. En otras ocasiones se realizaron estudios basados en estaciones de la Red Agroclimática Nacional. En el Anexo 01 se presentan los principales resultados obtenidos en este objetivo.

#### **2. Implementar equipamiento de monitoreo para sectorización de variables climáticas y alerta de heladas.**

Durante el desarrollo del proyecto se adquirieron e implementaron kits de estaciones meteorológicas llamadas “Mini-Emas”. Cada uno de estos equipos consta con 4 módulos independientes de monitoreo que pueden ser localizados en distintos puntos de una zona de estudio. De esta forma se puede analizar y modelar la variabilidad climática existente en un sector productivo de estudio. Adicionalmente se adquirieron e implementaron 2 equipos EMAs de referencia que se probaron como equipamiento base para estrategias de modelamiento sectorizado de condiciones climáticas y pronóstico temprano de heladas.



Equipos computacionales para procesamiento y gestión de la información recopilada con estaciones de referencia, Mini-Emas y estaciones de la de la Red Agroclimática Nacional. Esto permitió realizar el monitoreo en línea de distintas fuentes de información, y poder trabajar en la generación de modelos predictivos para diversas condiciones climáticas y distintas zonas de estudio en la Región del Maule. Esto se complementa con actividades planificadas en el OE1, los principales resultados se presentan también en el Anexo-01.

### **3. Desarrollar y validar modelos predictivos de alerta temprana y sectorizada de episodios de heladas. Que incluyan inferencia de la duración e intensidad de estos eventos, y una estrategia adecuada de sectorización de variables.**

En este período se logró desarrollar modelos predictivos que permiten alertar con hasta 12 horas de anticipación la ocurrencia de un evento de heladas, en todas las estaciones meteorológicas (EMAs) de la Red Agroclimática Nacional que se encuentran en funcionamiento en la región del Maule. Para esto se evaluaros distintas técnicas y estrategias de aprendizaje basadas en Inteligencia Artificial. Estos modelos fueron actualizados y calibrados según los resultados de un estudio de datos atípicos realizado durante la última etapa de desarrollo finalizada en abril 2021. Alcanzando en todos los casos una eficiencia de sobre el 85% (promedio de todas las zonas del 90%).

Adicionalmente, se logró generar e implementar modelos de intensidad y duración de heladas para cada uno de los modelos antes mencionados. Esto permite incorporar nueva información asociada a estas alertas de heladas, con lo cual productores agrícolas pueden optimizar medidas paliativas ante la ocurrencia de uno de estos eventos de heladas pronosticados.

Finalmente, se desarrollo una metodología para generar alertas tempranas y sectorizadas de heladas, lo cual permite intervenir zonas que no siguen generalmente tendencias relacionadas con EMAs de referencia (Red Agroclimática Nacional), o que presentan una variabilidad significativa de condiciones climáticas en un mismo sector productivo. Para esto se desarrollaron modelos que integran herramientas de interpolación geoespacial y de inferencia basados en Inteligencia Artificial. Permitiendo generar alertas diferenciadas de heladas en distintas zonas de un huerto productivo con una espacialidad máxima de 0,5 hectáreas. Los principales resultados de este objetivo se presentan en los Anexos 2 a 6.

### **4. Desarrollar un sistema de información que permita integrar los modelos predictivos desarrollados y entregar de manera eficiente una alerta temprana y sectorizada de episodios de heladas.**

Para el cumplimiento de esto objetivo nos enfocamos en el desarrollo, implementación y puesta en marcha de una plataforma de alerta temprana de heladas llamada "AlertFrost". Cualquier productor o interesado puede ingresar y registrarse en la plataforma a través del sitio web [www.alertfrost.cl](http://www.alertfrost.cl). El registro permite al usuario identificar las zonas de su interés de recibir alertas tempranas de heladas, ya sea por correo electrónico o directamente ingresando a la plataforma (Anexo 07).



Usuarios avanzados de esta plataforma pueden solicitar un servicio adicional de alertas sectorizadas de heladas para zonas productivas que no cuentan con una estación EMA de referencia cercana, o presentan variabilidad climática significativa en relación con estas. Este servicio incluye un proceso de estudio y evaluación de factibilidad de la zona, implementar algunos equipos de monitoreo por 3 a 6 semanas, luego de lo cual se calibran modelos predictivos específicos para la zona en estudio. Con esta finalidad, durante el proyecto se desarrolló una herramienta de sectorización de heladas, que nos permite optimizar los tiempos de estudio y de implementación de modelos de alertas sectorizadas de helas en cualquier punto de la región del Maule, en incluso intervenir en otras regiones del Chile y del mundo (Anexo 08).

Finalmente, se desarrolló y se encuentra operativa una aplicación móvil de la plataforma AlertFrost que puede ser descargada por usuarios en sus teléfonos móviles. En estos momentos solo disponible para sistema Android (Anexo 9).

## **5. Desarrollar un modelo de difusión y transferencia efectiva de los resultados del proyecto a los usuarios finales, que permita dar sustentabilidad a la propuesta.**

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron numerosas actividades de difusión de los resultados del proyecto, y las capacidades y características de la plataforma AlertFrost de alerta temprana de heladas. A continuación, se destacan los principales logros en este sentido, cuyo material fue presentado en Anexos de informes anteriores de avance del proyecto.

- Participación en el 4to congreso “IoT World Congress 2018” realizado en Barcelona, España. Se contactaron proveedores tecnológicos y se validó metodología de modelamiento predictivo.
- Desarrollo de imágenes, logos y material inicial de difusión de sistema de alerta temprana de heladas.
- Desarrollo de taller de difusión y capacitación para CORES del Maule y Funcionarios del GORE Maule. Agosto 2019.
- Participación en seminario PEC 2019 para productores de cerezas. Se presenta stand con información y demostración de funcionamiento de la primera versión de la plataforma AlertFrost.
- Participación en feria AgrotechMaule 2020, realizada de manera virtual el 15 octubre 2020, con un stand donde se presentan los resultados del proyecto;
- Participación en la feria FINEM 2021 realizada entre el 01 al 04 de diciembre de 2020. En este caso se presentó a la comunidad un stand con información y las principales características del sistema AlertFrost. Incluyendo un video de difusión preparado para la ocasión.
- Adecuación página web [www.alertfrost.cl](http://www.alertfrost.cl), para optimizar contenidos e integrar nuevas funcionalidades en servidor externo.



- Actividad de lanzamiento del Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas Alertfrost. Evento virtual realizado el 24 de agosto a las 11:00 hrs. Contó con 142 inscritos y se realizó vía Zoom.
- Comunicado de prensa sobre lanzamiento del sistema AlertFrost. Apareció en diferentes medios de comunicación. 24 horas regiones, diario el heraldo, sitio en línea Maule, Utaica.
- Se realizó capacitación sobre uso de plataforma AlertFrost a equipo de Prodesales de la zona de yerbas Buenas y Maule Sur (Longaví, cauquenes y Linares). Se utilizó modalidad virtual mediante la plataforma Zoom;
- Entrevistas y rondas de medio realizadas en el periodo para medio ciudad comunicada de la Universidad de Talca y entrevista en TVN Red Maule sobre temática de predicción de heladas.
- Actualización de línea gráfica y diseño de gráficas para difusión en redes sociales. Desarrollo de 17 gráficas en el periodo informado que acompañan las publicaciones en Facebook y Twitter.
- Acciones permanentes de difusión del proyecto a través de redes sociales. (2019-octubre 2020).



### 3. PRODUCTOS

A continuación, se informa los productos obtenidos a la fecha.

<b>Producto Ofrecido (según proyecto aprobado)</b>	<b>Productos Obtenidos</b>	<b>Justificación de diferencias (si las hay)</b>	<b>Fecha de obtención</b>
Sistema de predicción de alerta temprana de eventos de heladas.	Sistema de predicción de alerta temprana de eventos de heladas.	No hay diferencias	mayo 2020
Sistema de predicción de duración de eventos de heladas.	Sistema de predicción de duración de eventos de heladas.	El sistema entrega una estimación del rango de duración que tendrá una helada que se predice. Esta alternativa es la que presenta mejor exactitud en la predicción.	junio 2020
Sistema de predicción de la intensidad de eventos de heladas.	Sistema de predicción de la intensidad de eventos de heladas.	El sistema entrega una estimación del rango de la intensidad que tendrá una helada que se predice. Esta alternativa es la que presenta mejor exactitud en la predicción.	junio 2020
Sistema de alerta temprana sectorizada para eventos de heladas.	Sistema de alerta temprana sectorizada para eventos de heladas.	No hay diferencias	septiembre 2020
Servicio Tecnológico de predicción sectorizada de eventos de heladas.	Se cuenta con una primera versión de este servicio tecnológico que ha sido piloteado durante el año 2020.	No hay diferencias	abril 2021



#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

<b>Resultado esperando (según proyecto aprobado)</b>	<b>Resultado Obtenido</b>	<b>Justificación de diferencias (si las hay)</b>	<b>Fecha de obtención</b>
Determinar zonas de instalación de miniestaciones	Se definieron cuatro zonas de interés para estudio durante el proyecto, estas son: Yervas Buenas, Colbún, Romeral y Tutuquen	No hay diferencias	Abril 2018
Determinar número de mini estaciones necesarias	Se determina que el óptimo sería 4 mini EMAs por cada 5 a 10 has	No hay diferencias	Julio 2020
Metodología óptima para predecir duración de heladas	Metodología óptima definida e implementada en sistema.	No hay diferencias	Junio 2020
Metodología óptima para predicción de heladas	Metodología óptima definida e implementada en sistema.	No hay diferencias	Junio 2020
Actividades para difundir uso de sistema de alerta temprana heladas	Metodología óptima definida e implementada en sistema.	Se continuó con actividades de difusión hasta el final del proyecto.	Marzo 2020



## 5. INNOVACIONES O IMPACTOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS LOGRADOS

Durante la ejecución de este proyecto, no se consideraron desarrollos en este aspecto.

<b>Innovación o impacto contemplado (según proyecto aprobado)</b>	<b>Innovación o impacto obtenido</b>	<b>Justificación de diferencias (si las hay)</b>	<b>Fecha de obtención</b>



## 6. EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES

N°	Actividad	Estado (ejecutada/ proceso/ Concluida)	Justificación de Diferencias	Fecha de ejecución
OE1 - 1	Selección de Sitios Estudio	Ejecutada		Abril 2018
OE1 - 2	Definir sitios estaciones EMAs	Ejecutada		Mayo 2018
OE1 - 3	Definir N° Estaciones por sector	Ejecutada		Junio 2020
OE2 - 1	Adquirir estaciones EMAs	Ejecutada		Mayo 2020
OE2 - 2	Adquirir equipo computacional	Ejecutada		Dic 2017
OE2 - 3	Instalación EMAs zonas estudio	Ejecutada		Septiembre 2020
OE2 - 4	Implementar sistema comunicación con EMAs .	Ejecutado		Diciembre 2019
OE2 - 5	Diseñar e implementación Base datos info estudio	Ejecutado		Septiembre 2018
OE3 - 1	Modelamiento de duración e intensidad de eventos de heladas.	Ejecutado		Julio 2020
OE3 - 2	Modelamiento de predicción sectorizada de eventos de heladas.	Ejecutado		Septiembre 2020
OE3 - 3	Alerta Temprana Sectorizada	Ejecutado		Diciembre 2020
OE4 - 1	Integrar componentes OE 2 y OE 3	Ejecutado		abril 2021.



<b>OE4 - 2</b>	Realizar pruebas piloto y en terreno	<b>Ejecutado</b>		<b>abril 2021.</b>
<b>OE4 - 3</b>	Diseño y desarrollo de interfaz usuarios	<b>Ejecutado</b>		<b>Agosto 2020</b>
<b>OE5</b>	Actividades de difusión en general.	<b>Ejecutado</b>		<b>abril 2021.</b>





## 8. BENEFICIARIOS

No se cuenta por el momento con Beneficiarios directos o indirectos del proyecto.

## 9. RESUMEN DE GASTOS

ITEM	GASTOS APROBADOS	GASTOS EJECUTADOS	SALDOS
RRHH.	\$ 56.400.000	\$ 56.400.000	\$ -
SUBCONTRATOS	\$ -	\$ -	\$ -
GASTOS DE OPERACIÓN	\$ 57.849.481	\$ 57.849.481	\$ -
GASTOS DE DIFUSIÓN	\$ 15.216.514	\$ 15.216.514	\$ -
GASTOS DE INVERSIÓN	\$ 40.459.702	\$ 40.459.702	\$ -
GIRAS TECNOLÓGICAS	\$ 3.452.198	\$ 3.452.198	\$ -
GASTOS DE ADM.	\$ 9.440.000	\$ 9.440.000	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 182.817.896</b>	<b>\$ 182.817.896</b>	<b>\$ -</b>



## 10. ANEXOS

En este informe se adjuntan los siguientes anexos correspondientes a:

**Anexo-01:** Informe Implementación de equipos, variabilidad climática y gestión de datos.

**Anexo-02:** Informe modelos predictivos 2017

**Anexo-03:** Informe modelos predictivos 2018

**Anexo-04:** Informe modelos predictivos 2019

**Anexo-05:** Informe modelos predictivos 2020

**Anexo-06:** informe modelamiento datos atípicos

**Anexo-07:** Informe de Plataforma AlertFrost de Alerta Temprana de Heladas

**Anexo-08:** Informe herramienta para sectorización sectores interés.

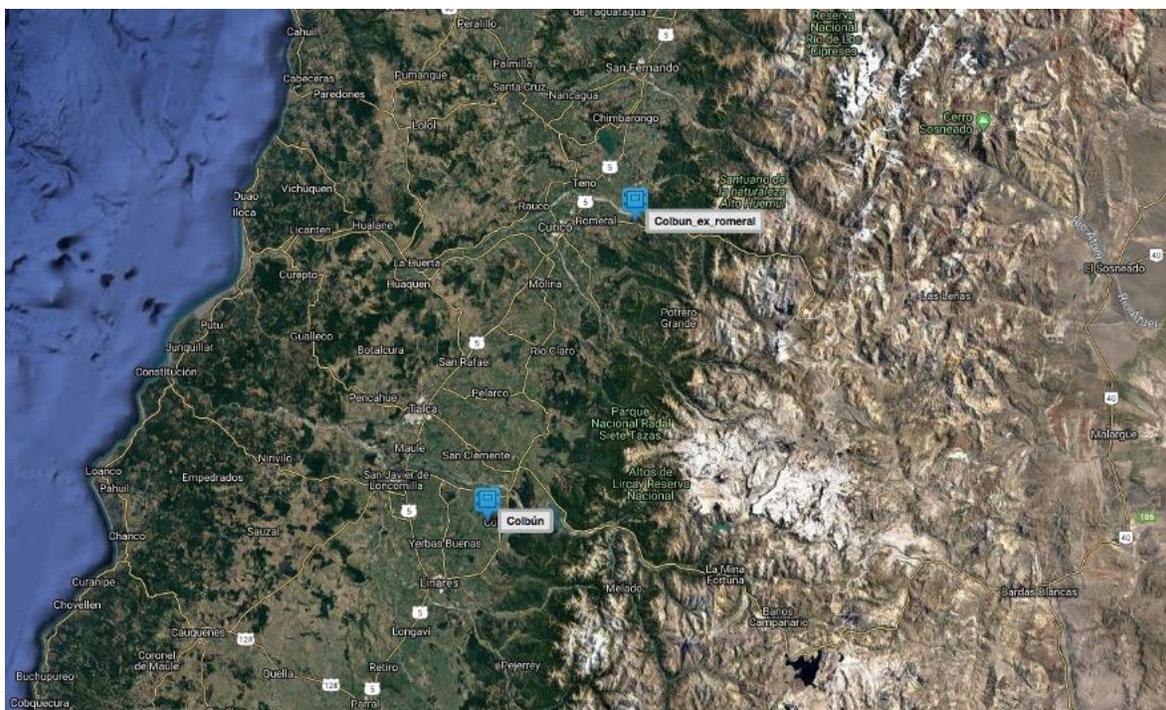
**Anexo-09:** Informe Aplicación Móvil para sistema AlertFrost

**Anexo-10:** Informe general actividades de difusión

# Anexo 01: Informe Implementación de equipos, variabilidad climática y gestión de información.

## A) IMPLEMENTACIÓN ESTACIONES REFERENCIA

El presente informe representa la implementación de dos estaciones meteorológicas autónomas (EMA) de la marca Onset Hobo, para realizar estudios del comportamiento del clima de la región y en los puntos donde fueron implementados, lo que puede permitir optimizar de forma más eficiente las producciones, instaladas en las localidades cercanas a El Romeral y Colbún, en la región del Maule. Comprende información general acerca de su implementación, componentes principales.

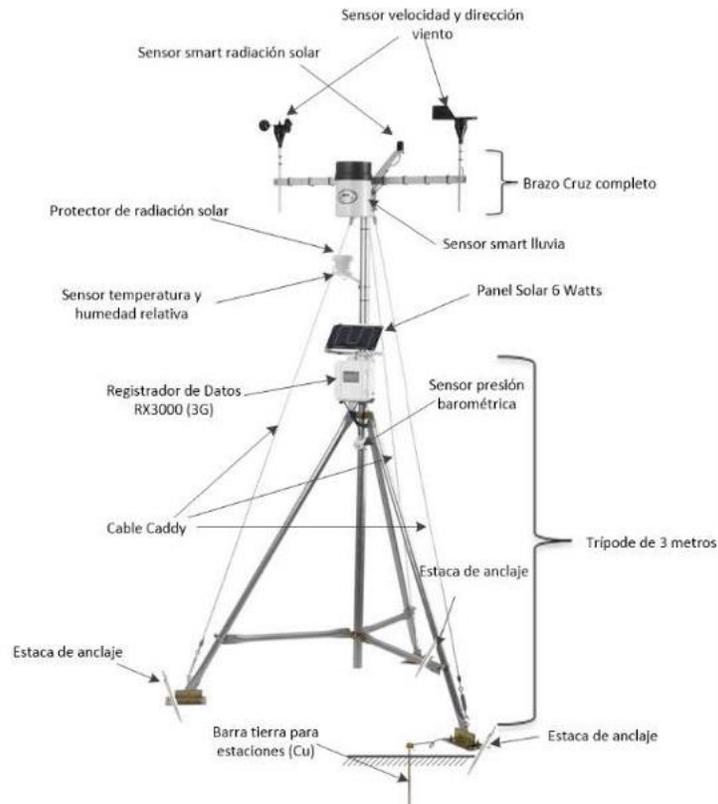


*Ilustración 1 - ubicación geográfica de las estaciones hobo*

Los datos climáticos que proporcionan estas estaciones son de forma casi instantánea en cualquier lugar y momento a través de internet, lo que incluye información de temperatura, humedad relativa, precipitaciones, velocidad y dirección del viento, presión barométrica, radiación solar, entre otros. Las estaciones funcionan en condiciones de energía y conexión de datos autónoma, mediante la generación de energía solar y con conexión a la red de telefonía móvil 3G o 2G según cobertura.



## Descripción de la implementación



*Ilustración 3 - implementación general.*

De acuerdo con la Ilustración 3, estas fueron implementadas de manera muy similar, una en sector El Romeral y en Colbún.

Como se puede observar en la Ilustración 4 la implementación cumple con todos sus requisitos, incluyendo la malla de protección. Esta estación hobo está situada en el sector de Colbún.



## Configuración del sistema

Con el objetivo que los usuarios obtengan los datos de las estaciones, se desarrolla una plataforma web que muestra la información de la temperatura, humedad relativa, precipitaciones, velocidad y dirección del viento, presión barométrica, radiación solar. Expresada por día y hora como muestra la Ilustración 5, siendo esta relevante para el usuario.

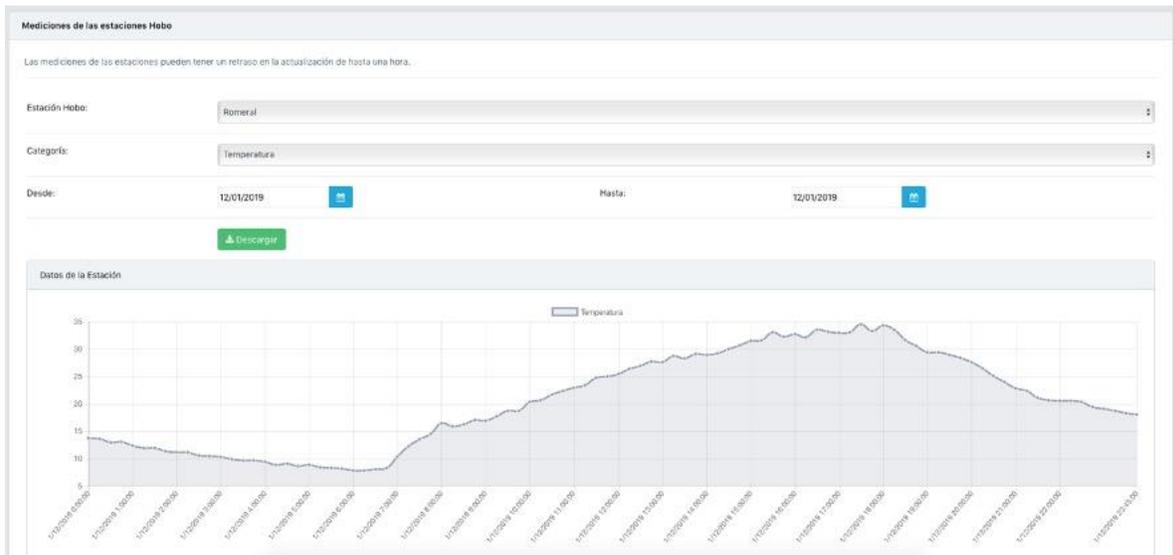


Ilustración 5 - Panel de visualización de las estaciones.

Toda la información meteorológica se encuentra más detallada en estilo de tabla como muestra la Ilustración 6, disponible para la descarga de los usuarios y realizar algún tipo de implementación o exportación a otros niveles de análisis.

Fecha	Presión	Precipitaciones	Temperatura	Humedad Relativa	Punto de Rocío	Radiación Solar	Dirección del Viento	Velocidad del Viento	Velocidad de Ráfaga	Batería
2019-11-02 00:00:00	996.4	0.0	8.37	98.90	1	355	0.0	0.0	4.334	8.21
2019-11-02 00:15:00	996.3	0.0	7.02	98.50	1	355	0.0	0.5	4.310	6.80
2019-11-02 00:30:00	996.1	0.0	7.29	99.00	1	355	0.0	0.0	4.319	7.15
2019-11-02 00:45:00	995.9	0.0	8.09	99.50	1	355	0.0	0.5	4.320	8.03
2019-11-02 01:00:00	995.7	0.0	7.59	99.80	1	355	0.0	0.0	4.319	
2019-11-02 01:15:00	995.5	0.0	7.95	99.80	1	355	0.0	0.5	4.302	
2019-11-02 01:30:00	995.5	0.0	7.84	99.80	1	355	0.0	0.0	4.311	
2019-11-02 01:45:00	995.3	0.0	7.52	100.00	1	355	0.0	0.0	4.314	
2019-11-02 02:00:00	995.0	0.0	7.44	99.90	1	355	0.0	0.5	4.310	7.44
2019-11-02 02:15:00	994.8	0.0	7.19	100.00	1	355	0.0	0.0	4.299	7.20

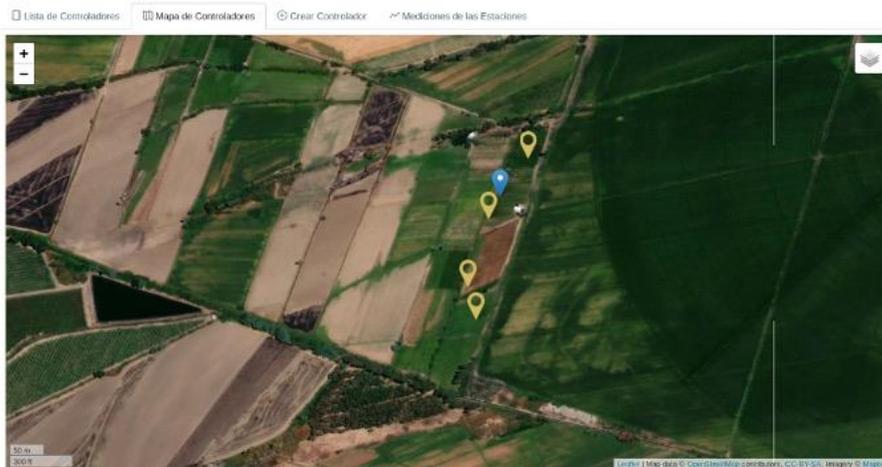
Ilustración 6 - Tabla con la información capturada de las estaciones.

## **B) Ejemplo Instalación de kits de Mini Estaciones de Monitoreo en Yervas Buenas**

Se instalaron 3 kits de mini-estaciones (4 en cada kit) en sector de Yervas Buenas en la Región del Maule. Dos conjuntos de estaciones se instalaron al oeste del canal Inela, en el sector de Orilla de Maule. Se muestran en la siguiente captura de pantalla del sistema.



El otro conjunto de estaciones se ubicó algunos kilómetros al este de este canal.



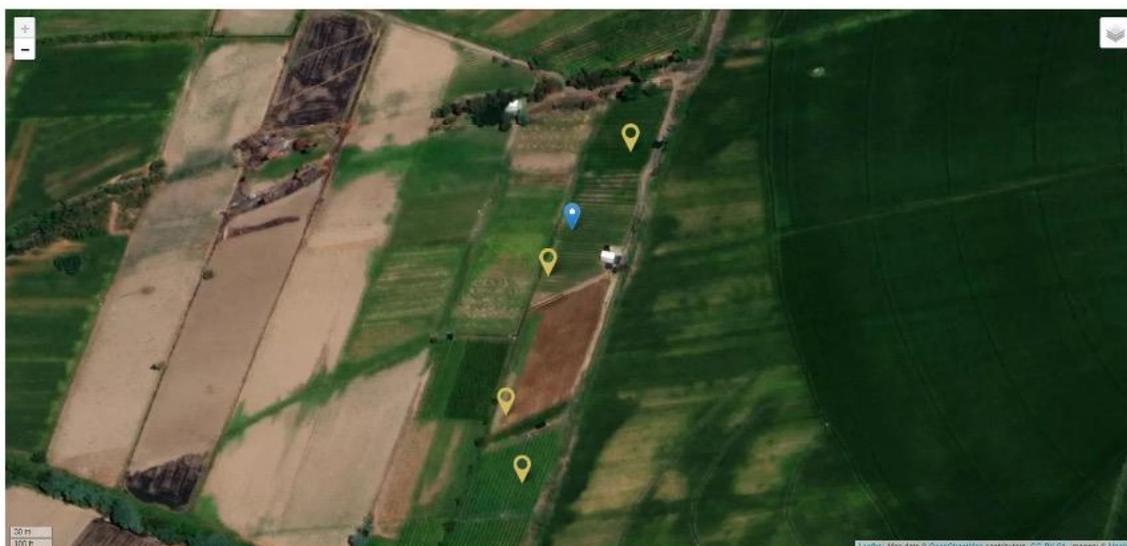
Algunas imágenes de las EMAs instaladas se muestran a continuación:



Las siguiente imagen muestra las distribución de las EMAs en uno de los sectores. Se puede apreciar los Coordinadores 1 y 2 (puntos azules) y cada uno de ellos con sus correspondientes EMAs (puntos amarillos).



La siguiente imagen muestra el Coordinador 3 y las EMAs en el segundo sector:



Las coordenadas de cada una de las EMAs se detallan a continuación:

Coordinador	EMA1	EMA2	EMA3	EMA4
1	Lat.: -35.620321 Lng.: -71.548195	Lat.: -35.621996 Lng.: -71.548577	Lat.: -35.621885 Lng.: -71.546762	Lat.: -35.621344 Lng.: -71.546618
2	Lat.: -35.621991 Lng.: -71.542112	Lat.: -35.621489 Lng.: -71.543446	Lat.: -35.620864 Lng.: -71.542955	Lat.: -35.622446 Lng.: -71.544544
3	Lat.: -35.631455 Lng.: -71.514461	Lat.: -35.632736 Lng.: -71.51466	Lat.: -35.632318 Lng.: -71.514785	Lat.: -35.630683 Lng.: -71.513836

### **C) Ejemplo estudio variabilidad climática – Sector Yervas Buenas**

Con el objetivo de generar modelos de predicción sectorizada se instalaron estaciones meteorológicas automáticas (EMAS), estas estaciones se encuentran instaladas en campos que pertenecen a las comunas de Colbún, Romeral y Yervas buenas. En el campo de yerbas buenas se instalaron 2 dispositivos llamados controladores que permiten gestionar los datos de las mediciones, cada uno de estos dispositivos tiene asociado 4 estaciones EMAS como se puede apreciar en la imagen 1.



*Imagen 1. Estaciones EMAS instaladas en el campo ubicado en la comuna de Yervas Buenas. Se puede observar en azul los dos controlados y en amarillo las estaciones EMAS*

Se estudio variabilidad climática en la comuna de Yervas buenas, donde se contemplaron las mediciones diarias de los meses de julio a septiembre de 2018. Para evaluar la variabilidad climática de estas 8 EMAS se compararon las mediciones diarias de temperatura de un día que no presento helada y también de un día con helada. Estas comparaciones se pueden observar en el grafico 1 y 2. También se realizaron comparaciones de mediciones específicas de temperatura, las que se pueden observar en la grafica 3. Además, se comparó un evento de helada bajo diferentes parámetros como la duración, intensidad, hora de inicio y termino de heladas, estas se encuentran en la tabla 1.



*Imagen 2. Comparación de mediciones diarias de las 8 EMAS localizadas en un campo de Yervas Buenas en un día sin helada. La grafica fue construida con las mediciones de temperatura capturada cada 15 minutos*

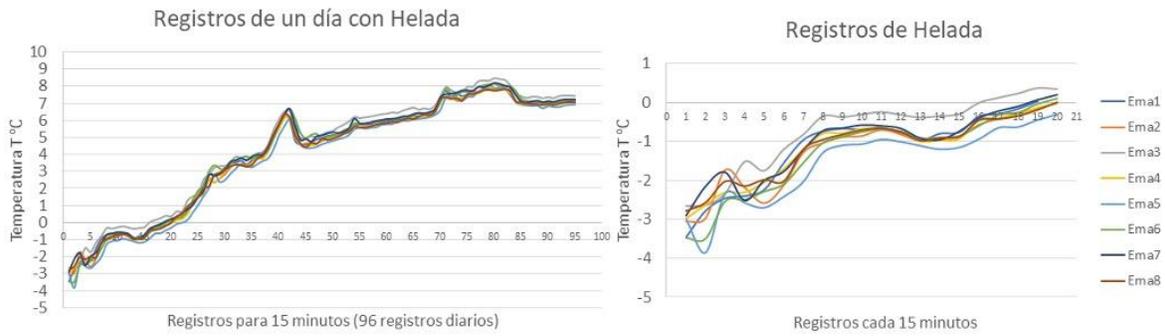


Imagen 3. Comparación de mediciones diarias de las 8 EMAS localizadas en un campo de Yervas Buenas en un día con helada. La grafica fue construida con las mediciones cada 15 minutos capturadas diariamente versus la temperatura registrada. En grafico de la izquierda se puede observar las mediciones captuara en el día y la derecha la grafica tiene las mediciones registradas durante el evento de helada.

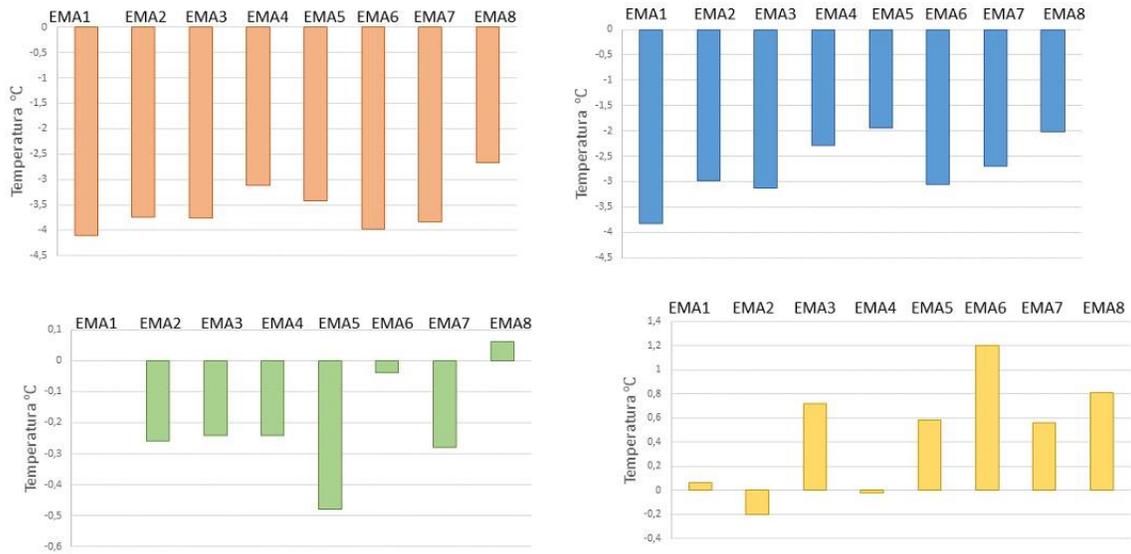


Ilustración 4. Gráficos comparativos de mediciones de Temperatura de las diferentes EMAS ubicadas en la comuna de Yervas Buenas. Cada uno de los gráficos representa una medición en una hora particular.

<b>Ema</b>	<b>Inicio</b>	<b>Termino</b>	<b>Duración</b>	<b>Intensidad</b>
Ema1	18:45	4:45	10	-2,92
Ema2	18:00	4:45	10 horas y 45 min	-3
Ema3	19:30	4:30	9 horas	-2,24
Ema4	19:15	5:00	9 horas y 45 min	-2,92
Ema5	19:00	5:30	10 horas y 30 min	-3,35
Ema6	18:45	4:15	9 horas y 30 min	-3,16
Ema7	19:30	5:00	9 horas y 30 min	-2,78
Ema8	19:00	4:45	9 horas y 45 minutos	-2,52

*Tabla1. Tabla comparativa de las diferentes EMAS ubicadas en la comuna de Yervas Buenas. Para cada EMA se registra la hora de inicio y termino de una helada, además de la duración y intensidad de la helada.*

## D) Ejemplo de monitoreo y modelo de datos para Mini Estaciones

Para almacenar los datos de las estaciones climáticas dispuestas para realizar el estudio de sectorización de los datos en el sector de Yerbas Buenas, se implementó una aplicación en la plataforma Node.js que almacena los datos en una base de datos MongoDB. Estas estaciones funcionan mediante grupos de estaciones conectadas a un nodo coordinador. Las estaciones generan los datos mediante sus sensores y los envían al nodo coordinador que se encarga de recolectar los datos medidos.

En la base de datos se creó un registro para las estaciones que representa al nodo coordinador y en un arreglo tiene las miniestaciones que coordina.

Nodo Coordinador	
ID	ObjectID
	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>name:</b> Nombre del nodo coordinador</li><li>• <b>location:</b> Objeto GeoJSON con la posición del coordinador</li><li>• <b>stations:</b> Arreglo con los subdocumentos para representar las estaciones asociadas al nodo coordinador</li></ul>

Las miniestaciones representadas por el nodo coordinador vienen descritas por el siguiente esquema.

Mini Estación	
ID	ObjectID
	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>name:</b> Nombre de la estación</li><li>• <b>location:</b> Objeto GeoJSON con la posición de la estación</li></ul>

Los datos almacenados en la base de datos provenientes de las mini estaciones se almacenan en una colección aparte. Los documentos de las mediciones vienen descritos por el siguiente esquema.

Mediciones de la Mini Estación	
ID	ObjectID
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>node</b>: ObjectID del nodo coordinador</li> <li>• <b>station</b>: ObjectID de la estación</li> <li>• <b>date</b>: Fecha de la medición</li> <li>• <b>temperature</b>: Medición de Temperatura</li> <li>• <b>humidity</b>: Medición de Humedad</li> <li>• <b>radiation</b>: Medición de la Radiación</li> </ul>

Para administrar estos datos, se crearon interfaces en la aplicación web para crear y visualizar las ubicaciones de las estaciones instaladas. También se crearon interfaces para cargar los datos de las mediciones y visualizarlos mediante gráficos. Se adjuntan capturas de dichos componentes.

Dos conjuntos de estaciones se instalaron al oeste del canal Inela, en el sector de Orilla de Maule. Se muestran en la siguiente captura de pantalla del sistema.





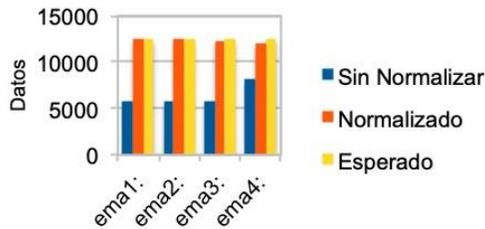
**Informe de Datos generados y monitoreados por estaciones mini-Emas en zona de estudio.**

COOR1	Desde	Hasta	Sin Normalizar	Normalizado	Esperado
ema1:	2018-05-24	2018-10-01	5872	12459	12480
ema2:	2018-05-24	2018-10-01	5714	12456	12480
ema3:	2018-05-24	2018-10-01	5823	12338	12480
ema4:	2018-05-23	2018-10-01	8182	11908	12576

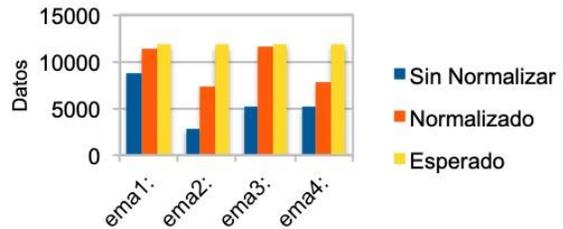
COOR2	Desde	Hasta	Sin Normalizar	Normalizado	Esperado
ema1:	2018-05-30	2018-10-01	8719	11308	11904
ema2:	2018-06-01	2018-10-01	2876	7386	11712
ema3:	2018-05-30	2018-10-01	5250	11556	11904
ema4:	2018-05-30	2018-10-01	5087	7712	11904

COOR3	Desde	Hasta	Sin Normalizar	Normalizado	Esperado
ema1:	2018-06-25	2018-10-01	5717	9269	9408
ema2:	2018-06-25	2018-10-01	3899	7584	9408
ema3:	2018-06-25	2018-10-01	6175	9400	9408
ema4:	2018-06-25	2018-10-01	5485	9064	9408

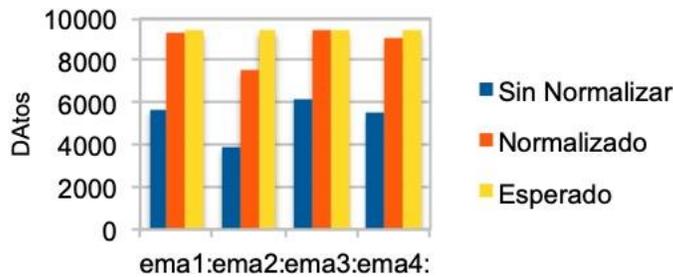
**Coordinador 1**



**Coordinador 2**



**Coordinador 3**

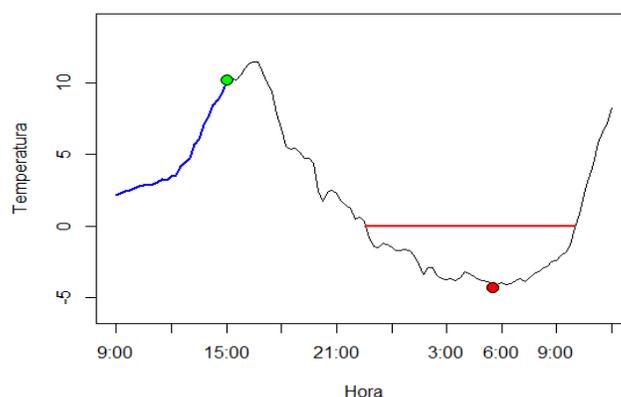


## Anexo-02: Informe de Modelos año 2017.

### 1.1. Primeros ensayos de modelos predictivos de eventos de heladas.

Se realizaron experimentos para modelar mediante aprendizaje supervisado los eventos de helada. Para esto, se utilizaron datos de humedad relativa, temperatura promedio, mínima y máxima, radiación solar, punto de rocío, velocidad y dirección del viento. Los datos corresponden a un periodo de 6 años (2010-2017) de acuerdo con la disponibilidad de información de cada una de las 6 EMAs evaluadas hasta la fecha.

Se consideró como ocurrencia de un evento de helada, cuando las temperaturas mínimas registradas en una determinada EMA alcanzan valores iguales o menores a los 0 °C.



**Ilustración 1.** Ejemplo de una helada ocurrida el día 4 de Julio de 2015, registrada en la EMA Panguilemo. La línea azul muestra los datos utilizados para el modelo, el punto verde (15.00 hrs) indica la hora en la que se entrega la alerta de helada. La línea roja muestra la duración del evento de helada, mientras que el punto en rojo muestra la intensidad de ésta.

Para entrar el modelo, se consideraron variables agroclimatológicas desde las 9:00 am del día anterior a la hora de inicio de una determinada helada, y se entregó una primera predicción de helada a las 15.00 hrs. Se trabajó en este momento para introducir una nueva predicción de la helada (a modo de confirmación) a las 18:00 hrs. En esta ocasión nos enfocamos en entregar resultados de las evaluaciones.

Esta caracterización se desarrolló para cada una de las EMAS evaluadas durante el período 2010-2015. A partir de estos datos se generaron dos conjuntos de datos para cada EMA, uno de eventos de heladas (clase 1) y otro de “no heladas” (clase 2).

Para cada evento, se calcularon los distintos atributos o variables asociadas a cada evento de Helada y No-Helada. Estos corresponden a los cuales corresponden a promedios por hora de humedad relativa, temperatura mínima y máxima, radiación solar, punto de rocío, velocidad y dirección del viento.

Se utilizó el proceso de SMOTE1, que es un algoritmo utilizado para aumentar la sensibilidad de un clasificador a la clase minoritaria. Esto debido a un notable impacto de desbalance de clases

asociado a que el número de eventos de heladas es significativamente inferior al número de eventos de no-heladas producidos históricamente en los períodos de otoño-invierno en nuestro país.

A partir del set de datos anteriormente descrito, se probaron diversos algoritmos de clasificación. A partir de los resultados de performance obtenidos por cada modelo de clasificación se realizó una comparación de los resultados para encontrar el algoritmo que nos entrega una mejor performance en la tarea estudiada, en este caso se utilizó el método RandomForest, con las siguientes características: Número de árboles óptimo 50, valores por defecto en implementación en paquete de R utilizando la librería RandomForest.

*Random Forest es un algoritmo de aprendizaje basado en árboles de decisión, este método se utilizó para predecir ocurrencia de fenómenos o sucesos de heladas puntuales, es decir, si en un determinado día ocurrirá o no una helada.*

### **Evaluación de los modelos**

Para realizar las distintas evaluaciones de los modelos, se obtuvieron tasas de desempeño que ayudan a determinar qué tan bien desarrollo la tarea cada modelo.

Se determinó usar la metodología de validación cruzada, esta consiste en dividir el set de datos de entrenamiento en n subconjuntos, conservando las proporciones de cada clase en el set de entrenamiento para cada uno de los subconjuntos, luego se utilizan n-1 subconjuntos para entrenar el modelo y se evalúa este modelo en el subconjunto que quedó sin uso (subconjunto n); este proceso se realiza n veces, con la finalidad de evaluar todos los ejemplos del set de entrenamiento. A partir de esta metodología se logran obtener datos fidedignos acerca del desempeño del modelo, ya que los datos de entrenamiento son distintos a los de testeo.

De los resultados de validación cruzada se obtuvieron diversas medidas de desempeño tales como:

Eficiencia global (**EG**) del modelo, que corresponde a tasa de éxito general de la predicción.

Tasa de Heladas No Detectadas (**HND**), que corresponde a porcentaje o tasa de eventos de heladas que no fueron detectadas por el modelo.

Tasa de falsas alertas (**FA**), que corresponde a porcentaje o tasa de eventos de no-heladas incorrectamente predichas.

De esta forma con estos indicadores nos podemos hacer una idea del funcionamiento general del modelo entrenado y optimizado en cada EMA estudiada. Y al mismo tiempo tener una indicación clara de los errores obtenidos en cada una de las clases definidas (helada y no-helada). Los resultados obtenidos de esta evaluación son los siguientes:

<b>Estaciones</b>	<b>EG</b>	<b>HND</b>	<b>FA</b>
<b>Panguilemo</b>	94.3%	3.45%	2.01%
<b>Aresti</b>	91,5%	4,31%	3,87%
<b>Lapostolle-Apalta</b>	92,1%	4,08%	3,21%
<b>Ventisquero-Patacón</b>	88,9%	5,32%	4,09%
<b>Casa Silvia</b>	91.8%	4,2	3,47%
<b>El Aromo</b>	87,5%	5,84%	4,24%

**Tabla1.** Desempeño de modelos predictivos de eventos de heladas en diferentes estaciones climáticas. Los indicadores son Eficiencia global (**EG**), Tasa de Heladas No Detectadas (**HND**) y Tasa de falsas alertas (**FA**).

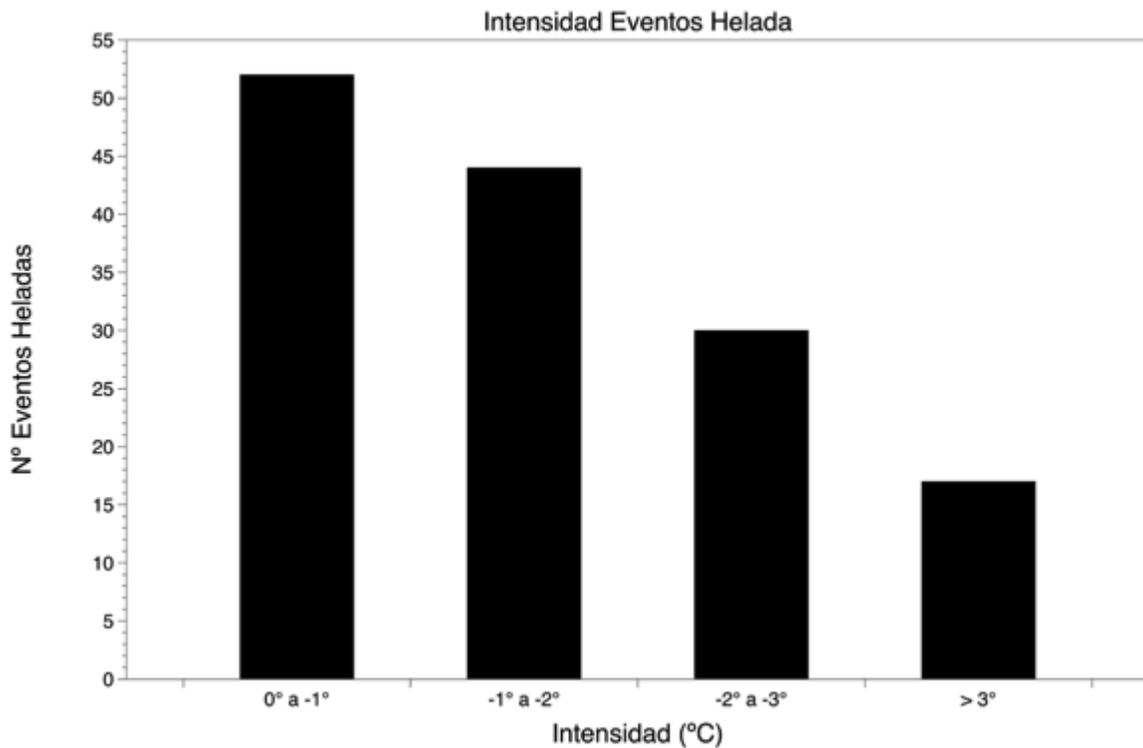
Mes	Eventos 2010	Eventos 2011	Eventos 2012	Eventos 2013	Eventos 2014	Eventos 2015	Total
Enero	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	1	0	1
Mayo	0	2	1	5	2	3	13
Junio	3	7	5	9	4	6	34
Julio	14	11	9	7	4	5	50
Agosto	9	8	5	10	2	2	36
Septiembre	2	1	0	5	0	1	9
Octubre	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0		0	0	0
Total	28	29	20	36	13	17	143

**Tabla1.** En la tabla antes mostrada, se observa que los dos últimos años, la cantidad de eventos de heladas ha disminuido considerablemente, además se puede concluir que los eventos de helada ocurren entre los meses de mayo y agosto principalmente.

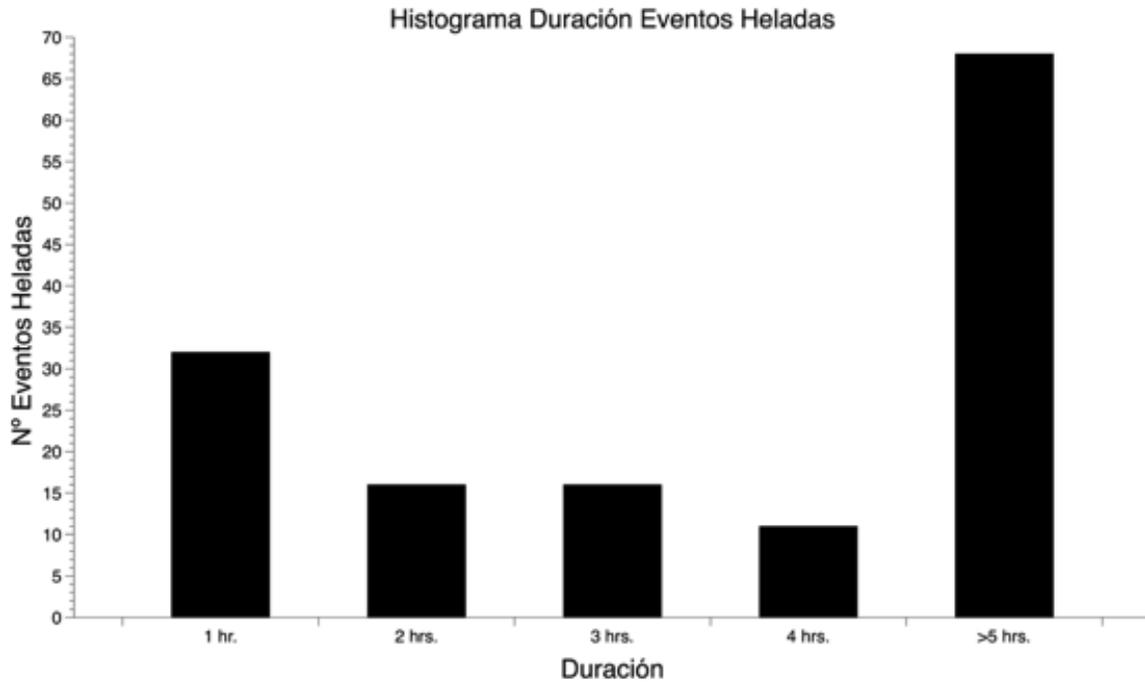
## 1.2 Primeros ensayos para creación de modelos predictivos de intensidad y duración de una helada.

Se busco caracterizar los eventos de heladas con la finalidad de interpretar el comportamiento de la intensidad y duración de la helada. Para esto, se contemplo la información climática durante los años 2010-2015 para la estación automática meteorológica de Panguilemo.

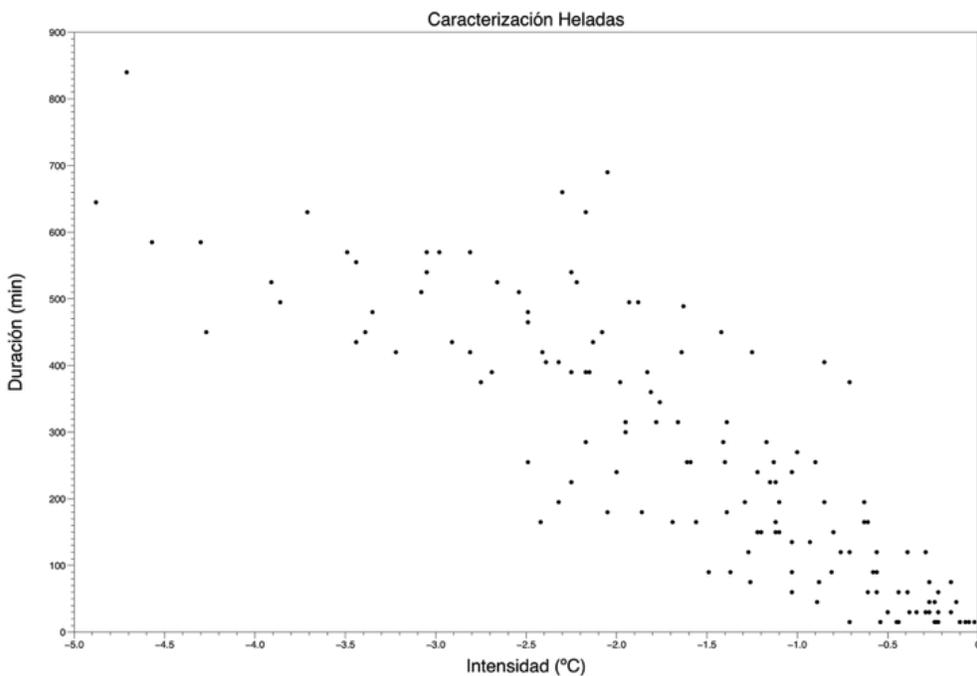
En la estación antes mencionada se encontraron 143 eventos de helada, considerando que las heladas son eventos con temperatura menor o igual a 0°. Los resultados de esta caracterización se pueden apreciar en las siguientes imágenes:



**Figura 2.** La distribución en cuanto a intensidad de las heladas muestra que más del 65% de las heladas se encuentra en intensidad de 0° a 2°, como se muestra en el siguiente histograma.



**Figura2.** Distribución de duración de las heladas, se puede observar que alrededor del 50% de las heladas tiene una duración mayor a 5 horas, como se puede observar a continuación.



**Figura3.** Gráfico de correlación de intensidad y duración de una helada. Se puede apreciar que existe una cierta co-relación negativa entre la intensidad y duración de las heladas registradas en esta estación. Esto resulta interesante debido a que es posible encontrar una cierta relación entre

estas variables que favorece los resultados obtenidos en las siguientes etapas de modelamiento predictivo de estos eventos.

## Anexo-03 Modelamiento de Intensidad y Duración de heladas (2017-2018)

### 2.1 Duración de la una helada

Para predecir el comportamiento de la duración de una helada se utilizaron 132 eventos de heladas registrados por la estación de Lontué. Se utilizaron diferentes algoritmos de clasificación para poder predecir si la duración de una helada es de corta duración o de larga duración, las dos clases o categorías contempladas se explican a continuación:

**Clase A:** la duración de una helada es igual o menor a 2 horas (Heladas de baja duración)

**Clase B:** la duración de una helada es mayor a 2 horas (Heladas de larga duración)

Los resultados de los diferentes algoritmos de clasificación demuestran dificultades para clasificar o separar las clases contempladas para este análisis. El parámetro de eficiencia para evaluar los diferentes algoritmos de clasificación no supero el 70 % debido principalmente a un alto número de errores para la clase A y B. (Ver Tabla1)

Algoritmo de clasificación	Eficiencia	Aciertos clase A	Error clase A	Aciertos para la clase B	Error clase B
Naive Bayes	62 %	29	25	53	25
Random Forest	67 %	35	19	54	24
Máquina de vectores de soporte	60 %	24	30	56	22
Vecinos cercanos	57 %	26	28	50	28

**Tabla1.** Desempeño de los diferentes algoritmos de clasificación para modelos de duración de una helada, donde se puede observar parámetros como la eficiencia, aciertos y errores observados para las dos clases.

### 2.3 Intensidad de una helada

Para predecir el comportamiento de la intensidad de una helada se utilizaron 38 eventos de heladas registrados por la estación de San Javier. Se utilizaron diferentes algoritmos de clasificación para predecir si la intensidad de una helada es de baja intensidad o de alta intensidad, las dos clases o categorías contempladas se explican a continuación:

**Clase A:** la intensidad de una helada es mayor o igual  $-0.5^{\circ}\text{C}$  (Heladas de baja intensidad)

**Clase B:** la intensidad de una helada es menor a  $-0.6$  (Heladas de alta intensidad)

Los resultados de los diferentes algoritmos de clasificación demuestran dificultades para clasificar o separar las clases contempladas para este análisis. El parámetro de eficiencia para evaluar los diferentes algoritmos de clasificación no supero el 60 % debido principalmente a un alto número de errores para la clase A y B. (Ver Tabla2)

Algoritmo de clasificación	Eficiencia	Aciertos clase A	Error clase A	Aciertos para la clase B	Error clase B
Naive Bayes	52 %	5	15	3	15
Random Forest	50 %	11	9	10	8
Máquina de vectores de soporte	60 %	9	11	14	4
Vecinos cercanos	55 %	10	10	11	7

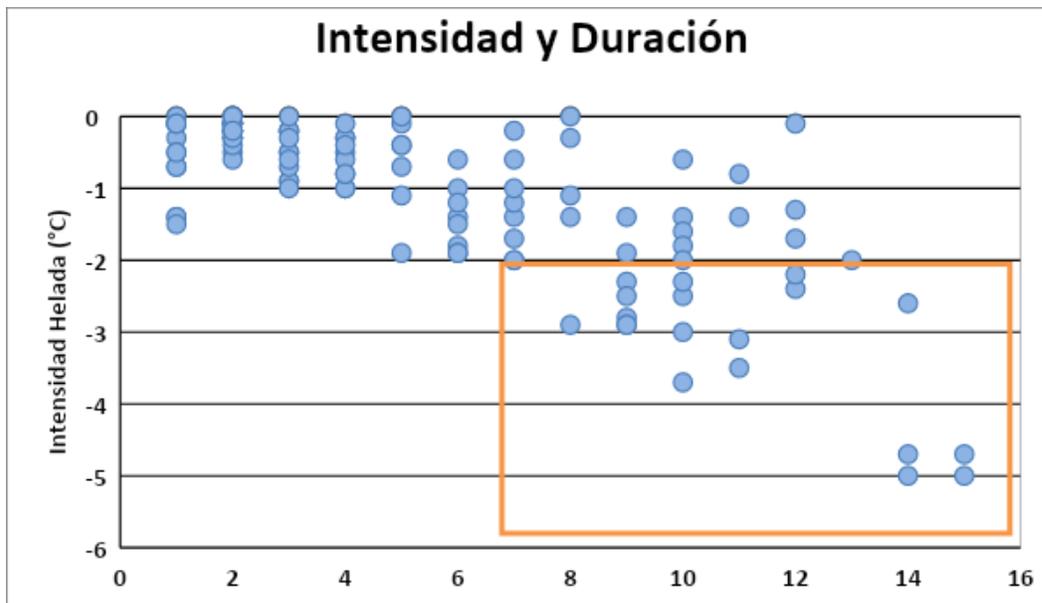
**Tabla2.** Desempeño de los diferentes algoritmos de clasificación para modelos de intensidad de una helada, donde se puede observar parámetros como la eficiencia, aciertos y errores observados para las dos clases.

### 2.3 Intensidad y duración de la helada

Para mejorar los resultados de predicción de la duración e intensidad de una helada se trataron estas dos variables de manera conjunta, con el objetivo de predecir eventos de heladas con larga duración y alta intensidad. Para esto se utilizaron 114 eventos de heladas registrados en la estación de San Javier, las cuales pueden pertenecer a dos clases o categorías que son explicadas a continuación:

**Clase A:** heladas con duración mayor o igual 7 horas y una intensidad menor o igual a -2 grados. (Heladas de larga duración y alta intensidad)

**Clase B:** heladas con duración menor a 7 horas y una intensidad mayor a -2 grados (Heladas de corta duración y baja intensidad)



**Figura 1.** Comportamiento de intensidad y duración juntas. Se en el recuadro naranja heladas de larga duración y alta intensidad.

Los resultados de los diferentes algoritmos de clasificación muestran un buen desempeño al clasificar o separar las heladas con una larga duración y alta intensidad. Destaca el desempeño de

Random Forest el cual obtuvo un desempeño de un 95 % y con bajo errores y altos aciertos (Ver Tabla 3 ).

Algoritmo de clasificación	Eficiencia	Aciertos clase A	Error clase A	Aciertos para la clase B	Error clase B
Naive Bayes	73 %	19	4	65	26
Random Forest	95 %	18	5	90	1
Máquina de vectores de soporte	88 %	13	10	87	4
Vecinos cercanos	85 %	16	7	82	9

**Tabla3.** Desempeño de los diferentes algoritmos de clasificación para modelos de predicción de heladas de larga duración y alta intensidad, donde se puede observar parámetros como la eficiencia, aciertos y errores observados para las dos clases.

Se utilizó la misma metodología para evaluar heladas de larga duración y alta intensidad para 108 eventos de heladas en la localidad de Lontué. Los resultados fueron positivos al igual que en el ensayo anterior, también destaca el algoritmo Random Forest con una eficiencia de 95 % y baja cantidad de errores.

Algoritmo de clasificación	Eficiencia	Aciertos clase A	Error clase A	Aciertos para la clase B	Error clase B
Naive Bayes	63%	19	3	50	36
Random Forest	95 %	19	3	84	2
Máquina de vectores de soporte	88 %	12	10	84	2
Vecinos cercanos	87 %	16	6	78	8

**Tabla4.** Desempeño de los diferentes algoritmos de clasificación, donde se puede observar parámetros como la eficiencia, aciertos y errores observados para las dos clases.

## 2.4 Predicción de intensidad y duración de heladas multiclase

Se propuso una nueva estrategia de clasificación para la intensidad y duración de una helada, la cual considera 3 diferentes umbrales para la clasificación. Los datos evaluados pertenecen varias zonas de la Región del Maule. El procesamiento y construcción de modelos se realizó con scripts desarrollados en el lenguaje de programación R, donde se utilizó el algoritmo Random Forest, destacado anteriormente por su desempeño para la tarea de predicción de intensidad y duración de una helada.

### 2.4.1. Intensidad de una helada

Para modelar la intensidad de una helada se propuso tres diferentes clases o umbrales de heladas, donde cada una considera diferentes niveles de intensidad de una helada, las clases evaluadas son:

**Clase A:** intensidad de una helada esta entre 0 a  $-0,5$  °C

**Clase B:** intensidad de una helada esta entre  $-0,6$  a  $-2$  °C

**Clase C:** intensidad de una helada es mayor a  $-2$  °C

El resultado del modelo propuesto para intensidad de una helada nos permite observar un desbalance de clase, producido principalmente por una menor cantidad de eventos de heladas en la clase C (ver Tabla 5 ). Para solucionar este problema se realizó una interpolación de los datos de la clase C, con la finalidad de aumentar los ejemplos en la clase minoritaria y disminuir el sesgo por las clases mayoritaria. Los resultados de la interpolación aumentaron la eficiencia del modelo de intensidad y disminuyeron los errores en la clase minoritaria (ver Tabla 6).

Clase	Cantidad de eventos de heladas caracterizadas por clase	Aciertos por clase	Error por clase	Eficiencia global del modelo
Clase A	44	40	4	77,5
Clase B	45	35	10	
Clase C	18	10	8	

**Tabla5.** Desempeño del modelo multiclase de intensidad de una helada, se puede apreciar la cantidad de eventos de heladas caracterizada por clase, aciertos para cada una de las clases, error para cada una de clases y la eficiencia global del modelo.

Clase	Cantidad de eventos de heladas caracterizadas por clase	Aciertos por clase	Error por clase	Eficiencia global del modelo
Clase A	37	36	1	92,8
Clase B	35	28	7	
Clase C	54	53	1	

**Tabla6.** Desempeño del modelo multiclase interpolado de intensidad de una helada, se puede apreciar la cantidad de eventos de heladas caracterizada por clase, aciertos para cada una de las clases, error para cada una de clases y la eficiencia global del modelo.

### 2.4.2 Duración de heladas

Para modelar la duración de una helada se propuso tres diferentes clases o umbrales de heladas, donde cada una considera diferentes niveles de duración de una helada, las clases evaluadas son:

**Clase A:** eventos de heladas con duración entre 1 a 2 horas

**Clase B:** eventos de heladas con duración entre 3 a 5 horas

**Clase C:** eventos de heladas con duración mayor a 5 horas

El resultado del modelo multiclase propuesto para duración de una helada no entregó el resultado deseado, esto se puede apreciar al mirar los errores en la predicción en cada clase (ver Tabla 7). Para entregar una predicción más robusta de duración de una helada se propuso considerar dos clases descritas a continuación:

**Clase A:** eventos de heladas con duración entre 1 a 3 horas

**Clase B:** eventos de heladas con duración mayor a 3 horas

Los resultados para el modelo de dos clases fueron positivos, ya que disminuyen los errores y aumentan los aciertos para las dos clases consideradas en la duración de una helada.

Clase	Cantidad de eventos de heladas caracterizadas por clase	Aciertos por clase	Error por clase	Eficiencia global del modelo
Clase A	33	18	15	56,1%
Clase B	28	9	19	
Clase C	46	33	13	

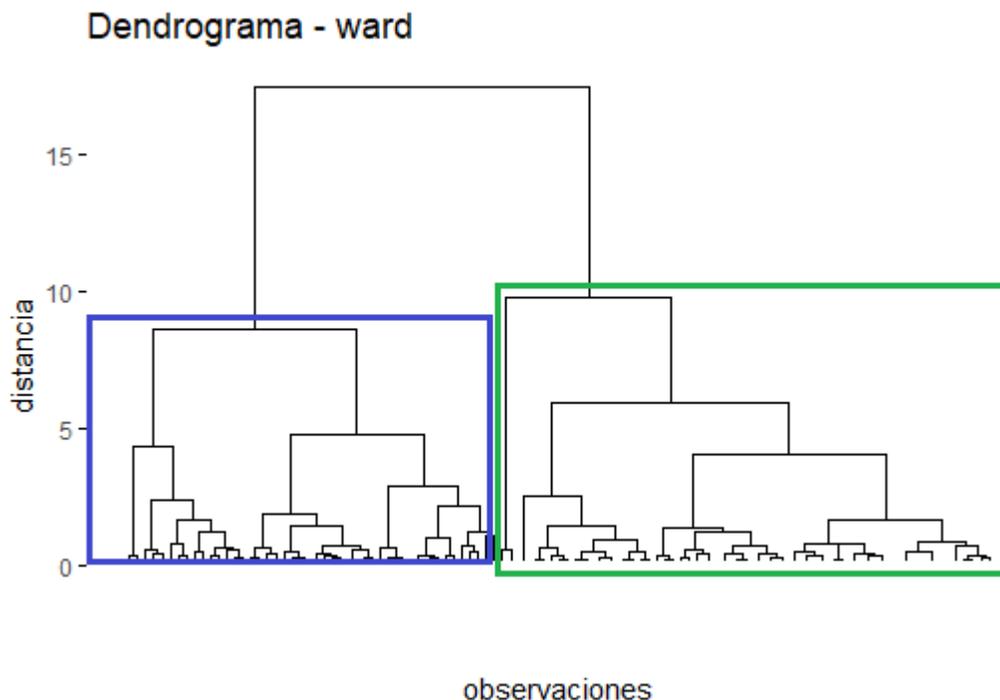
**Tabla 7.** Desempeño del modelo multiclase de duración de una helada, se puede apreciar la cantidad de eventos de heladas caracterizada por clase, aciertos para cada una de las clases, error para cada una de las clases y la eficiencia global del modelo.

Clase	Cantidad de eventos de heladas caracterizadas por clase	Aciertos por clase	Error por clase	Eficiencia global del modelo
Clase A	45	36	9	73,3
Clase B	62	43	19	

**Tabla 8.** Desempeño del modelo de dos clases para duración de una helada, se puede apreciar la cantidad de eventos de heladas caracterizada por clase, aciertos para cada una de las clases, error para cada una de las clases y la eficiencia global del modelo.

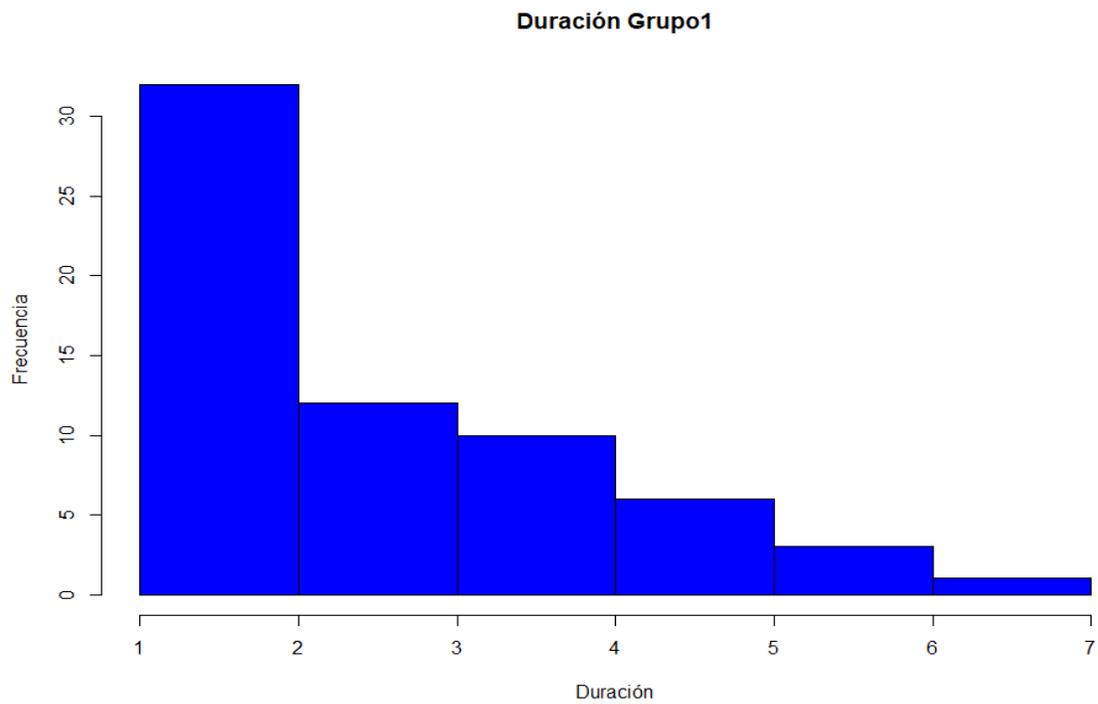
## 2.5 Modelos Intensidad y duración de una helada

Para encontrar los modelos de predicción más robustos para predecir eventos de heladas con su intensidad, duración y hora se realizó una caracterización de 132 eventos de heladas registradas en la estación de Lontué. Se utilizaron métodos de clustering jerárquico para identificar grupos de heladas donde cada uno de estos grupos tendrá un comportamiento similar en relación con su intensidad, duración y hora de inicio de una helada. Los resultados son presentados a continuación:

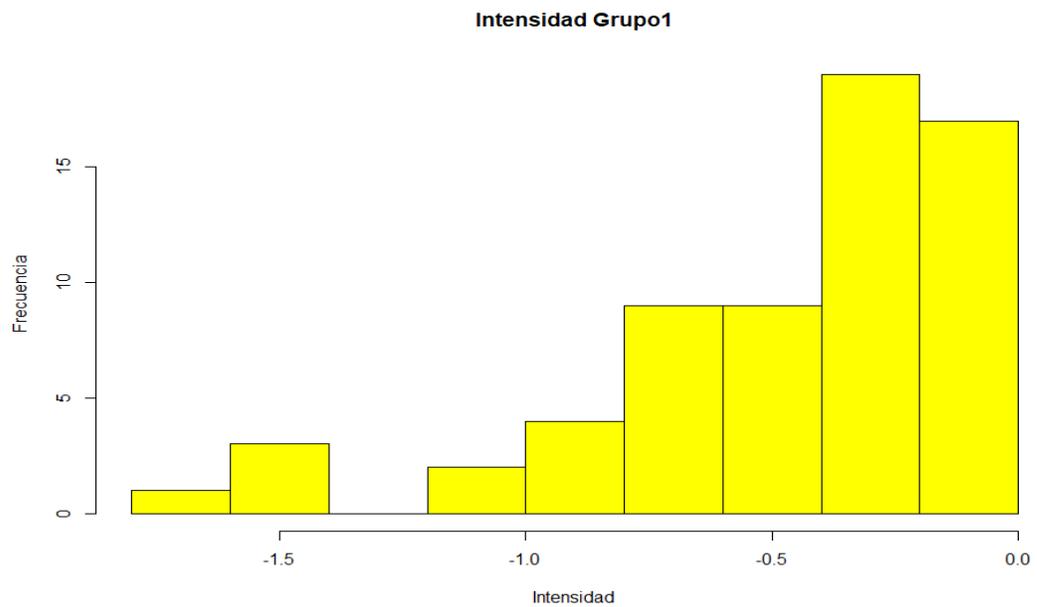


**Figura1.** Clustering jerárquico para eventos de heladas. Se encontraron dos grupos de heladas que diferentes características de intensidad y duración de la heladas.

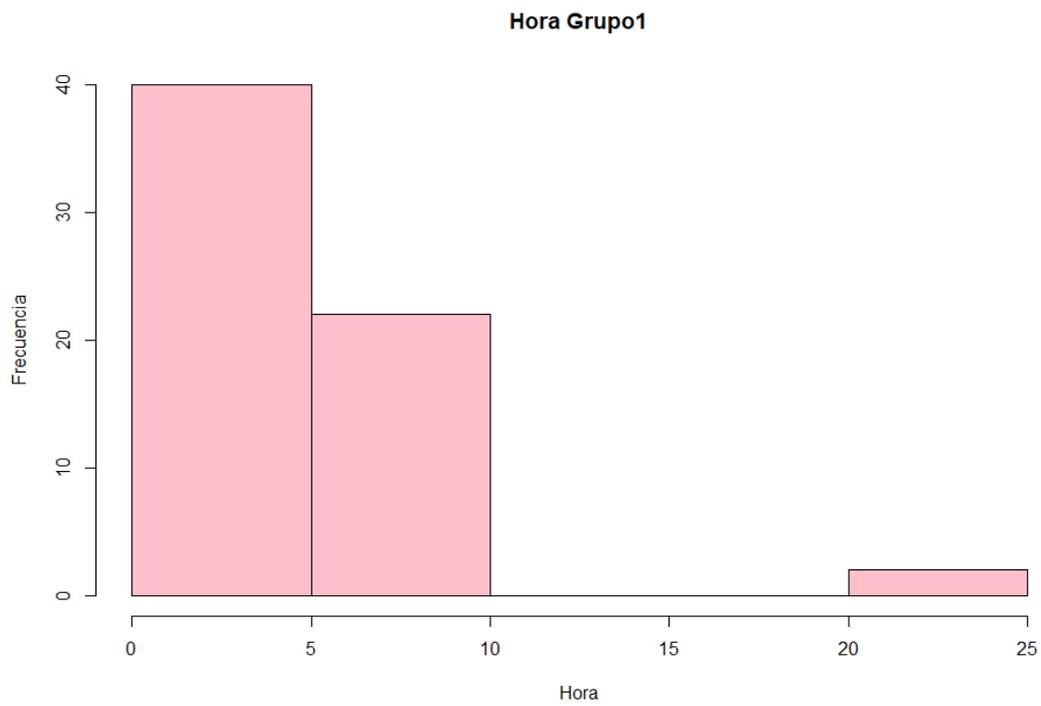
Los grupos de eventos de heladas fueron caracterizados mediante la intensidad, duración y hora de inicio de una helada, para conocer el comportamiento de las variables de cada grupo se realizaron diferentes gráficos para conocer su comportamiento. Los resultados se dan a conocer a continuación:



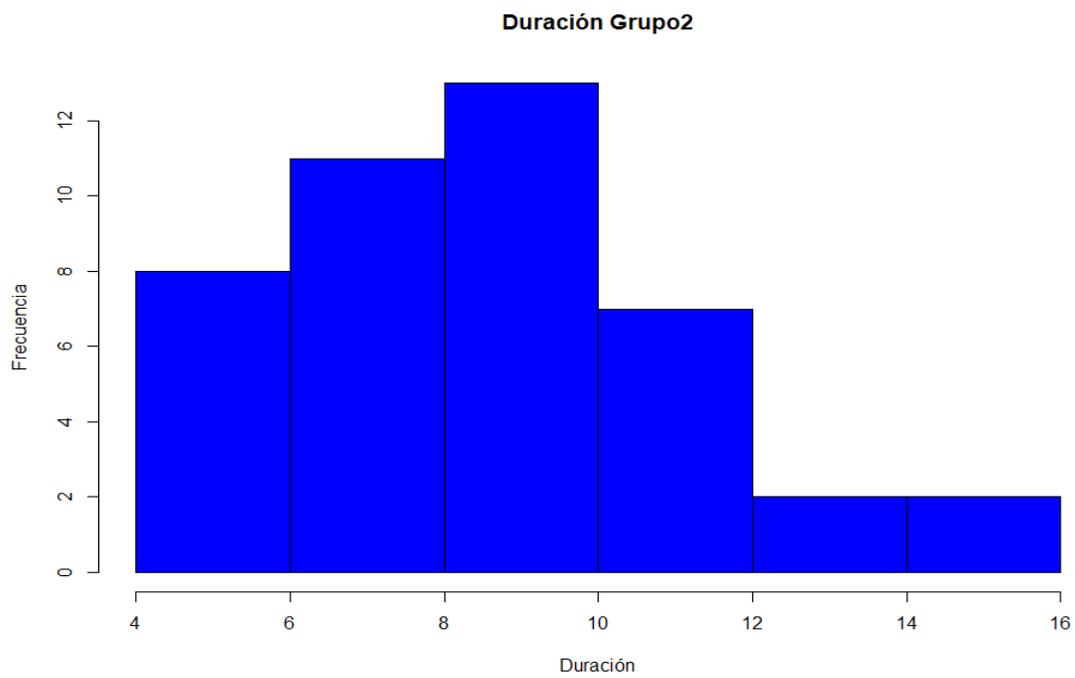
**Figura1.** Distribución de duración de un evento de helada, para el grupo 1.



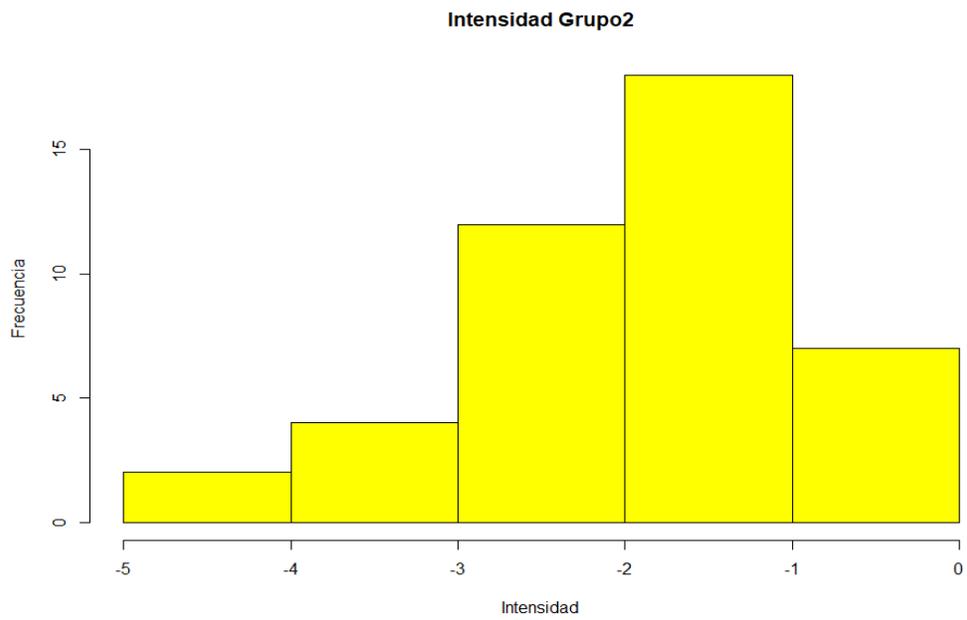
**Figura 2.** Distribución de intensidad de un evento helada, para el grupo 1.



**Figura 3.** Distribución de hora de un evento helada, para el grupo 1.



**Figura 4.** Distribución de duración de un evento de helada, para el grupo 2.



**Figura 4.** Distribución de intensidad de un evento de helada, para el grupo 2.



**Figura 4.** Distribución de hora de un evento de helada, para el grupo 2.

## 2.5.2 Resultados de modelos

Los resultados de clustering y caracterización de los datos de intensidad, duración y inicio de una helada permitieron conocer el comportamiento de los eventos de heladas. Donde por ejemplo las heladas con mayor duración tienen una temperatura que puede llegar bajo los  $-5\text{ C}$  y suelen ocurrir en la madrugada. A partir de estos resultados buscamos predecir diferentes niveles para cada uno de los parámetros registrados en un evento de helada, de esta manera buscamos en mejor modelo para cada uno de los parámetros a modelar. Los resultados son dados a conocer a continuación.

### Resultados de modelos de intensidad

Se consideraron tres niveles de temperatura de clasificar la intensidad de una helada. Estos niveles son descritos a continuación:

**Nivel 1:** Son heladas donde la intensidad tiene una temperatura entre los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y los  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Nivel 2:** Son heladas donde la intensidad tiene una temperatura entre los  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y los  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Nivel 3:** Son heladas donde la intensidad tiene una temperatura mayor a  $-2$

Nivel	Eficiencia	Cantidad	Aciertos	Errores
Nivel 1	92,85 %	37	36	1
Nivel 2		35	28	7
Nivel 3		54	53	1

### Resultados de modelos de duración

Se consideraron dos niveles de duración de heladas, donde la duración hace referencia a las horas donde la temperatura se mantiene bajo los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los niveles son descritos a continuación:

Nivel 1: Son heladas donde la cantidad de horas con temperatura bajo los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  no supera las tres horas.

Nivel 2: Son heladas donde la cantidad de horas con temperatura bajo los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  supera las 3 horas.

Nivel	Eficiencia	Cantidad	Aciertos	Errores
Nivel 1	73,0 %	45	36	9
Nivel 2		62	49	19

### Resultados de modelo de Hora de una helada

Se consideraron dos niveles de hora donde se registra la primera temperatura bajo  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los niveles son descritos a continuación:

Nivel 1: Son heladas que iniciaron entre las 0:00 am hasta las 4:00 am de la madrugada

Nivel 2: Son helada que iniciaron con una hora mayor a los 5:00 am de la madrugada

Nivel	Eficiencia	Cantidad	Aciertos	Errores
Nivel 1	88,83 %	128	125	3
Nivel 2		96	74	22

## Anexo-04: Modelamiento sectorizado de heladas. (2018-2019)

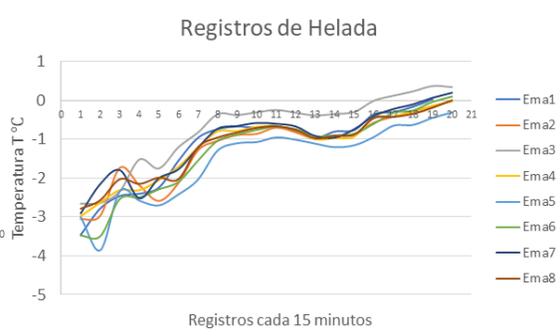
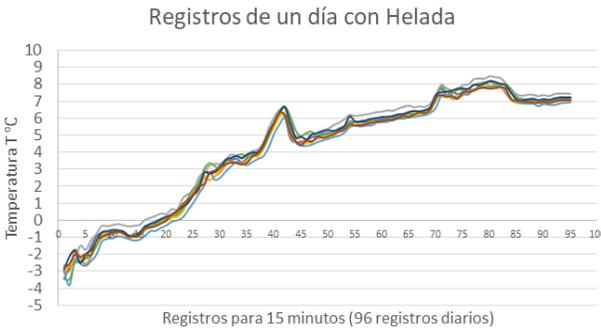
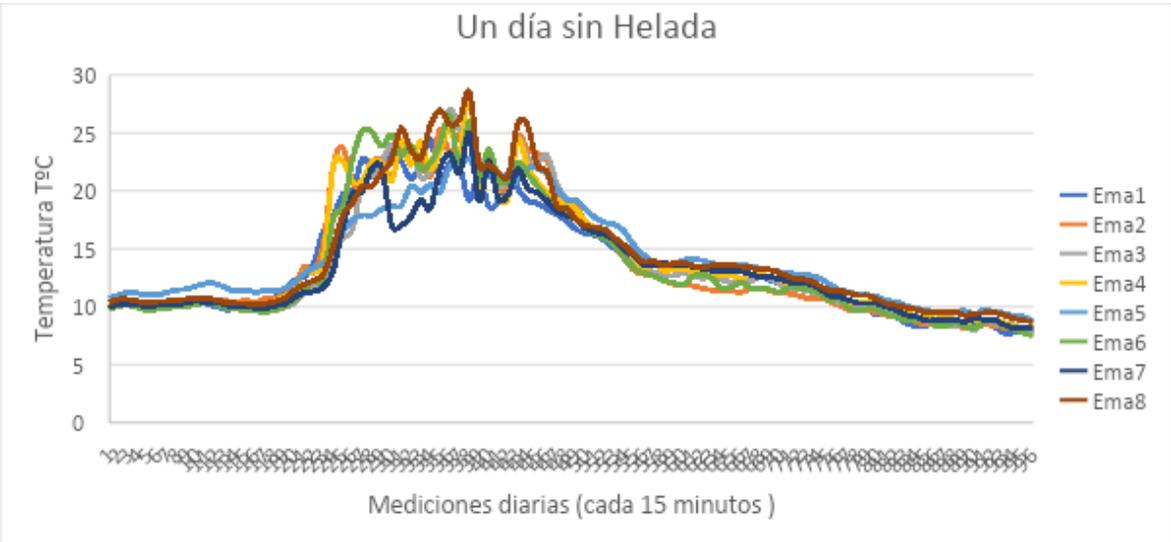
### 3.1 Variabilidad climática, sector de Yervas Buenas

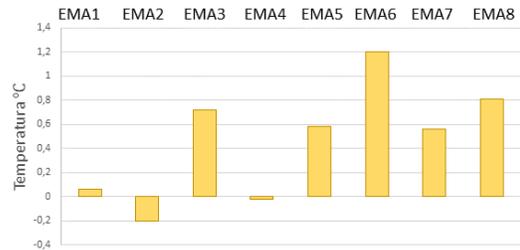
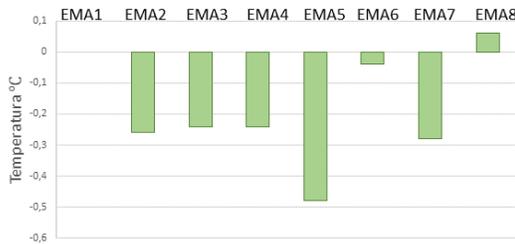
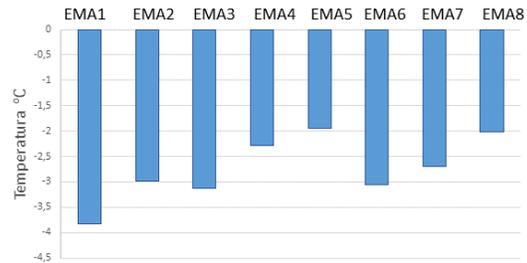
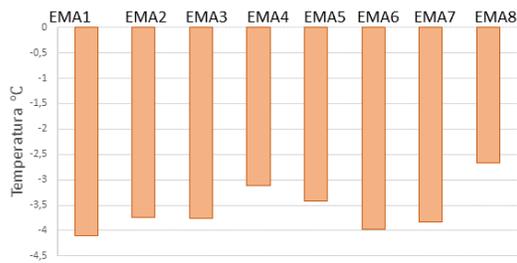
Con el objetivo de generar modelos de predicción sectorizada se instalaron estaciones meteorológicas automáticas (EMAS), estas estaciones se encuentran instaladas en campos que pertenecen a las comunas de Colbún, Romeral y Yervas buenas. En el campo de yervas buenas se instalaron 2 dispositivos llamados controladores que permiten gestionar los datos de las mediciones, cada uno de estos dispositivos tiene asociado 4 estaciones EMAS como se puede apreciar en la imagen 1.



*Imagen 1. Estaciones EMAS instaladas en el campo ubicado en la comuna de Yervas Buenas. Se puede observar en azul los dos controlados y en amarillo las estaciones EMAS*

Se estudio variabilidad climática en la comuna de Yervas buenas, donde se contemplaron las mediciones diarias de los meses de julio a septiembre de 2018. Para evaluar la variabilidad climática de estas 8 EMAS se compararon las mediciones diarias de temperatura de un día que no presento helada y también de un día con helada. Estas comparaciones se pueden observar en el grafico 1 y 2. También se realizaron comparaciones de mediciones específicas de temperatura, están se pueden observar en la gráfica 3. Además, se comparó un evento de helada bajo diferentes parámetros como la duración, intensidad, hora de inicio y termino de la helada, estas se encuentran en la tabla 1.





Emas	Inicio	Termino	Duración	Intensidad
Ema1	18:45	4:45	10	-2,92
Ema2	18:00	4:45	10 horas y 45 min	-3
Ema3	19:30	4:30	9 horas	-2,24
Ema4	19:15	5:00	9 horas y 45 min	-2,92
Ema5	19:00	5:30	10 horas y 30 min	-3,35
Ema6	18:45	4:15	9 horas y 30 min	-3,16
Ema7	19:30	5:00	9 horas y 30 min	-2,78
Ema8	19:00	4:45	9 horas y 45 minutos	-2,52

Tabla1. Tabla comparativa de las diferentes EMAS ubicadas en la comuna de Yerbas Buenas. Para cada EMA se registra la hora de inicio y termino de una helada, además de la duración y intensidad de la helada.

### 3.1 Descripción y apoyo en implementaciones de métodos de interpolación espacial.

#### 3.1.1 Implementación de métodos de interpolación espacial.

Se han implementado y evaluado los métodos de interpolación espacial más utilizados en agricultura (Kriging, Co-Kriging e IDW). Se puede definir la interpolación espacial como la obtención de nuevos puntos para representar datos espacialmente continuos de una región de interés, a través de un proceso de estimación o predicción de valores espaciales de puntos entre los puntos evaluados (Güler, & Kara, 2014). Estos métodos de interpolación espacial de geo- estadística tienen como principio, el cambio de forma continua de las

variables en el espacio, donde los puntos próximos tienden a tener valores más similares que los que están más alejados (Bustamante, 2003).

En la agricultura se han utilizado distintos métodos de interpolación como IDW (de la sigla en inglés: Ponderación por Distancias Inversas) y Kriging en la predicción variables de interés. (Robinson & Metternicht, 2006; Karydas, Gitas, Koutsogiannaki, & Lydakissimantiris, 2009).

A continuación, se presenta la formula general de interpolación espacial valida tanto para IDW y Kriging:

$$Z_j = \sum_{i=1}^n K_{ij} * Z_i$$

**Ecuación 1:** corresponde a la fórmula general de interpolación espacial. Esta fórmula se baso en la suma ponderada de una cantidad de n puntos Z ! de la muestra de datos experimentales. Cada punto Z! es multiplicado por un K!" que es su valor de ponderación o peso. A partir de esta ecuación se obtiene el punto Z! que se desea estimar.

### **IDW (Ponderación por Distancias Inversas)**

El método IDW, ponderación por distancias inversas (de su sigla en inglés). Es un método que se basa en una función de ponderación del conjunto de puntos de muestra. La distancia de los puntos de muestra al punto que se quiere interpolar influye inversamente proporcional. Es decir a una mayor distancia ocurre una disminución del *peso* o importancia de la ponderación de los puntos de muestra. Este método se basa en la fórmula de la **Ecuación 1**. Para la implementación de IDW se ha utilizado la función *idw()* del paquete *gstat* de R.

### **Kriging**

El método Kriging es un método de interpolación geo-estadístico, es decir, se basa en la dirección y sentido de los puntos de muestra (correlaciones). Este método de interpolación también se basa en la **Ecuación 1**, pero las ponderaciones de los puntos de muestra de método Kriging, o sea, el valor del peso y se calcula en base a la correlación de los datos evaluados.

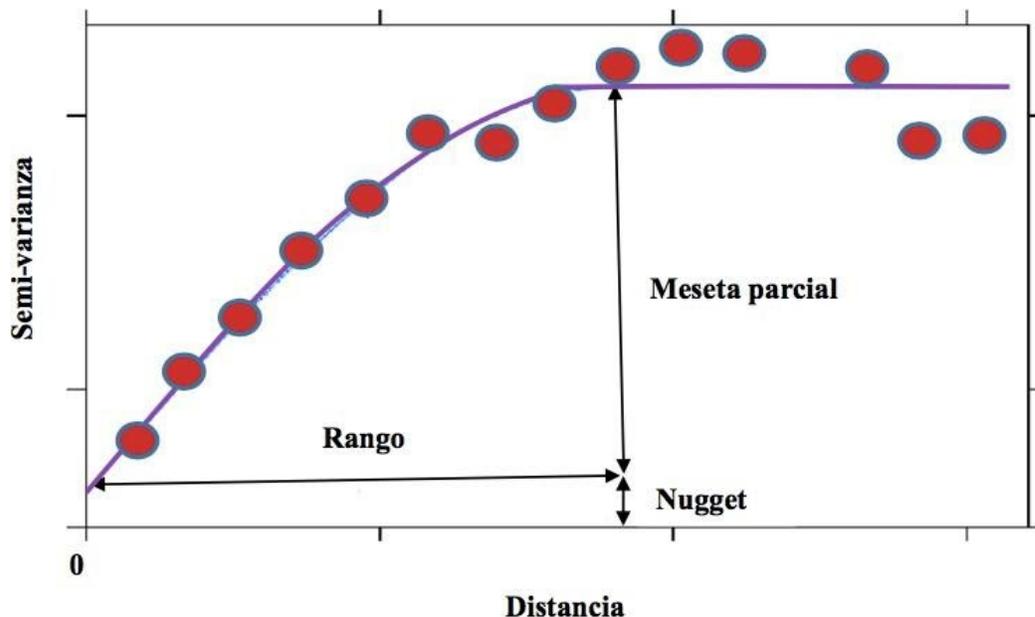
Para utilizar Kriging es necesario realizar las siguientes tareas:

- . 1) Descubrir las correlaciones.
- . 2) Realizar las predicciones.

### **3.1.2 Descubrir correlaciones**

Para descubrir correlaciones se debe construir un semi-variogramas (gráficos que relacionan la semi-varianza y la distancia).

Un gráfico ejemplo de semi-variograma se presenta a continuación en la Figura 1:



**Figura 1:** Gráfico ejemplo de semi-variograma empírico. Este gráfico de semi-variograma presenta la semi-varianza en el eje Y, y la distancia en el eje X. Los semi-variogramas se pueden describir normalmente mediante las siguientes características: rango, nugget y meseta parcial. Rango: es la distancia donde la gráfica se comienza a aplanarse. Nugget: es donde la gráfica del semivariograma se hace 0. Meseta parcial: el valor en el eje y (semi-varianza) en el cual la gráfica del semi-variograma alcanza el rango se denomina meseta, la meseta parcial es la meseta menos el nugget.

Luego de tener el semi-variograma, este se debe ajustar a una función matemática. Estas funciones matemáticas pueden ser: circular, esférica, exponencial, gaussiana o lineal.

Para calcular el semi-variograma experimental de forma automática los valores de rango, nugget, meseta parcial y de la función matemática que describe el semi-variograma se han dejado por defecto.

Los siguientes son los valores por defecto de estos parámetros que describen al semi-variograma:

- Rango: la distancia entre los puntos dividido por la constante 4.
- Nugget: 0 por defecto.

### Semi-varianza

- Meseta parcial: igual a la varianza de los datos, en este caso igual a la varianza de las temperaturas foliares.
- Función matemática: El modelo de semi-variograma se ha descrito a través de la función exponencial. Para calcular el semi-variograma experimental de los datos se utilizó la función *variogram()* del paquete *gstat*. Para generar un modelo general que describe un semi-variograma se usó la función *vgm()* de *gstat*. Esta recibió los parámetros de: rango, nugget, meseta parcial y función o modelo matemático que describe el semi-

variograma. Finalmente del resultado de *variogram()* y *vgm()* se ajustaron los valores del rango y la meseta parcial para construir el semi-variograma experimental final que se utilizó para hacer las interpolaciones con Kriging. Para esto se ocupó la función *fit.semivariogram()* de *gstat*. Para realizar las predicciones de temperaturas foliares con Kriging se ha usado la función *krige()* de *gstat*.

Splines:

El método de los splines ajusta funciones polinómicas en las que las variables independientes son X e Y. Es similar a una interpolación global mediante regresión, pero ahora esta interpolación se lleva a cabo localmente. En general producen resultados muy buenos con la ventaja de poder modificar una serie de parámetros en función del tipo de distribución espacial de la variable.

La técnica de *splines* consiste en el ajuste local de ecuaciones polinómicas en las que las variables independientes son X e Y. La forma de la superficie final va a depender de un parámetro de tensión que hace que el comportamiento de la superficie interpolada tienda a asemejarse a una membrana más o menos tensa o aflojada que pasa por los puntos de observación.

### **3.1.3 Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para la generación de modelos.**

Los métodos de Interpolación se dividen en dos tipos fundamentales:

Métodos globales: que utilizan toda la muestra para estimar el valor en cada nuevo punto.

Métodos Locales: utilizan solo los puntos de muestreo más cercanos.

Métodos globales: asumen la dependencia de la variable a interpolar de otras variables de apoyo. Pueden darse dos situaciones en función del tipo de variables de apoyo que se utilice.

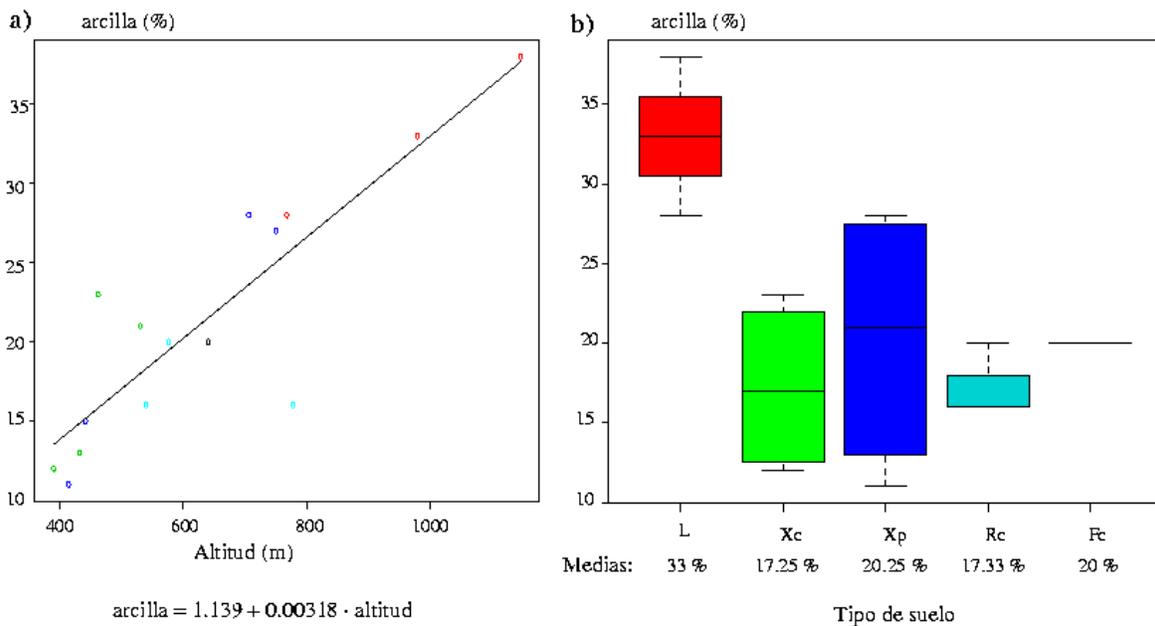
Métodos de clasificación: La variables de apoyo es cualitativa (uso de suelo, tipos de suelo o roca, etc ). En este caso se asume que la variable adopta en cada punto el valor medio correspondiente al valor de la variable de apoyo en ese punto. Por ejemplo, si se trata de interpolar el contenido en arcilla de los suelos, puede utilizar el tipo de suelo como variable de apoyo y asignar a cada suelo su contenido medio de arcilla. Estos métodos se basan en una serie de premisas que no se cumplen necesariamente.

- a. Las variaciones de Z dentro de las diferentes clases de V son aleatorias y no autocorrelacionadas espacialmente.
- b. Z esta normalmente distribuida en cada clase y su media varianza es la misma en todas las manchas de una misma clase.
- c. Los cambios en las variables Z en las fronteras entre clases se producen de forma brusca.

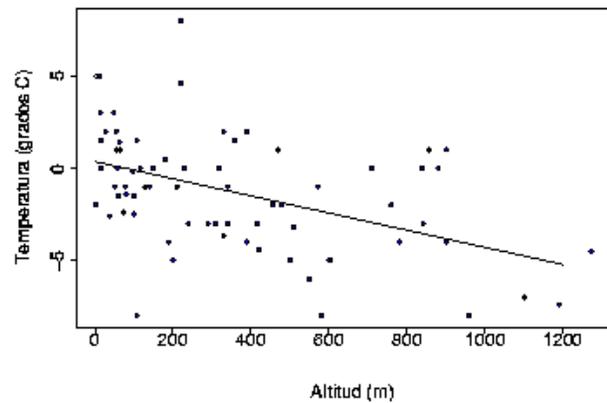
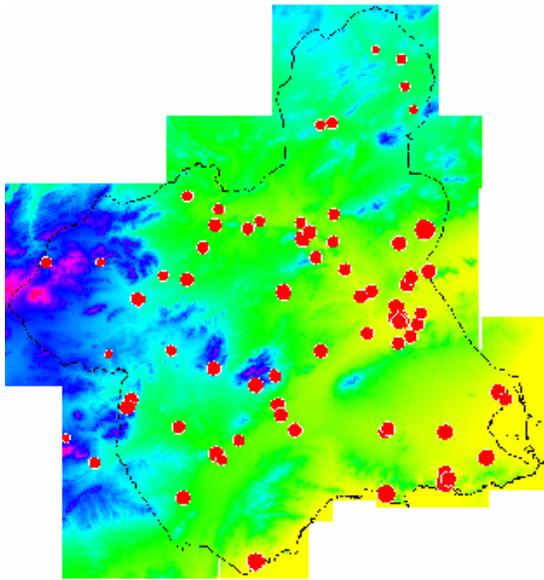
El resultado es equivalente a una reclasificación que produce un mapa en el que los diferentes valores de V se transforman en valore de Z.

## Métodos de Regresión

Requieren un análisis de regresión previo a partir el cual se genera un modelo de interpolación del tipo polinómico. Generalmente se utilizan X y Y (Longitud y latitud) como variables de apoyo ya que no necesitan de ninguna medición, y también alguna variables cuantitativa V espacialmente distribuida un ejemplo habitual es la altitud, y otras variables topográficas derivadas. No resulta recomendable utilizar polinómicos de grado mayor que 3 ya que, a pesar de un ajuste cada vez mejor, se hacen cada vez más sensibles a los valores extremos con lo que cualquier error en los datos podría generar distorsiones importantes en el resultado final.



Modelos de regresión y clasificación del contenido de arcilla



### **Interpolación por regresión de la temperatura respecto a la altitud**

En ambos casos (clasificación y regresión) se requiere un análisis estadístico previo para determinar que los datos se ajustan al modelo estadístico implicado. En el caso de la clasificación que las medias de las diferentes clases son significativamente diferentes y que las desviaciones típicas dentro de las clases son pequeñas. En el caso de la regresión es significativamente elevado. El problema de los métodos globales es que solo consiguen modelizar una componente a escala global de la estructura de variación, pero no las componentes a escala más detallada, por lo tanto, se utilizan para filtrar esa componente global y eliminarla de los valores medidos para posteriormente estimar tan solo la componente local mediante métodos locales.

### **Métodos locales basados en medias ponderadas.**

Los métodos locales se basan en la utilización de los puntos más cercanos al punto de interpolación para estimar la variable Z en este caso. El conjunto de puntos más cercano se llama conjunto de interpolación. Asumen autocorrelación espacial y estiman los valores de Z como una media ponderada de los valores de un conjunto de puntos de muestreo cercanos. Exigen tomar una serie de decisiones:

1.- Decidir qué puntos cercanos van a formar parte del conjunto de interpolación en función de los siguientes criterios.

Aquellos cuya distancia al punto de interpolación sea inferior a un valor umbral  $r$

Los  $n$  puntos más cercanos al punto de interpolación.

El semivariograma nos permite determinar un valor de distancia de forma objetiva, lógicamente el valor umbral no debe superar el valor del alcance de este.

2.- Cual será el método de interpolación

La solución más simple es asignar el valor del punto más cercano (método del vecino más próximo)

Media de los valores de los puntos incluidos en el conjunto de interpolación.

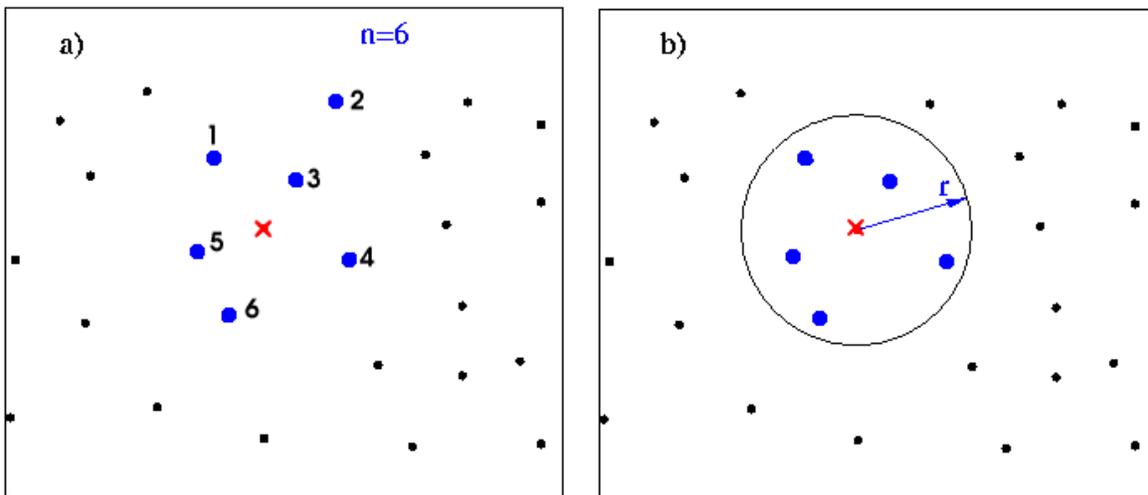
Sin embargo, es lógico pensar que cuanto más apartado estén dos puntos más diferentes serán sus valores de Z. Para tener una cuenta este hecho se utilizan medias ponderadas utilizado como factor de ponderación el inverso de la distancia elevado a algún exponente K (generalmente  $k = 2$ )

Por ejemplo, suponiendo que los valores de distancia ( $d_i$ ) al punto de interpolación (representado por una x en una figura) y de precipitación ( $Z_i$ ) medidos en los puntos de conjunto de interpolación seleccionado en la figura.

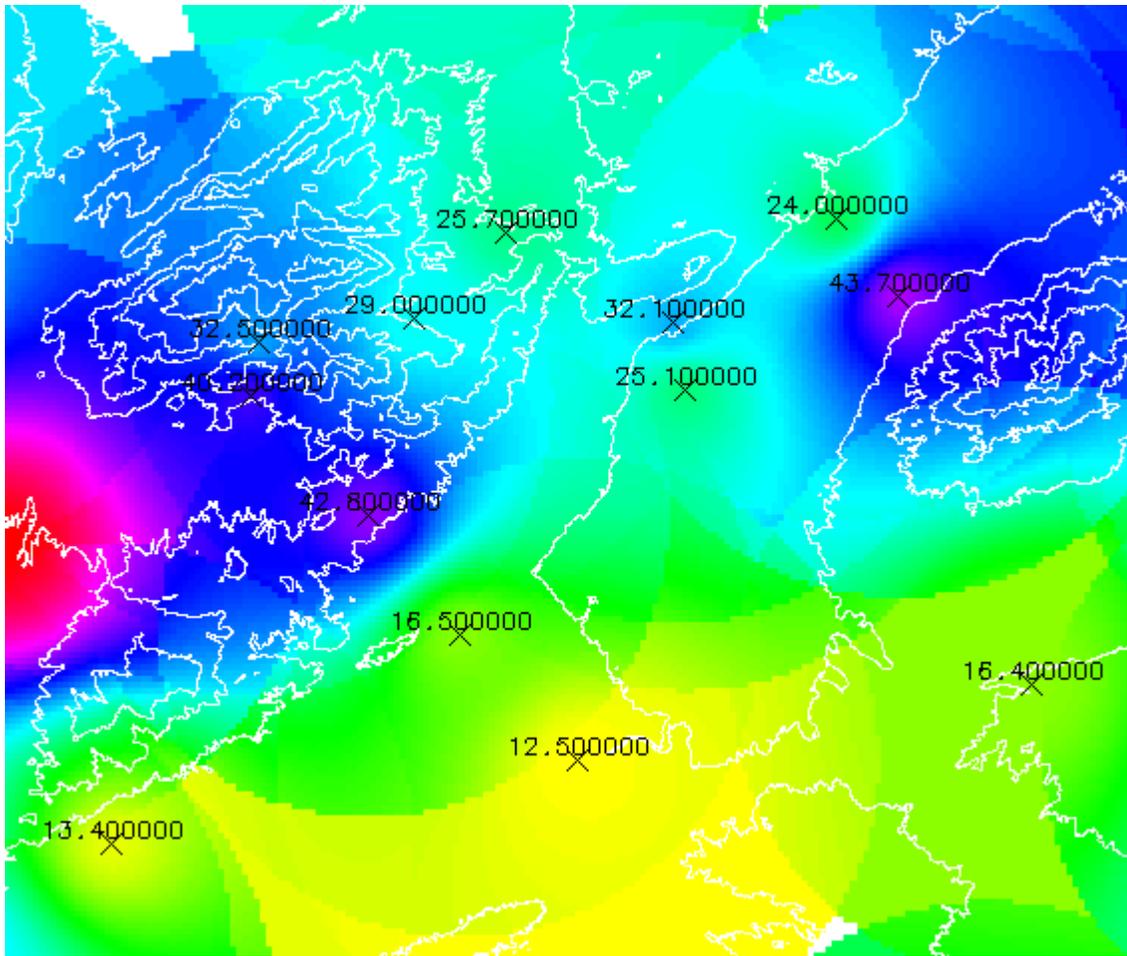
Vecino más próximo  $Z = 45$

Media  $Z = 39.3$

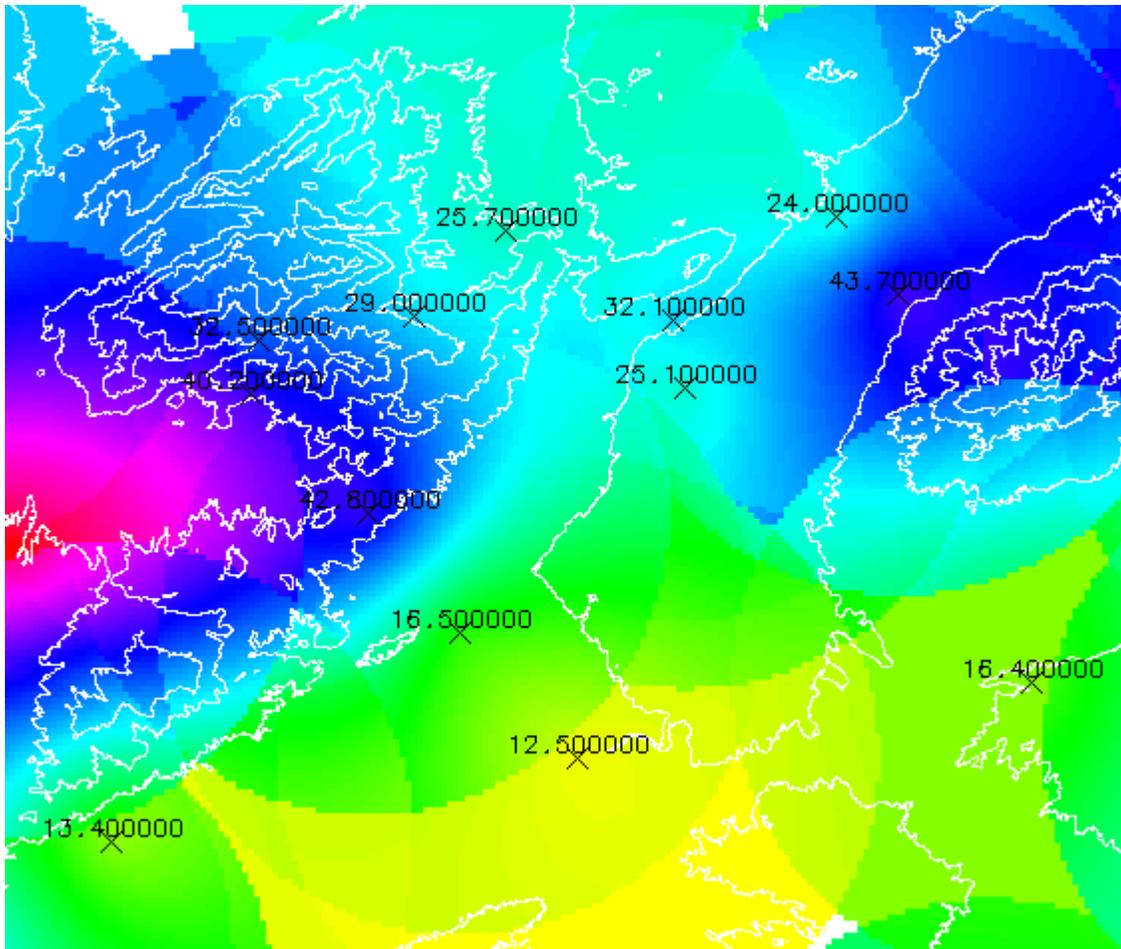
Media ponderada por inverso de la distancia: ( $k=2$ ):  $W_1 = 0.13$ ,  $W_2 = 0.044$ ,  $W_3 = 0.317$ ,  $W_4 = 0.114$ ,  $W_5 = 0.273$ ,  $W_6 = 0.121$ ,  $Z = 42.3$



Criterios para obtener un conjunto de puntos de interpolación



Interpolación por media ponderada por el inverso de la distancia.

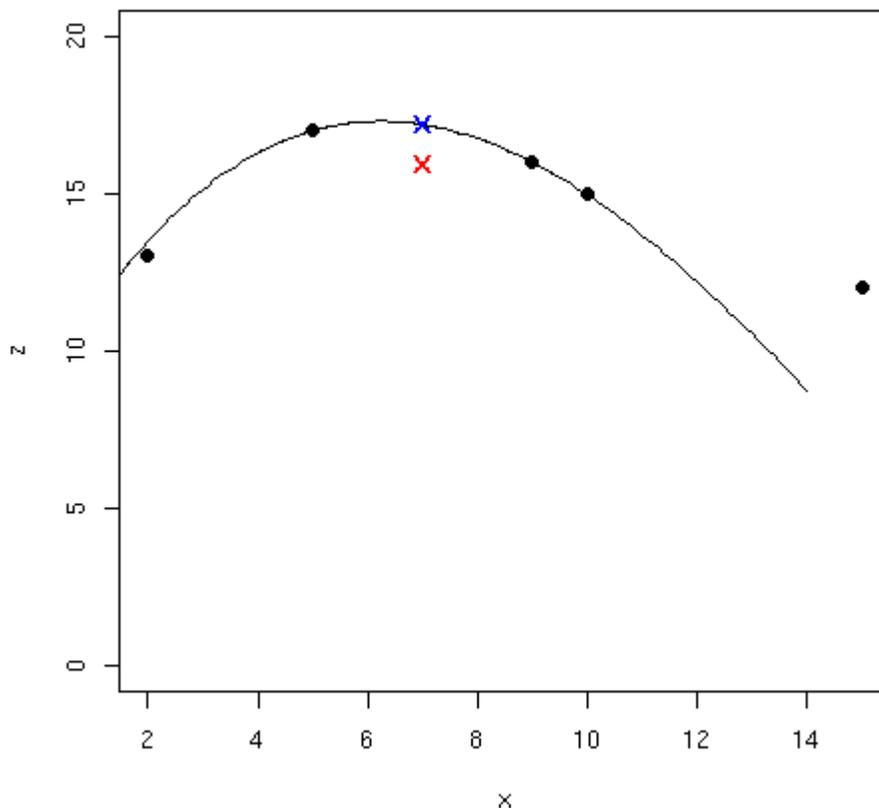


### Interpolación por Kriggeado

Utilización del Kriggeando método desarrollado en el marco de la teoría geoestadística y que utiliza toda la información procedente del semivariograma para obtener unos factores de ponderación optimizados. Se trata de un método muy extendido, pero es bastante complejo matemáticamente y muy exigente en cuanto a la calidad de la muestra de puntos y las mediciones realizadas de la variable que se interpola. Si esta no es adecuada son preferibles los modelos de las medias ponderadas que son lo más utilizados tradicionalmente debido a la sencillez de un manejo y a su robustez. Además hay que tener en cuenta que normalmente a función semivariograma se calcula globalmente, sin que se hayan hecho demasiados estudios sobre una variación espacial, y asumiendo que la variable es estacionaria (La media y la varianza con constantes en el espacio). Los programas de SIG suelen disponer de herramientas para su utilización o bien de modos de integrar programas específicos de geoestadísticas.

Uno de los problemas más importantes de los métodos basados en medias ponderadas es que, como su propio nombre indica, interpolan basándose en el valor medio de un conjunto de puntos situados en las proximidades, por tanto, nunca se van a obtener valores mayores o menores que los de los puntos utilizados para hacer la interpolación. En consecuencia, no

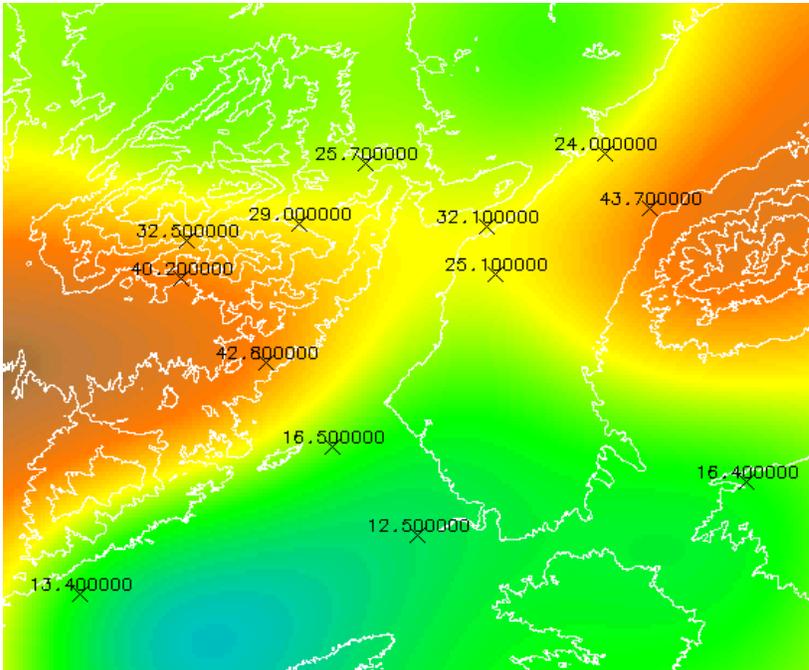
se van a interpolar correctamente máximos o mínimos locales y además los puntos de muestreo aparecen en el mapa final como máximos y mínimos locales erróneos. En la figura se muestra un ejemplo en una sola dimensión tratando de interpolar el valor de Z en el punto de coordenada  $X = 7$ , como puede verse el método de media ponderada por inverso de la distancia genera un valor poco razonable en torno a 15 (la X roja) dada la tendencia observada en los puntos.



Comparación de resultado con medias ponderadas y con splines.

### Interpolación local por splines

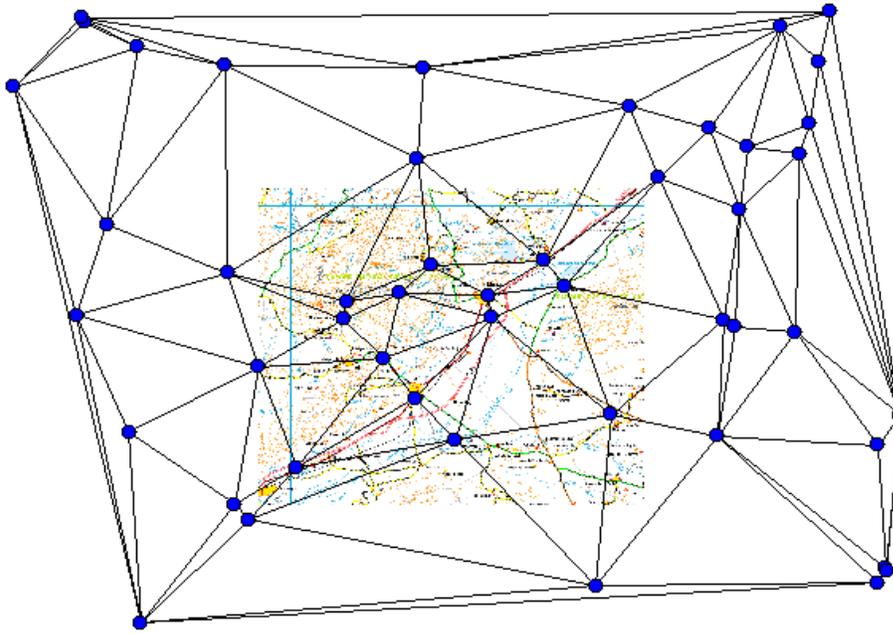
La ventaja fundamental del método de *splines* respecto a los basados en medias ponderadas es que, con estos últimos, los valores interpolados nunca pueden ser ni mayores ni menores que los valores de los puntos utilizados para interpolar. Por tanto, resulta imposible interpolar correctamente máximos y mínimos. En la figura podemos ver como el método de splines genera en este caso una estimación mucho mejor, el valor de la curva a su paso por  $X=7$ , al menos visualmente, que da un valor en torno a 18.



Interpolación de splines

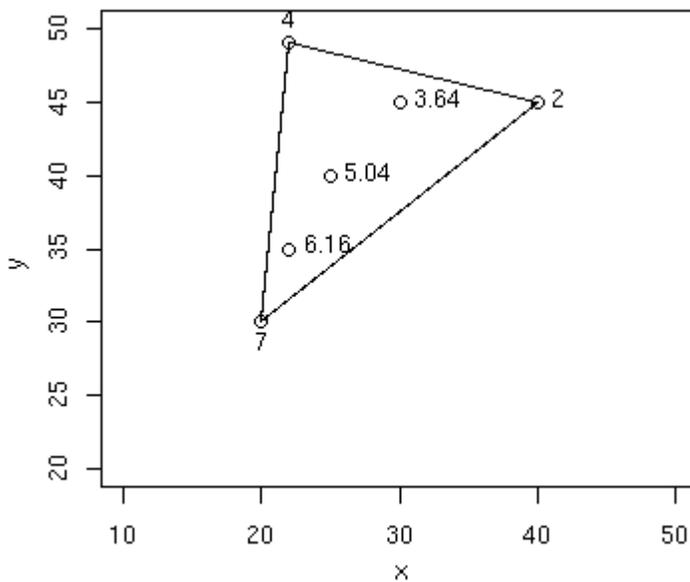
### Interpolación local mediante TIN

Las Redes Irregulares de Triángulos (TIN son las iniciales en inglés) se generan a partir de valores puntuales tratando de conseguir triángulos que maximicen la relación área/perímetro, el conjunto de todos los triángulos forma un objeto geométrico denominado *conjunto convexo*. Suelen utilizarse como método para representar modelos de elevaciones (y producen resultados visualmente muy buenos) sin embargo a la hora de integrarlos con el resto de la información raster es necesario interpolar una capa raster a partir de los triángulos.



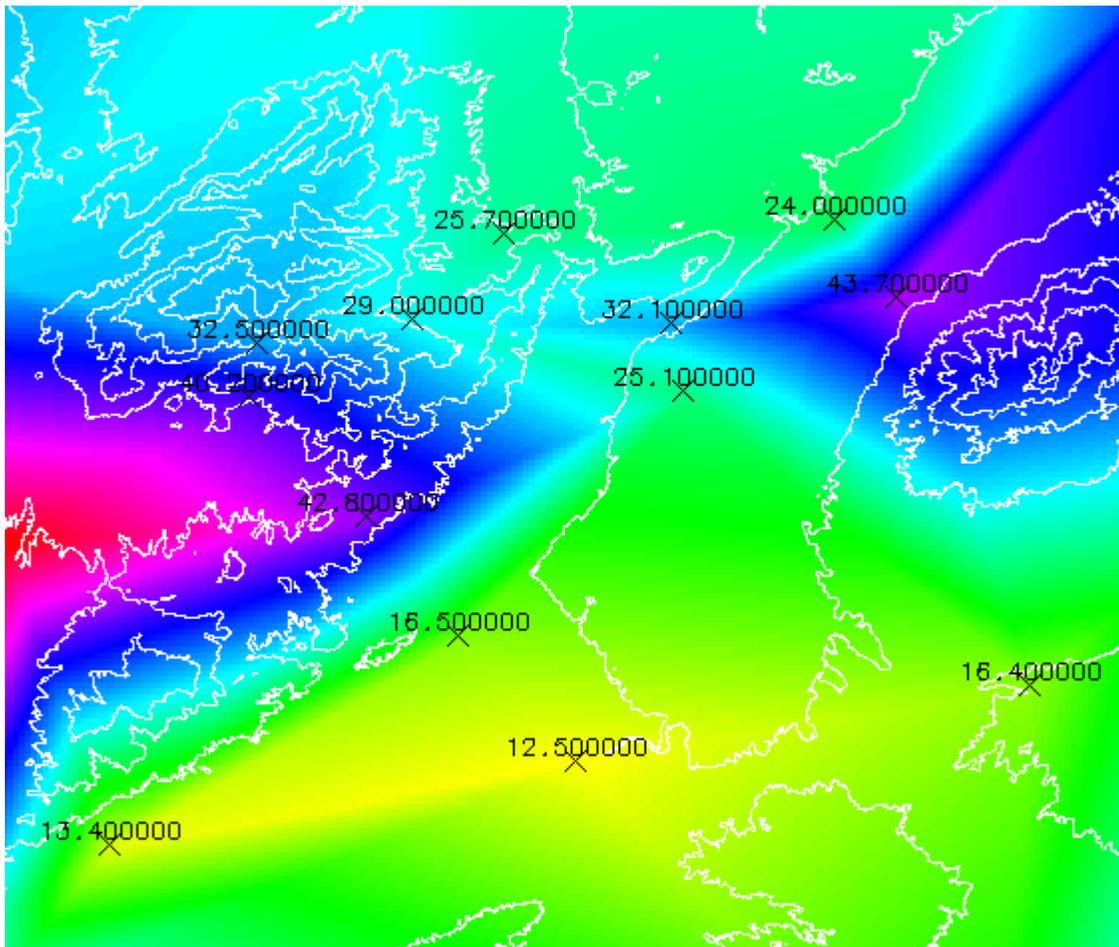
Red Irregular de triángulos formando un conjunto convexo

Esta interpolación se basa en que cada uno de los tres vértices de los triángulos tienen unos valores  $X$ ,  $Y$  y  $Z$  a partir de los cuales puede obtenerse un modelo de regresión  $Z = AX + BY + C$  que permite interpolar la variable  $Z$  en cualquier punto del rectángulo. En definitiva, puede asimilarse a un método de media ponderada por inverso de la distancia ya que el resultado siempre va estar acotado por los valores máximo y mínimo de  $Z$  en los vértices del triángulo y será más parecido al del vértice más cercano. En el resultado final de una interpolación TIN no aparecen artefactos circulares, como en los de inverso de la distancia puros, pero si aparecen artefactos triangulares.



En el ejemplo de la figura, el punto de interpolación estaría en el triángulo formado por los puntos 3,4 y 5, lo que significa que sus coeficientes de ponderación serían (aplicando la ecuación con  $k = 1$ ):  $W_3 = 0.395$ ,  $W_4 = 0.237$ ,  $W_5 = 0.367$   $Z = 45.1$ .

El conjunto convexo así generado tiene otra utilidad, define el área en la que es razonable interpolar dada la muestra de puntos disponible.



Interpolación mediante Red Irregular de triángulos

### 3.1.4 Comparación de métodos de interpolación utilizados por la herramienta ArcMap IDW

La herramienta IDW (Ponderación de distancia inversa) utiliza un método de interpolación que estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de datos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca está un punto del centro de la celda que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio.

#### Kriging

KRIGING es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores  $z$ . Más aún que con otros

métodos de interpolación, se debe realizar una investigación profunda del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores  $z$  antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida.

La estimación conjunta de variables aleatorias regionalizadas, más comúnmente conocida como Cokriging (Kriging Conjunto), es el análogo natural del Kriging de una función aleatoria. Mientras que el Kriging utiliza la correlación espacial para determinar los coeficientes en el estimador lineal, el Cokriging utiliza la correlación espacial y la correlación entre funciones aleatorias al mismo tiempo.

Las aplicaciones que han recibido una mayor atención en la geoestadística, son los casos donde dos o más variables están muestreadas, pero una está menos muestreada que las otras o existe la presencia de errores de muestreo.

Existe un número de dificultades prácticas, la más importante de todas es la ausencia de modelos estándar para las covarianzas cruzadas o covariogramas. Por lo que la alternativa más usual, consiste en la construcción de un modelo de correogionalización lineal que garantiza que las matrices de covarianzas sean positivo definidas y consecuentemente se pueden plantear correctamente las ecuaciones del Cokriging

#### **Función Aleatoria**

Es el concepto en que se basa toda la geoestadística, y se puede interpretar como la extensión natural del concepto de variable aleatoria cuando ésta además es una función de la posición. Si a cada punto  $x$  que pertenece a un dominio en el espacio le hacemos corresponder una variable

aleatoria  $z(x)$ , entonces el conjunto de variables aleatorias espacialmente distribuidas  $\{z(x), x \in \Omega\}$  será una función aleatoria  $Z(x)$ .

#### **Vecino natural**

La interpolación de vecino natural halla el subconjunto de muestras de entrada más cercano a un punto de consulta y aplica ponderaciones sobre ellas basándose en áreas proporcionales para interpolar un valor (Sibson, 1981). También se conoce como interpolación de Sibson o de "robo de área".

#### **Spline**

La herramienta Spline utiliza un método de interpolación que estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie, lo que resulta en una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada.

#### **Spline con barreras**

La herramienta Spline con barreras utiliza un método similar a la técnica usada en la herramienta Spline, pero la principal diferencia es que esta herramienta distingue las discontinuidades codificadas tanto en las barreras de entrada y como en los datos del punto de entrada.

#### **De topo a ráster**

Las herramientas **De topo a ráster** utilizan una técnica de interpolación diseñada específicamente para crear una superficie que representa con mayor precisión una superficie de drenaje natural y preserva mejor los cordones montañosos y las redes de arroyos de los datos de curvas de nivel de entrada.

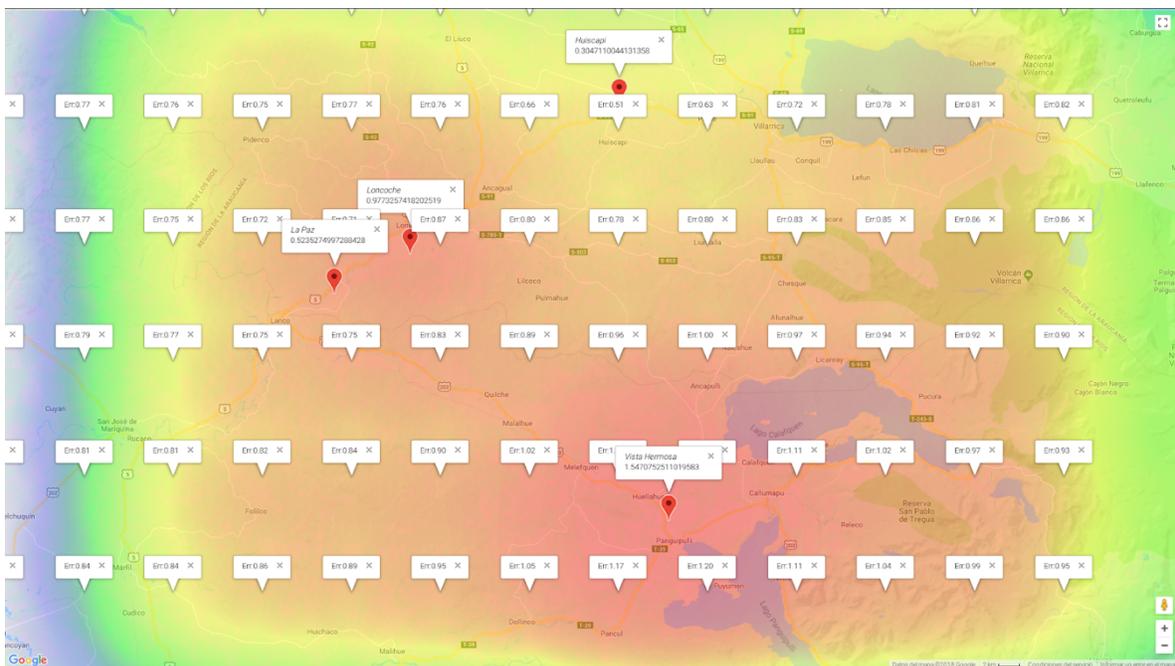
El algoritmo que se utiliza está basado en el de ANUDEM.

#### **Tendencia**

**Tendencia** es una interpolación polinómica global que ajusta una superficie suave definida por una función matemática (polinómica) a los puntos de muestra de entrada. La superficie de tendencia cambia gradualmente y captura patrones de escala sin detallar en los datos.

### 3.1.5 Análisis de la distribución e interpolación espacial.

Se realizaron diversos análisis para obtener una mejor distribución e interpolación espacial, para esto primero se evaluaron los errores que se obtenían al realizar una prueba interpolando los datos de temperatura de 4 estaciones y graficando con un mapa de calor, donde se observan los errores, y se observa lo esperable ya que el mayor error se aprecia alrededor de la estación más lejana.



De igual forma se realizó una interpolación de Temperatura, Humedad y Radiación, como se observa a continuación:

Finalmente se realizó un cálculo de la temperatura para cada estación en estudio, utilizando las otras tres como referencia, y obteniendo los siguientes valores:

Vista Hermosa

Valor Real: 9.5 °C

Valor Estimado: 7.952924748898042 °C

La Paz

Valor Real: 8.4 °C

Valor Estimado: 7.8764725002711575 °C

Huiscapi

Valor Real: 8 °C

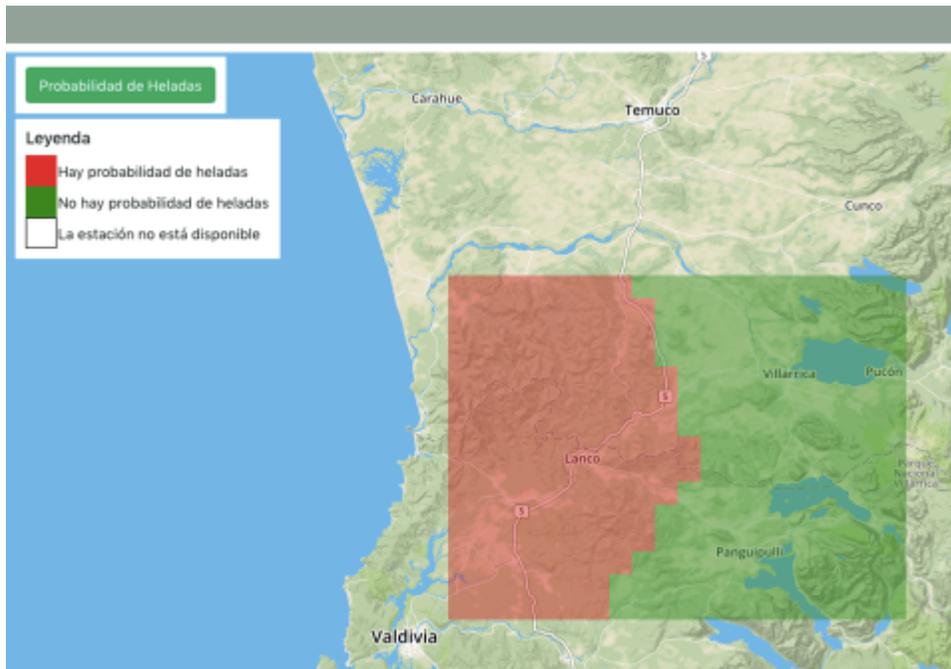
Valor Estimado: 8.304711004413136 °C

Loncoche

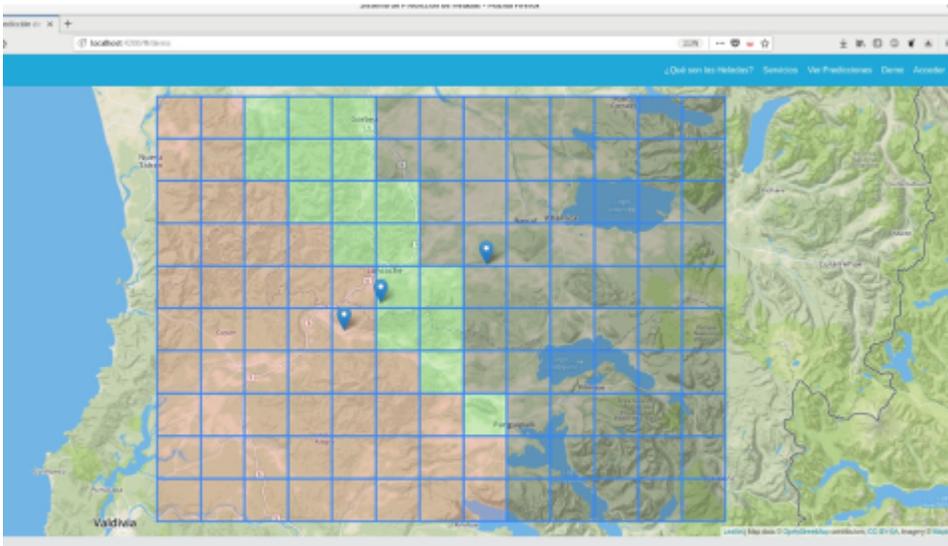
Valor Real: 7.5 °C

Valor Estimado: 8.477325741820252 °C

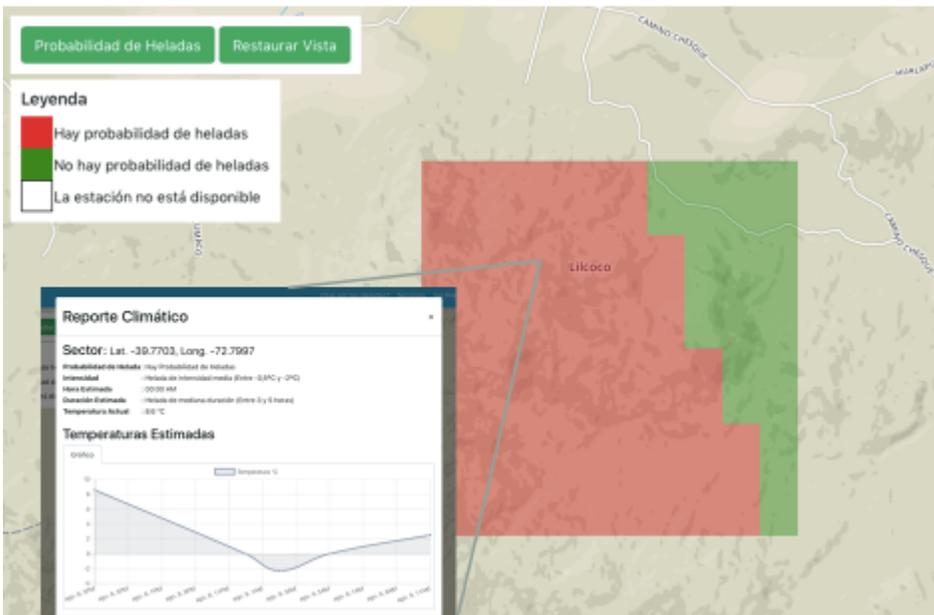
El sistema es capaz de generar internamente interpolaciones de 1 ha., esto se puede ver en las siguientes imágenes



Al realizar un zoom de la zona, es posible observar cada cuadrado (de 1 ha)

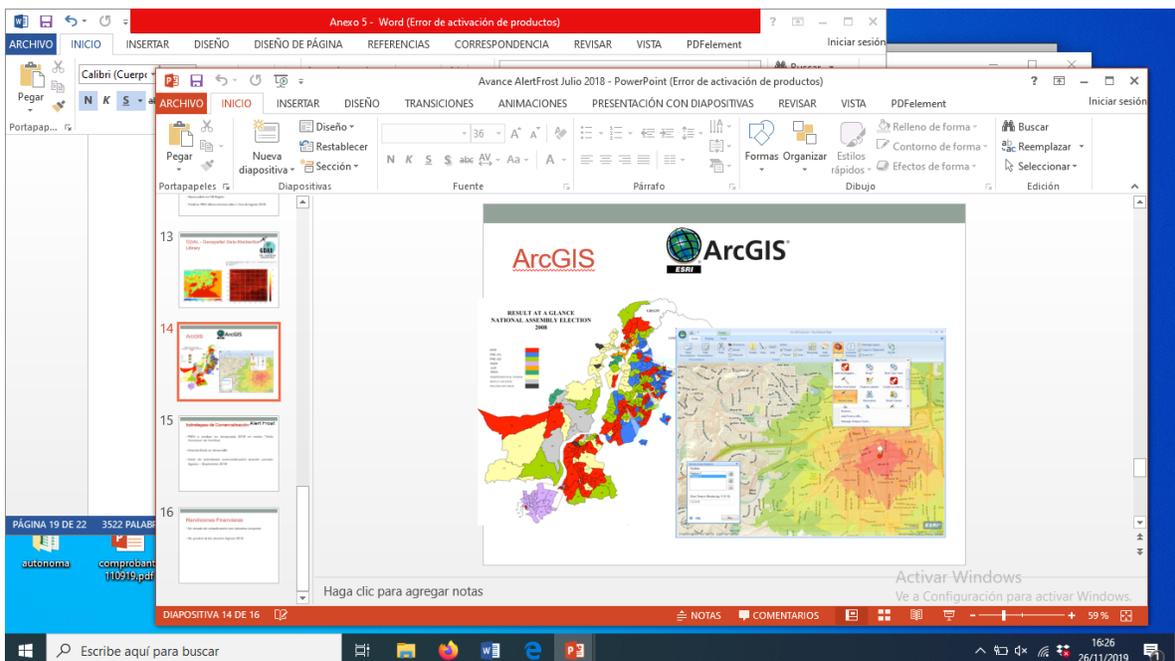
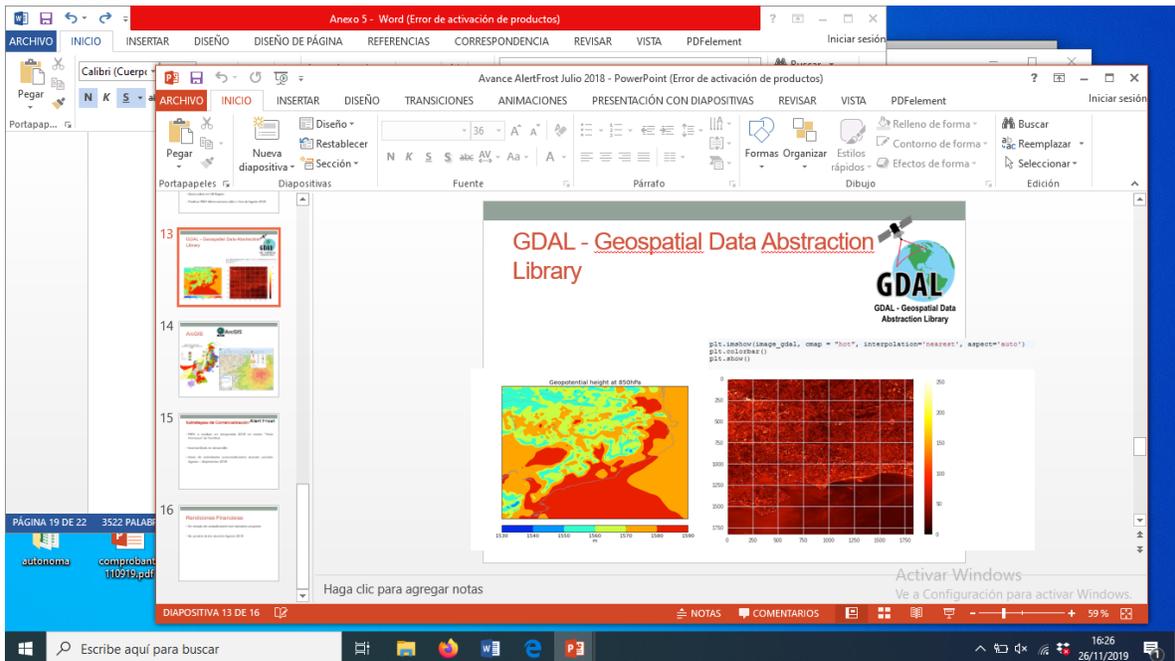


Entregando reporte en una hectárea específica:



### 3.1.6 Métodos de interpolación Sistemas de Información Geográfica

Existen diferentes herramientas para realizar los métodos de interpolación mediante sistemas de información geográfica, las dos más utilizadas se muestran a continuación como se muestra a continuación:



Listado de Herramientas:  
Herramientas en Python (Grass, Spatial Python )

<https://sites.google.com/site/spatialpython/interpolando-variables-climaticas-con-grass>  
QGIS, Sistema de información geográfica libre y de código abierto (en Linux)

<https://www.qgis.org/es/site/>

ArcGis, permite analiza mapas, hay varios artículos que referencia esta herramienta, implementa varios métodos y utiliza Windows. No es libre <http://desktop.arcgis.com/es/>  
Herramientas similares y libres se pueden ver en:

<http://www.tysmagazine.com/los-mejores-software-libre-gis/>

Herramientas en R y Python para utilizar

<https://stackoverflow.com/questions/3104781/inverse-distance-weighted-idw-interpolation-with-python>

<http://astrostatistics.psu.edu/su07/R/html/stats/html/splinefun.html>

<http://vivoni.asu.edu/tribs/tribsR.html>

<https://rpubs.com/nabilabd/118172>

<https://stackoverflow.com/questions/45175201/how-can-i-interpolate-station-data-with-kriging-in-python>

<http://rspatial.org/analysis/rst/4-interpolation.html>

<https://mgimond.github.io/Spatial/mapping-rates-in-r.html>

### **3.1.7 Conclusiones y recomendaciones finales**

En base a los distintos métodos y estrategias de interpolación analizadas, y tomando en cuenta los detalles particulares de la solución que está siendo implementada, se recomienda utilizar la siguiente metodología para interpolación de variables climáticas en un determinado sitio de estudio:

- a. Evaluar de manera independiente los métodos de interpolación descritos (IDW y Kriging), tomando como referencia información de entre 50 a 100 puntos asociados a mediciones en épocas entre Junio-Octubre y correspondientes a 2 a 3 temporadas anteriores de mediciones de variables climáticas.
- b. Estimar en cada caso el error estandarizado asociado a cada método de interpolación. Y determinar un promedio general para cada método y sitio de estudio.
- c. Escoger aquel método que presenta menor error de estimación en distintas variables analizadas. En caso de que el error sea similar o con una diferencia menor al 5% entre ambos métodos, preferir el método IDW por la simplicidad de implementación.

Es importante mencionar que esta asesoría considero que en la etapa de validación de geo-interpolaciones se pudiera contar con la asesoría y apoyo del experto. Esto implica que en

la asesoría se entregó hasta la etapa de implementación final de las metodologías en el estudio piloto.

### 3.2. Informe de modelos evaluados para sectorización

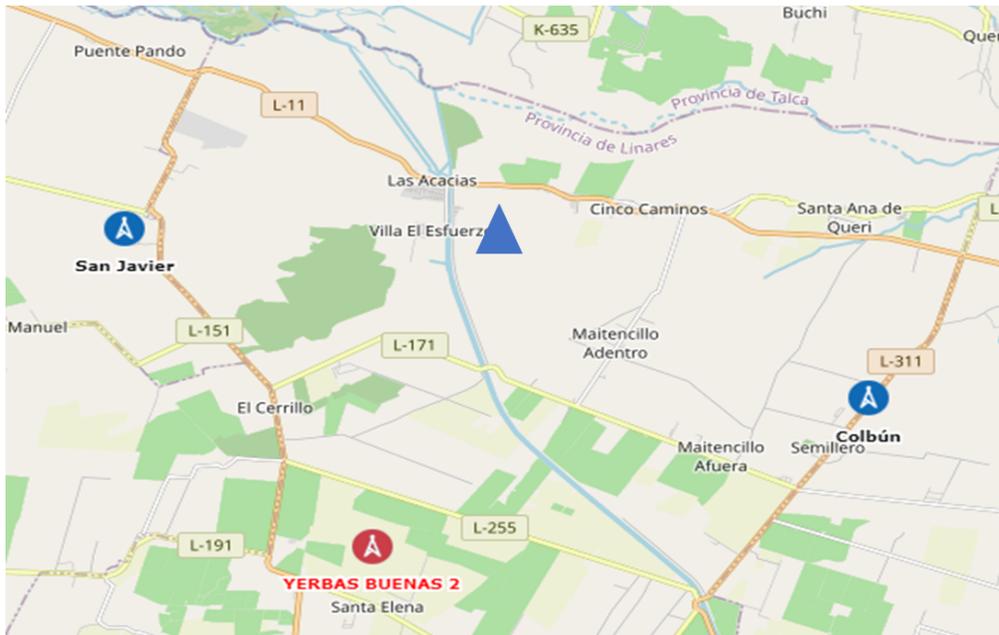
En este análisis se buscó interpolar los datos de temperatura, humedad y radiación solar registrados por las estaciones instaladas en este proyecto, basado en datos climáticos públicos de las estaciones de red de agroclimática de Chile, Agromet.

#### 3.2.1 Sectores Intervenido para evaluación de interpolación

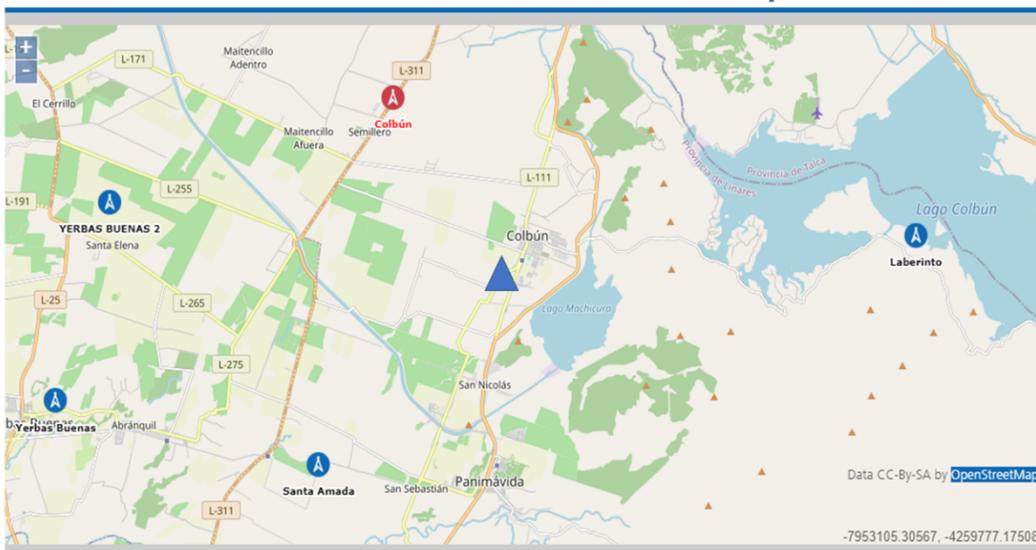
**Sector de Yerbas Buenas:** En este sector se instalaron diferentes estaciones las cuales están comunicadas a dos coordinadores, donde ambos tienen 4 estaciones climáticas asociadas (EMAS). Este sector fue intervenido con diferentes estaciones, debido a que anteriormente fue estudiada la variabilidad climática dentro del campo. Para este estudio se consideraron las mediciones de dos estaciones; EMA1 de Coordinador 1 y EMA1 Coordinador 2 (Ver figura 1).

Este sector está rodeado por la estación de Agromet de San Javier, Colbún y Yerbas Buenas 2. Los datos climáticos de estas tres estaciones serán utilizados para interpolar temperatura y humedad en este sector estudiado.

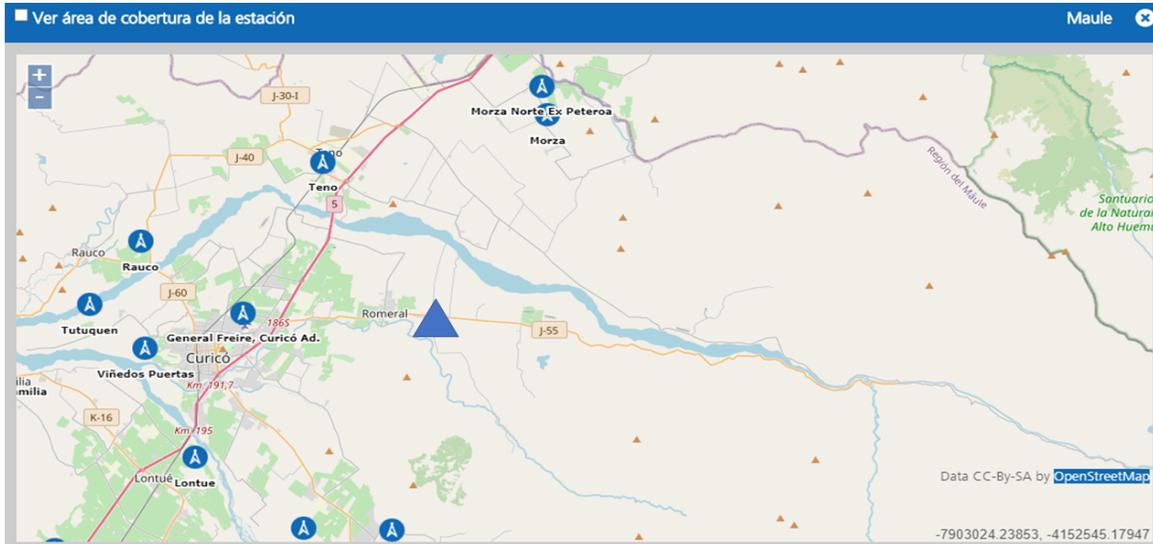




**Sector de Colbún:** una estación fue instalada en la zona de colbún, esta estación se encuentra rodeada de diferentes estaciones públicas de Agromet. Los datos de las estaciones de yerbas buenas 2, colbún y santa amada fueron utilizadas para interpolar temperatura, humedad y radiación solar en el sector colbún estudiado.

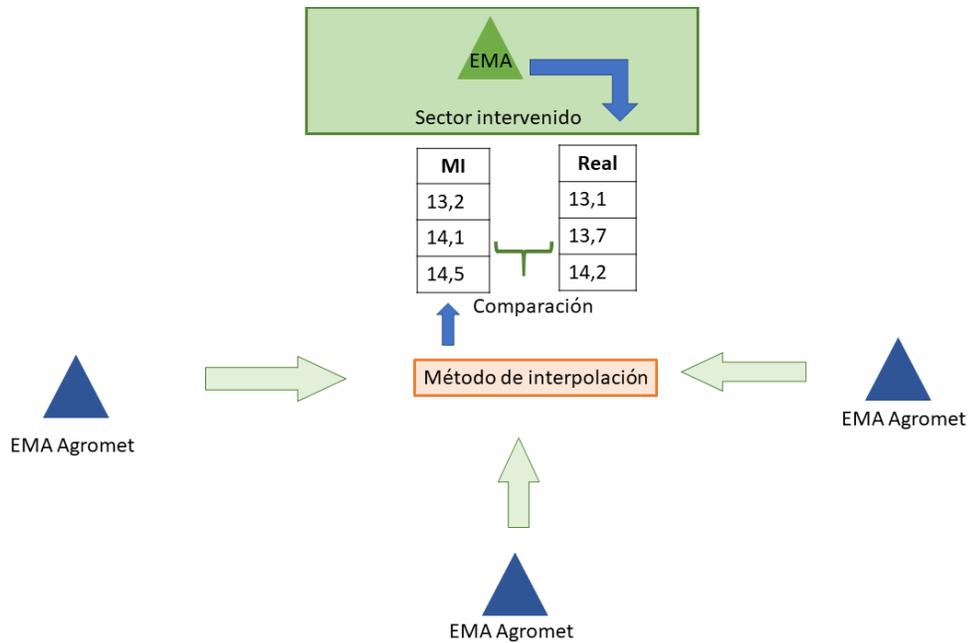


**Sector de Romeral:** una estación fue instalada en la zona de Romeral, esta estación se encuentra rodeada de diferentes estaciones públicas de Agromet. Los datos de las estaciones de Viñedos Puertas, Lontué y San Jorge los Niches fueron utilizadas para interpolar temperatura, humedad y radiación solar en el sector Romeral estudiado.



### 3.2.2 Explicación de metodología, como se hizo, explicar cada modelo

Los métodos de interpolación permiten obtener nuevos datos partiendo del conocimiento de un conjunto de datos conocidos. En este estudio se busca generar nuevos datos en los sectores de estudiados, a partir de los datos registrados por las estaciones de Agromet. Para luego comparar los nuevos datos inferidos por la interpolación, con los verdaderos datos registrados por las estaciones instaladas en este proyecto.



### 3.2.3 Técnicas de interpolación

**Estaciones de Agromet:** Cada una de las estaciones considerada para la interpolación de datos, fue considerada como un método de interpolación, con la finalidad de evaluar una posible estación más representativa.

**Promedio de las estaciones:** a partir del conjunto de estaciones públicas consideradas para la interpolación, se calculó el promedio de las tres estaciones más cercanas al sector intervenido.

**Mejor EMA:** Se considera la estación meteorológica que mejor representa la medición registrada en un instante. Este análisis permitió encontrar la estación que mejor representa la zona intervenida en un momento particular. Cabe señalar que este método a diferencia de los otros no es factible de ser usado en un caso real de interpolación de datos climáticos.

**Método de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW):** permite estimar valores desconocidos al especificar la distancia a las estaciones públicas más cercanas al sector intervenido. Esta técnica de interpolación permite asumir que los valores más cercanos están más relacionados.

**Método basado en *machine learning* mediante el algoritmo de regresión lineal:** se buscó la relación entre las mediciones de las estaciones de *Agromet* y la variable predictora, que en este caso son las mediciones en el sector intervenido. En este enfoque, para temperatura se utilizaron las mediciones de temperatura de las tres estaciones más cercanas, lo mismo para humedad y radiación solar.

**Método de redes neuronales:** se utilizó una red neuronal que permite buscar la combinación de parámetros que mejor se ajusta al problema. De esta manera, un grupo interconectado de nodos permite predecir e interpolar las mediciones capturas en los sectores intervenidos a partir de los datos de las estaciones climáticas de *Agromet*. En este enfoque, para temperatura se utilizaron las mediciones de temperatura de las tres estaciones más cercanas, lo mismo para humedad y radiación solar.

**Métodos de redes neuronales con todos los atributos:** al igual que el método mencionado anteriormente se utiliza datos de las estaciones públicas para medir las mediciones del sector intervenido. Pero en este enfoque se utilizan diferentes descripciones, por ejemplo, para inferir temperatura se utiliza temperatura, humedad,

radiación solar, velocidad del viento, dirección del viento, mínima temperatura y máxima temperatura de las tres estaciones más cercanas. De manera similar para inferir o interpolar los datos de humedad y radiación solar.

A continuación, se muestran los resultados de la implementación y evaluación de los diferentes modelos mencionados, en las zonas de estudio intervenidas con estaciones EMAs y bajo diferentes configuraciones. Se presentan resultados para las siguientes variables:

**A.- Temperatura; B.- Humedad relativa; C- radiación solar.**

Las evaluaciones se realizaron con información generadas desde estaciones EMAs ubicadas en : Colbún, Yervas Buenas (2 lugares) y Romeral. Estas corresponden a los estudios en donde la información generada presentaba mayor consistencia y se contaba con mayor tiempo de lecturas.

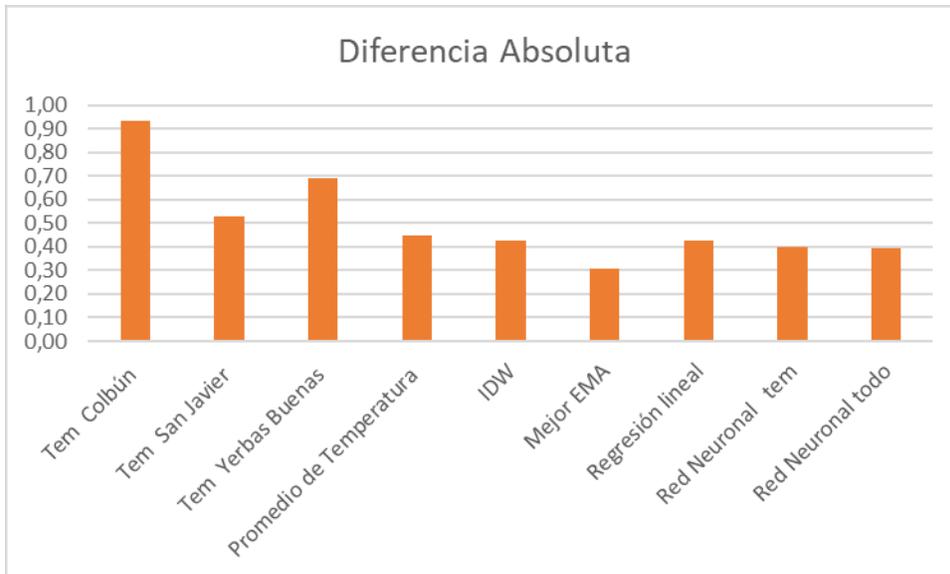
### **3.2.4 RESULTADOS TEMPERATURA**

Se presentan los resultados de interpolación para temperatura en los diferentes sectores intervenidos. En estos resultados se puede apreciar que el método de mejor EMA e Interpolación mediante una red neuronal con todos los datos destaca sobre los otros métodos con menor diferencia absoluta entre la real medición y la interpolada o inferida por los diferentes métodos utilizados.

#### **Resultados sector de Yervas Buenas Coordinador 1**

Los resultados en este sector muestran que el método de Mejor EMA y una red Neuronal basada en todos los datos son los mejores para la interpolación temperatura en este sector, con una diferencia absoluta de 0,31 y 0,39 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de San Javier, con una diferencia absoluta de 0,53.

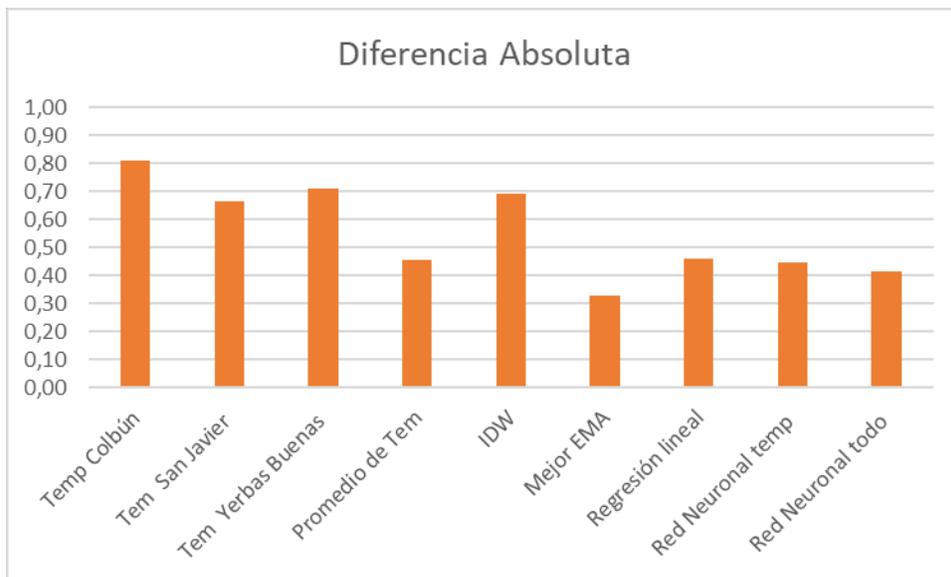
<b>Método de interpolación</b>	<b>Diferencia absoluta</b>
Temperatura Colbún	0,93
Temperatura San Javier	0,53
Temperatura Yervas Buenas	0,69
Promedio de temperaturas	0,45
IDW	0,43
Mejor EMA	0,31
Regresión lineal	0,42
Red Neuronal solo temperatura	0,40
Red Neuronal con todos los datos	0,39



### **Resultados sector de Yervas Buenas Coordinador 3**

Los resultados en este sector muestran que el método de Mejor EMA y una red Neuronal basada en todos los datos son los mejores para la interpolación temperatura en este sector, con una diferencia absoluta de 0,33 y 0,42 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de San Javier, con una diferencia absoluta de 0,67.

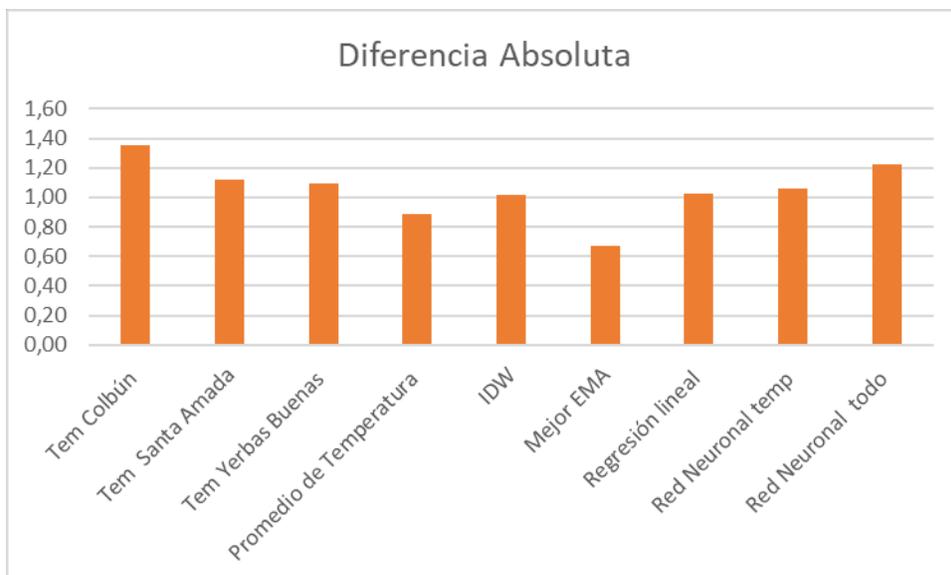
<b>Método de interpolación</b>	<b>Diferencia absoluta</b>
Temperatura Colbún	0,81
Temperatura San Javier	0,67
Temperatura Yervas Buenas	0,71
Promedio de temperaturas	0,46
IDW	0,69
Mejor EMA	0,33
Regresión lineal	0,46
Red Neuronal solo temperatura	0,45
Red Neuronal con todos los datos	0,42



### Resultados sector de Colbún

Los resultados en este sector muestran que el método de Mejor EMA y de regresión lineal son los mejores para la interpolación temperatura en este sector, con una diferencia absoluta de 0,67 y 1,02 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de Yervas Buenas, con una diferencia absoluta de 0,10.

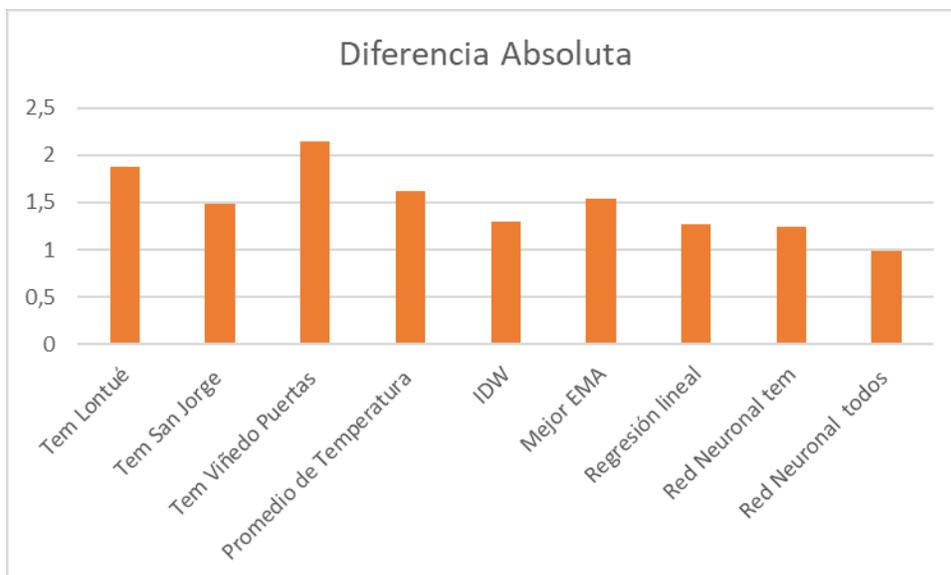
Método de interpolación	Diferencia absoluta
Temperatura Colbún	1,35
Temperatura Santa Amada	1,12
Temperatura Yervas Buenas	1,10
Promedio de temperaturas	0,88
IDW	1,02
Mejor EMA	0,67
Regresión lineal	1,02
Red Neuronal solo temperatura	1,06
Red Neuronal con todos los datos	1,22



### **Resultados sector de Romeral**

Los resultados en este sector muestran que el método de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW) y una red Neuronal basada en todos los datos son los mejores para la interpolación temperatura en este sector, con una diferencia absoluta de 1,31 y 0,99 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de San Jorge, con una diferencia absoluta de 1,49.

<b>Método de interpolación</b>	<b>Diferencia absoluta</b>
Temperatura Lontué	1,87
Temperatura San Jorge	1,49
Temperatura Viñedos Puertas	2,15
Promedio de temperaturas	1,62
IDW	1,30
Mejor EMA	1,53
Regresión lineal	1,28
Red Neuronal solo temperatura	1,24
Red Neuronal con todos los datos	0,99



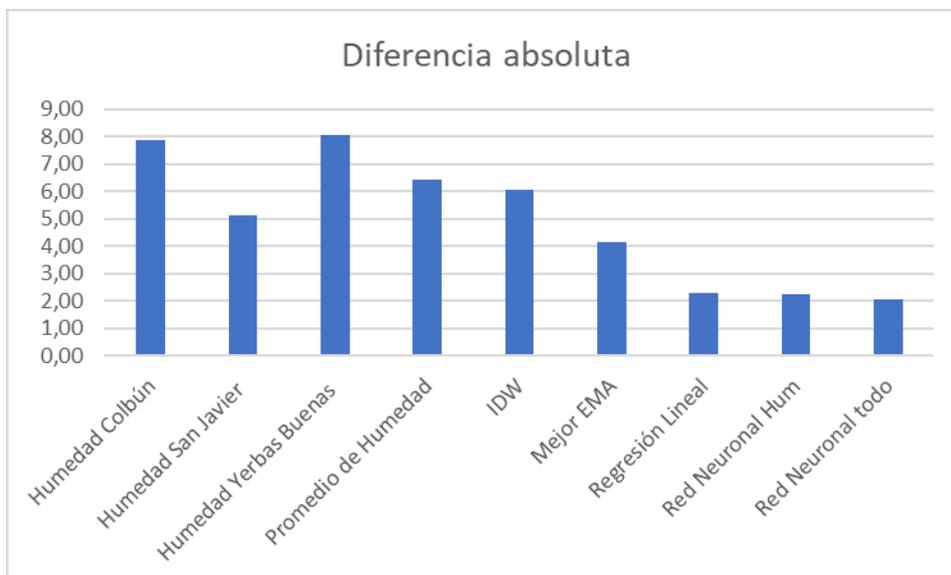
### 3.2.5 RESULTADOS HUMEDAD

Se presentan los resultados de interpolación para Humedad en los diferentes sectores intervenidos. En estos resultados se puede apreciar que el método de mejor EMA e Interpolación mediante una red neuronal con todos los datos destaca sobre los otros métodos con menor diferencia absoluta entre la real medición y la interpolada o inferida.

#### Resultados Yervas Buenas Coordinador 1

Los resultados en este sector muestran que el método de una Red Neuronal con solo descriptores de humedad y otra basada en todos los datos son los mejores para la interpolación Humedad en este sector, con una diferencia absoluta de 2,27 y 2,05 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de San Javier, con una diferencia absoluta de 5,11.

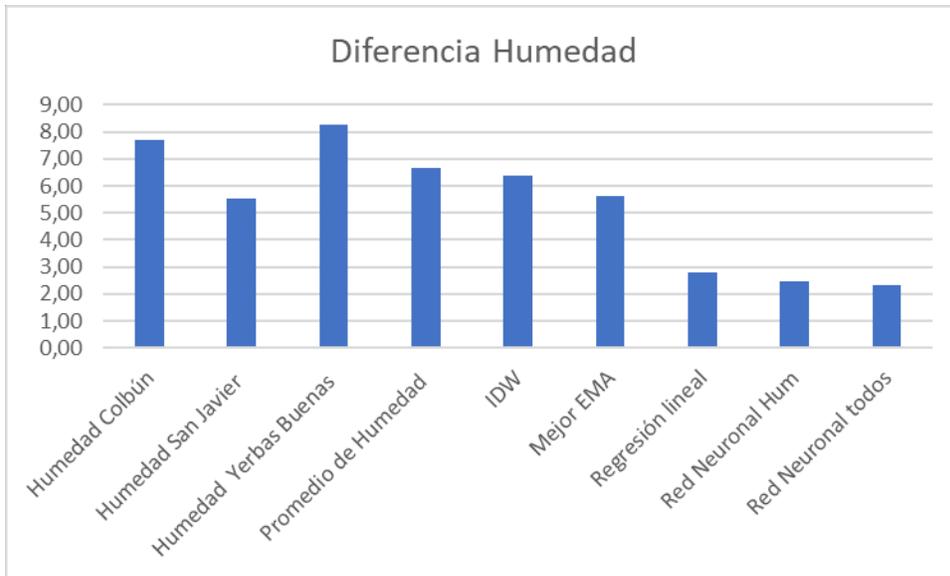
Método de interpolación	Diferencia absoluta
Humedad Colbún	7,85
Humedad San Javier	5,11
Humedad Yervas Buenas	8,05
Promedio de Humedad	6,43
IDW	6,04
Mejor EMA	4,16
Regresión lineal	2,31
Red Neuronal solo Humedad	2,27
Red Neuronal con todos los datos	2,05



### Resultados Yervas Buenas Coordinador 3

Los resultados en este sector muestran que el método de una Red Neuronal con solo descriptores de humedad y otra basada en todos los datos son los mejores para la interpolación Humedad en este sector, con una diferencia absoluta de 2,46 y 2,31 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de San Javier, con una diferencia absoluta de 5,55.

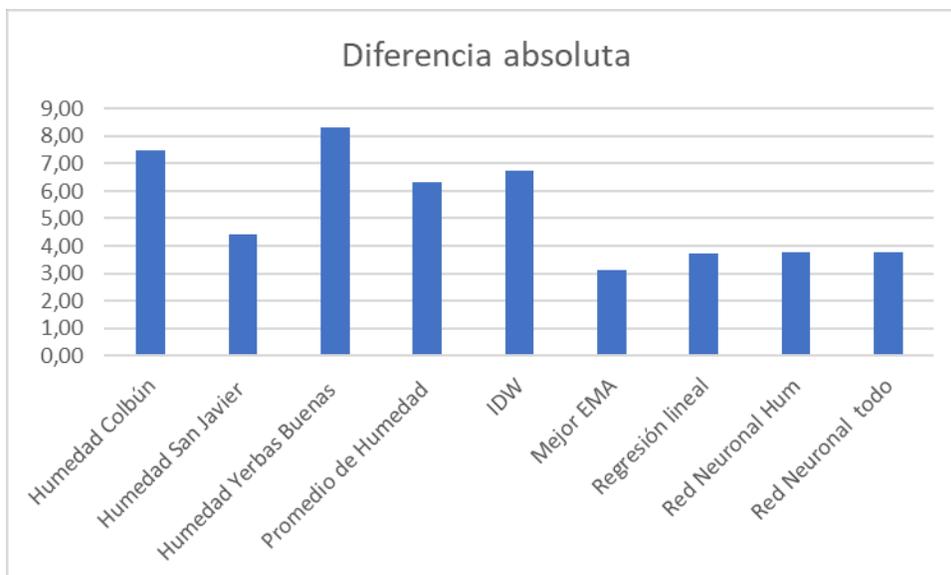
Método de interpolación	Diferencia absoluta
Humedad Colbún	7,71
Humedad San Javier	5,55
Humedad Yervas Buenas	8,28
Promedio de Humedad	6,64
IDW	6,39
Mejor EMA	5,64
Regresión lineal	2,79
Red Neuronal solo Humedad	2,46
Red Neuronal con todos los datos	2,31



### Resultados Colbún

Los resultados en este sector muestran que el método de Mejor EMA, una Red Neuronal con solo descriptores de humedad y otra basada en todos los datos son los mejores para la interpolación Humedad en este sector, con una diferencia absoluta de 3.10, 3.77 y 3.77 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de Santa Amada, con una diferencia absoluta de 4,43.

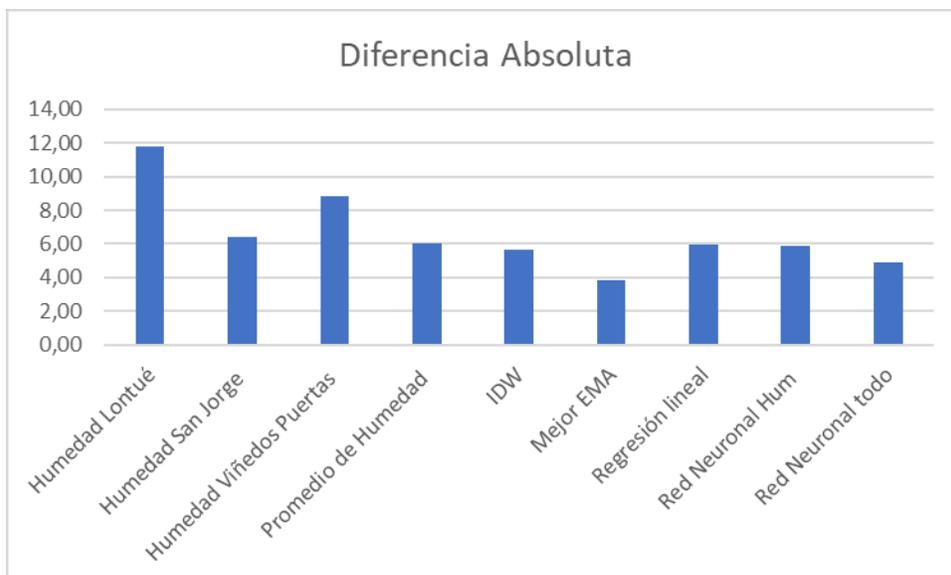
Método de interpolación	Diferencia absoluta
Humedad Colbún	7,46
Humedad Santa Amada	4,43
Humedad Yervas Buenas	8,32
Promedio de Humedad	6,33
IDW	6,73
Mejor EMA	3,10
Regresión lineal	3,72
Red Neuronal solo Humedad	3,77
Red Neuronal con todos los datos	3,77



### Resultados Romeral

Los resultados en este sector muestran que el método de Mejor EMA y una Red Neuronal basada en todos los datos son los mejores para la interpolación Humedad en este sector, con una diferencia absoluta de 3.84, 4,92 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de San Jorge, con una diferencia absoluta de 6.38.

Método de interpolación	Diferencia absoluta
Humedad Colbún	11,77
Humedad Santa Amada	6,38
Humedad Yervas Buenas	8,85
Promedio de Humedad	6,04
IDW	5,64
Mejor EMA	3,84
Regresión lineal	5,93
Red Neuronal solo Humedad	5,89
Red Neuronal con todos los datos	4,92



### 3.2.6 RESULTADOS PARA RADIACIÓN SOLAR

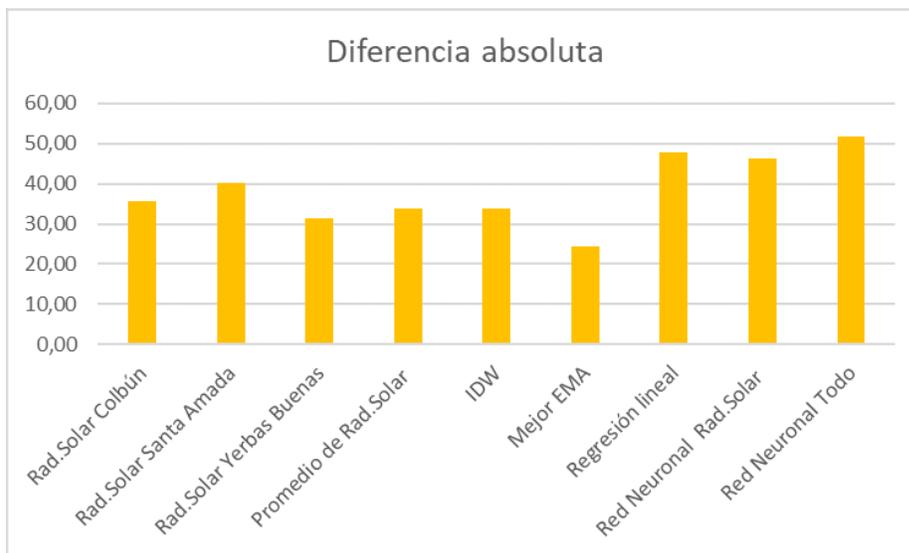
Se presentan los resultados de interpolación para radiación solar en el sector de Colbún y Romeral. Los resultados de radiación solar de las estaciones de Yervas Buenas para coordinador 1 y coordinador 3 no son presentados en este informe, ya que no fue posible obtener mediciones.

En estos resultados destaca el método de Mejor EMA y IDW con menor diferencia absoluta entre la medición real y la interpolada o inferida. Sin embargo, la interpolación de radiación solar parece ser una tarea de mayor complejidad que podría analizarse de manera independiente mediante otras estrategias y metodologías, como por ejemplo contemplar la comparación de la radiación acumulada diaria o considerar solo las horas de sol durante el día.

#### Resultados Colbún

Los resultados en este sector muestran que el método de Mejor EMA y IDW son los mejores para la interpolación de radiación solar en este sector, con una diferencia absoluta de 24.29 y 33.70 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de Yervas Buenas, con una diferencia absoluta de 31.27.

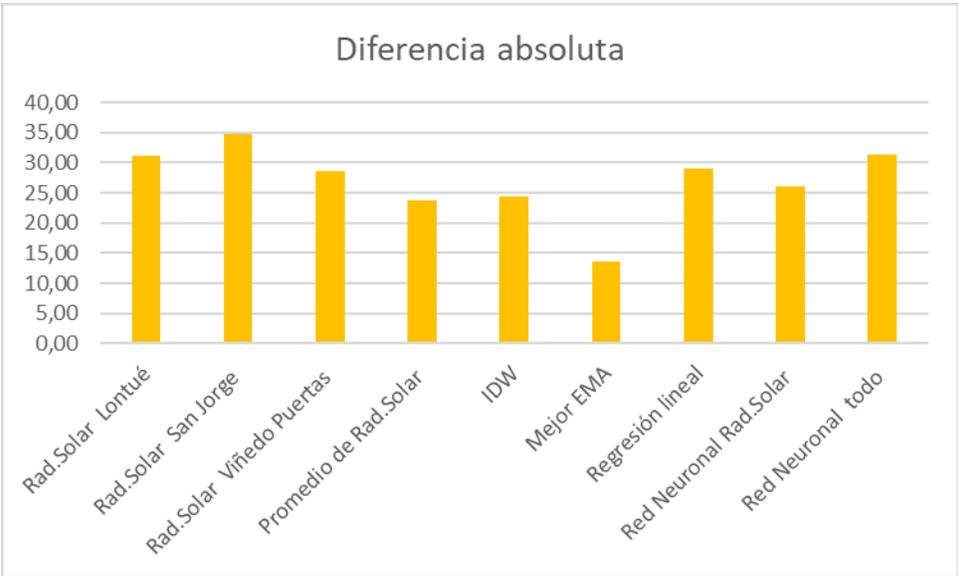
Método de interpolación	Diferencia absoluta
Radiación solar Colbún	35,55
Radiación solar Santa Amada	40,26
Radiación solar Yervas Buenas	31,27
Promedio de Radiaciones	33,77
IDW	33,70
Mejor EMA	24,29
Regresión lineal	47,68
Red Neuronal solo Radiación solar	46,31
Red Neuronal con todos los datos	51,86



### **Resultados Romeral**

Los resultados en este sector muestran que el método de Mejor EMA, IDW y el promedio de radiación solar entre las tres estaciones son los mejores para la interpolación de radiación solar en este sector, con una diferencia absoluta de 13.53, 24.38, y 23.8 respectivamente. Por otro lado, la estación que mejor representa este sector es la estación de Viñedos Puertas, con una diferencia absoluta de 28.85.

<b>Método de interpolación</b>	<b>Diferencia absoluta</b>
Radiación solar Lontué	31,25
Radiación solar San Jorge	34,74
Radiación solar Viñedo Puertas	28,71
Promedio de Radiación solar	23,85
IDW	24,38
Mejor EMA	13,53
Regresión lineal	29,09
Red Neuronal solo Radiación solar	26,00
Red Neuronal con todos los datos	31,37



## Anexo-05: Sección 4. Informe de Modelos 2021

Los modelos predictivos presentes en la plataforma de alerta temprana de heladas actualmente permiten predecir la ocurrencia o no de un evento de helada, la intensidad, duración y hora del descenso de una temperatura por debajo de los 0 °C. Estos modelos están basados en métodos de aprendizaje supervisado, donde los datos climáticos son transformados en vectores de 9 horas de datos, para lograr aprender del comportamiento de los eventos de heladas.

Actualmente, en la plataforma existen 624 modelos predictivos, de los cuales 208 generan alertas para las 15:00 pm, 208 para las 18:00 pm y 208 para las 21:00 pm. De estos 208 modelos, 52 modelos corresponden a modelos que predicen la ocurrencia de un evento de heladas, 52 predicen el evento de intensidad, 52 la duración y 52 la hora del evento de helada. Los 52 modelos representan cada una de las estaciones climáticas en la red agroclimática de la región del Maule. Los principales resultados de los modelos son resumidos en este informe.

### 4.1 Modelos de ocurrencia de un evento de helada:

Los vectores de datos para entrenamiento del modelo consideran descriptores asociados a; temperatura, humedad relativa, radiación solar, punto de rocío, velocidad del viento y dirección del viento. Cabe mencionar que cada uno de estos descriptores corresponde la mediciones realizadas y registradas cada una hora por estas estaciones de públicas, donde cada una de ellas tiene sus propios modelos.

Para la búsqueda de un buen modelo de predicción se evaluaron diversos métodos de clasificación como Naive Bayes, Random Forest, árboles de decisión y SVM. Cada uno de los modelos fue evaluado mediante diferentes medidas de desempeño, como accuracy , tasa de falsos positivos, recall, y precisión. Los resultados demostraron que el modelo basado en el algoritmo de Random Forest es el que entrega significativamente mejores resultados considerando cada una de las medidas de performance evaluadas. Los modelos desarrollados pueden alcanzar el 90 % de accuracy en algunos sectores y se puede predecir hasta con 12 horas de anticipación la ocurrencia de un episodio de heladas. Más detalles e información en el artículo “Predicción de Episodios de Heladas Basado en Información Agrometeorológica y Técnicas de Aprendizaje Automático” (Acuna, 2016).

Los principales resultados de los modelos de eventos de helada se mencionan a continuación:

Para medir el desempeño de los modelos de clasificación se utilizaron distintas métricas, las cuales fueron medidas como promedio de distintas validaciones cruzadas.

- Eficiencia global (**EG**) del modelo, que corresponde a tasa de éxito general de la predicción.
- Tasa de Heladas No Detectadas (**HND**), que corresponde a porcentaje o tasa de eventos de heladas que no fueron detectadas por el modelo.
- Tasa de falsas alertas (**FA**), que corresponde a porcentaje o tasa de eventos de no-heladas incorrectamente predichas.

Estaciones	EG	HND	FA
Aresti	88,22	5,75	6,03
Cauquenes	89,38	3,96	6,67
Longaví Norte	91,96	4,17	3,88
Linares	86,84	5,92	7,24
Parral	90,25	4,95	4,81
Sagrada familia	90,72	3,47	5,82
Tres Esquinas	88,77	5,57	5,66

**Tabla1.** Desempeño de modelos predictivos de eventos de heladas en diferentes estaciones climáticas. Los indicados son Eficiencia global (**EG**), Tasa de Heladas No Detectadas (**HND**) y Tasa de falsas alertas (**FA**).

[128\\_21.RData](#) ✖      [164\\_15.RData](#) ✖      [164\\_18.RData](#) ✖      [164\\_21.RData](#) ✖  
[165\\_15.RData](#) ✖      [165\\_18.RData](#) ✖      [165\\_21.RData](#) ✖      [166\\_15.RData](#) ✖  
[166\\_18.RData](#) ✖      [166\\_21.RData](#) ✖      [167\\_15.RData](#) ✖      [167\\_18.RData](#) ✖  
[167\\_21.RData](#) ✖      [168\\_15.RData](#) ✖      [168\\_18.RData](#) ✖      [168\\_21.RData](#) ✖  
[169\\_15.RData](#) ✖      [169\\_18.RData](#) ✖      [169\\_21.RData](#) ✖      [198\\_15.RData](#) ✖  
[198\\_18.RData](#) ✖      [198\\_21.RData](#) ✖      [229\\_15.RData](#) ✖      [229\\_21.RData](#) ✖  
[238\\_15.RData](#) ✖      [238\\_18.RData](#) ✖      [238\\_21.RData](#) ✖      [239\\_15.RData](#) ✖  
[239\\_18.RData](#) ✖      [239\\_21.RData](#) ✖      [240\\_15.RData](#) ✖      [240\\_18.RData](#) ✖  
[240\\_21.RData](#) ✖      [241\\_15.RData](#) ✖      [241\\_18.RData](#) ✖      [241\\_21.RData](#) ✖  
[242\\_15.RData](#) ✖      [242\\_18.RData](#) ✖      [242\\_21.RData](#) ✖      [244\\_15.RData](#) ✖  
[244\\_18.RData](#) ✖      [244\\_21.RData](#) ✖      [252\\_15.RData](#) ✖      [252\\_18.RData](#) ✖  
[252\\_21.RData](#) ✖      [253\\_15.RData](#) ✖      [253\\_18.RData](#) ✖      [253\\_21.RData](#) ✖  
[254\\_15.RData](#) ✖      [254\\_18.RData](#) ✖      [254\\_21.RData](#) ✖      [291\\_15.RData](#) ✖

**Figura 1.** Se dan conocer algunos de los modelos de eventos de heladas presenten en la plataforma web.

Estación Lontué

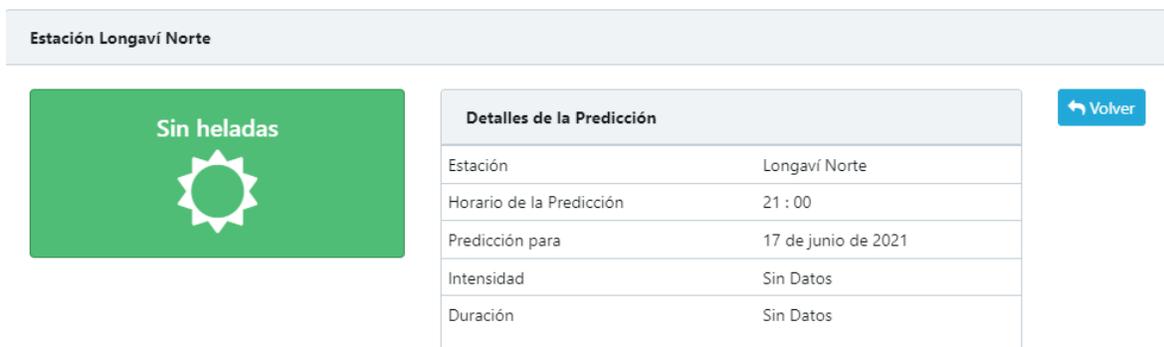
Probabilidad de Heladas



Detalles de la Predicción	
Estación	Lontué
Horario de la Predicción	21 : 00
Predicción para	24 de octubre de 2020
Intensidad	0°C a -0.5°C
Duración	Menor o Igual de 3 horas

[Volver](#)

**Figura 2.** Visualización de un evento de helada en la plataforma web.



**Figura 3.** Visualización de un evento de No helada en la plataforma web.

## 4. 2 Modelos de Intensidad, duración y hora:

Actualmente la plataforma cuenta con modelos predictivos de intensidad, duración y hora de un evento de helada. El proceso de caracterización, clustering y aprendizaje supervisado permitieron realizar modelos predictivos para este fenómeno climático. Se presentan los resultados para los modelos creados para la estación de Lontué.

### Modelo de intensidad de una helada:

Se consideraron tres niveles de temperatura de clasificar la intensidad de una helada. Estos niveles son descritos a continuación:

**Nivel 1:** Son heladas donde la intensidad tiene una temperatura entre los 0 °C y los -0,5 °C.

**Nivel 2:** Son heladas donde la intensidad tiene una temperatura entre los -0,5 °C y los -2 °C.

**Nivel 3:** Son heladas donde la intensidad tiene una temperatura mayor a -2

Nivel	Eficiencia	Cantidad	Aciertos	Errores
Nivel 1	92,85 %	37	36	1
Nivel 2		35	28	7
Nivel 3		54	53	1

### Modelo de duración de una helada:

Se consideraron dos niveles de duración de heladas, donde la duración hace referencia a las horas donde la temperatura se mantiene bajo los 0 °C. Los niveles son descritos a continuación:

**Nivel 1:** Son heladas donde la cantidad de horas con temperatura bajo los 0 °C no superar las tres horas.

**Nivel 2:** Son helada donde la cantidad de horas con temperatura bajo los 0 °C superar las 3 horas.

Nivel	Eficiencia	Cantidad	Aciertos	Errores
Nivel 1	73,0 %	45	36	9
Nivel 2		62	49	19

### Modelo de hora de una helada:

Se consideraron dos niveles de hora donde se registra la primera temperatura bajo 0 °C. Los niveles son descritos a continuación:

Nivel 1: Son heladas que iniciaron entre las 0:00 am hasta las 4:00 am de la madrugada

Nivel 2: Son helada que iniciaron con una hora mayor a los 5:00 am de la madrugada

Nivel	Eficiencia	Cantidad	Aciertos	Errores
Nivel 1	88,83 %	128	125	3
Nivel 2		96	74	22

---  
 Intensidad\_101\_15.RData ✘    Intensidad\_101\_21.RData ✘    Intensidad\_102\_15.RData ✘    Intensidad\_102\_18.RData ✘  
 Intensidad\_102\_21.RData ✘    Intensidad\_103\_15.RData ✘    Intensidad\_103\_18.RData ✘    Intensidad\_103\_21.RData ✘  
 Intensidad\_104\_15.RData ✘    Intensidad\_104\_18.RData ✘    Intensidad\_104\_21.RData ✘    Intensidad\_105\_15.RData ✘  
 Intensidad\_105\_18.RData ✘    Intensidad\_105\_21.RData ✘    Intensidad\_169\_15.RData ✘    Intensidad\_169\_18.RData ✘  
 Intensidad\_169\_21.RData ✘    Intensidad\_239\_15.RData ✘    Intensidad\_239\_18.RData ✘    Intensidad\_239\_21.RData ✘  
 Intensidad\_240\_15.RData ✘    Intensidad\_240\_18.RData ✘    Intensidad\_240\_21.RData ✘    Intensidad\_241\_15.RData ✘  
 Intensidad\_241\_18.RData ✘    Intensidad\_241\_21.RData ✘    Intensidad\_242\_15.RData ✘    Intensidad\_242\_18.RData ✘  
 Intensidad\_242\_21.RData ✘    Intensidad\_252\_15.RData ✘    Intensidad\_252\_18.RData ✘    Intensidad\_252\_21.RData ✘  
 Intensidad\_253\_15.RData ✘    Intensidad\_253\_18.RData ✘    Intensidad\_253\_21.RData ✘    Intensidad\_254\_15.RData ✘  
 Intensidad\_254\_18.RData ✘    Intensidad\_254\_21.RData ✘    Intensidad\_284\_15.RData ✘    Intensidad\_284\_18.RData ✘

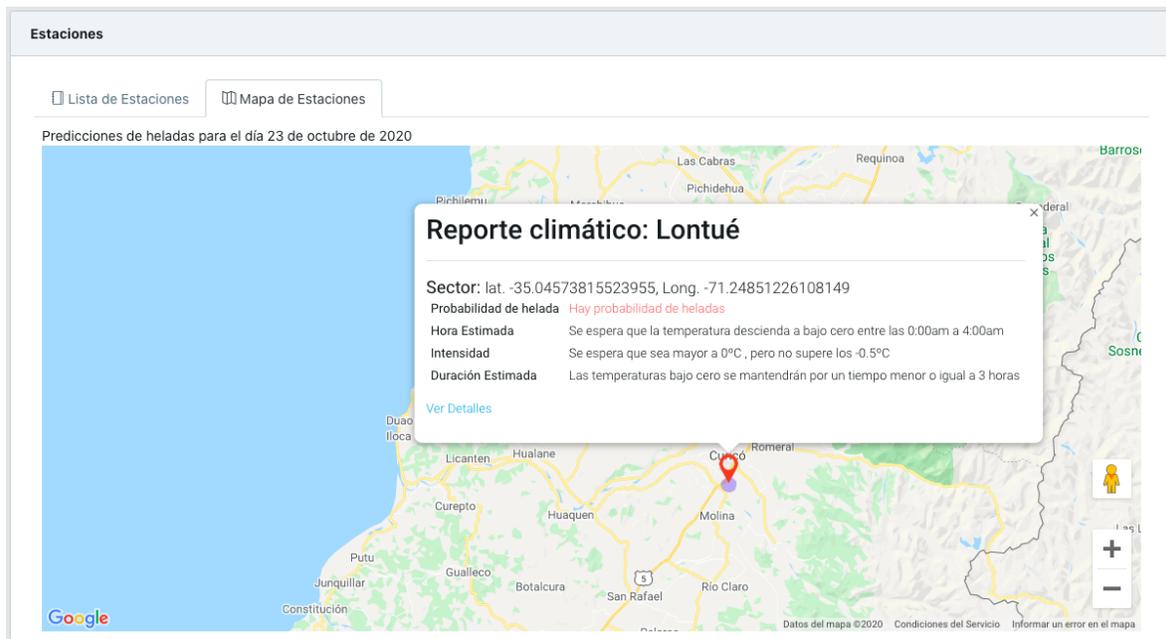
**Figura 4.** Se dan conocer algunos de los modelos de intensidad presentes en la plataforma web.

---  
 Hora\_100\_18.RData ✘    Hora\_100\_21.RData ✘    Hora\_101\_15.RData ✘    Hora\_101\_18.RData ✘  
 Hora\_101\_21.RData ✘    Hora\_102\_15.RData ✘    Hora\_102\_18.RData ✘    Hora\_102\_21.RData ✘  
 Hora\_103\_15.RData ✘    Hora\_103\_18.RData ✘    Hora\_103\_21.RData ✘    Hora\_104\_15.RData ✘  
 Hora\_104\_18.RData ✘    Hora\_104\_21.RData ✘    Hora\_105\_15.RData ✘    Hora\_105\_18.RData ✘  
 Hora\_105\_21.RData ✘    Hora\_169\_15.RData ✘    Hora\_169\_18.RData ✘    Hora\_169\_21.RData ✘  
 Hora\_239\_15.RData ✘    Hora\_239\_18.RData ✘    Hora\_239\_21.RData ✘    Hora\_240\_15.RData ✘  
 Hora\_240\_18.RData ✘    Hora\_240\_21.RData ✘    Hora\_241\_15.RData ✘    Hora\_241\_18.RData ✘

**Figura 5.** Se dan conocer algunos de los modelos de Hora presentes en la plataforma web.

Duracion_100_21.RData ✘	Duracion_101_15.RData ✘	Duracion_101_18.RData ✘	Duracion_101_21.RData ✘
Duracion_102_15.RData ✘	Duracion_102_18.RData ✘	Duracion_102_21.RData ✘	Duracion_103_15.RData ✘
Duracion_103_18.RData ✘	Duracion_103_21.RData ✘	Duracion_104_15.RData ✘	Duracion_104_18.RData ✘
Duracion_104_21.RData ✘	Duracion_105_15.RData ✘	Duracion_105_18.RData ✘	Duracion_105_21.RData ✘
Duracion_169_15.RData ✘	Duracion_169_18.RData ✘	Duracion_169_21.RData ✘	Duracion_239_15.RData ✘
Duracion_239_18.RData ✘	Duracion_239_21.RData ✘	Duracion_240_15.RData ✘	Duracion_240_18.RData ✘
Duracion_240_21.RData ✘	Duracion_241_15.RData ✘	Duracion_241_18.RData ✘	Duracion_241_21.RData ✘
Duracion_242_15.RData ✘	Duracion_242_18.RData ✘	Duracion_242_21.RData ✘	Duracion_252_15.RData ✘

**Figura 6.** Se dan conocer algunos de los modelos de Duración presentes en la plataforma web.



**Figura 7.** Visualización de la predicción de un evento de helada, con información de intensidad, duración y hora del evento.

## Anexo-06: Evaluación datos Atípicos 2021

### Actividades de evaluación:

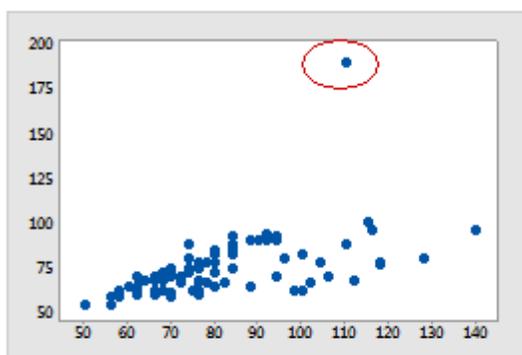
- Evaluación de información de 3 estaciones seleccionadas.

Se seleccionaron 3 estaciones de Maule, de las cuales se extrajo la información climática desde el año 2010 hasta el año 2020. Estas estaciones corresponden a la localidad de Longaví Sur, Lontué y Cauquenes.

La información climática fue procesada y transformada para lograr construir los vectores de atributos necesarios para un análisis de detección de anomalías. Se consideró datos de temperatura, humedad, radiación solar, velocidad del viento, dirección del viento y punto de rocío, de igual manera como se utilizan para generar modelos predictivos de heladas.

- PCA para detección de anomalías.

El PCA es usado con frecuencia debido a que es método simple y no paramétrico que permite extraer información relevante de datos en bruto, reduciendo un conjunto de datos de alta dimensionalidad en una más baja relevando información valiosa y simplificada. En este caso se utilizó con la finalidad de detectar anomalías en los datos visualizados como alejados en comparación del conjunto completo de datos. En la Figura 1 se puede apreciar un ejemplo de datos anómalo o atípico.

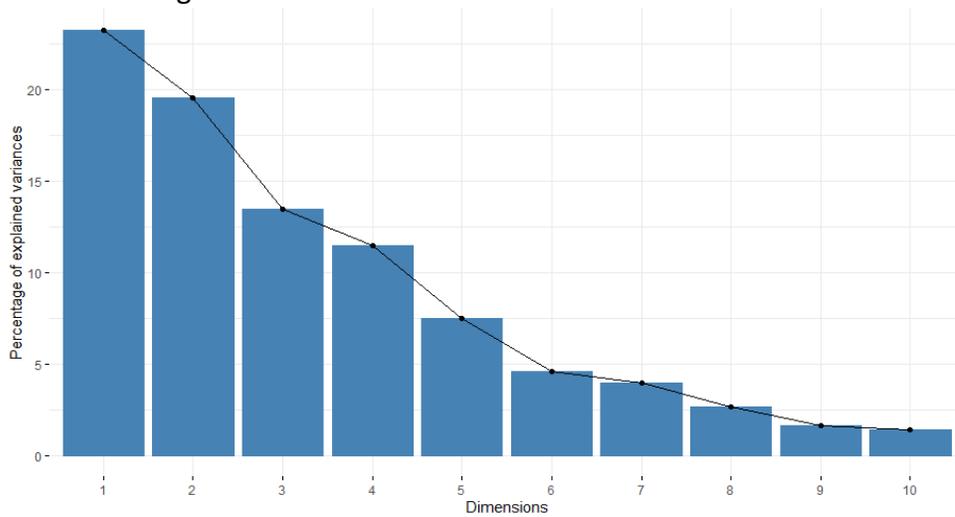


*Figura 1. Ejemplo de datos atípicos, en un círculo en rojo se observa un posible dato atípico*

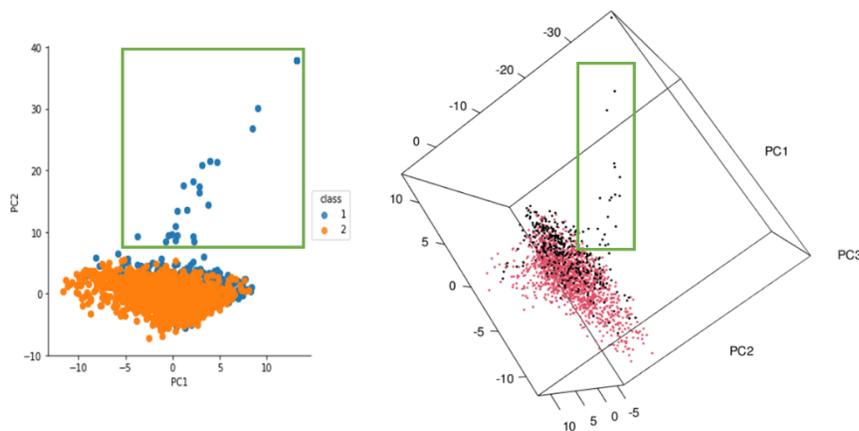
Para realizar este análisis se utilizaron los datos mencionados anteriormente y que corresponden a las estaciones climáticas de la localidad de Longaví Sur, Cauquenes y Lontué.

### **Resultados de PCA para distintas zonas.**

Los resultados obtenidos de este análisis nos permiten identificar que eventos de heladas y no heladas es complejo de explicar solo en términos de varianza y la reducción de dimensionalidad. Se puede observar en la Figura 3,5 y 7, donde los vectores de datos de helada y no helada se encuentra cercanos en el plano, sin embargo, existen vectores de datos que se alejan de comportamiento típico de los datos y estos fueron considerados como datos anómalos, se puede apreciar destacados en un cuadrado verde en la Figura3.



*Figura 2. Explicación en términos de porcentaje de varianza.*



## Resultados para la zona de Lontué

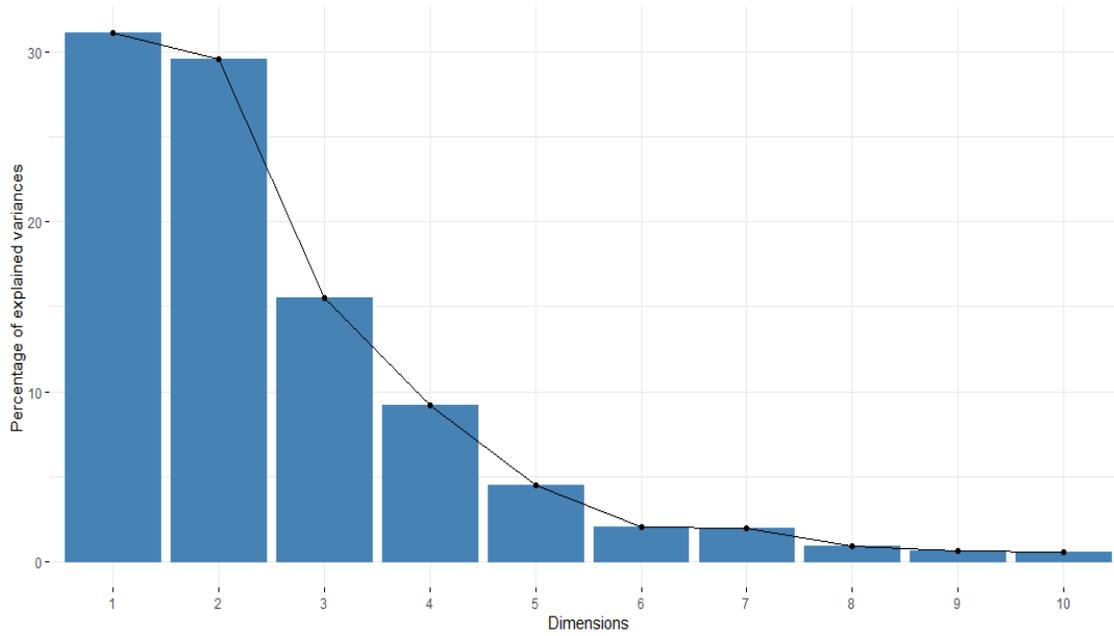
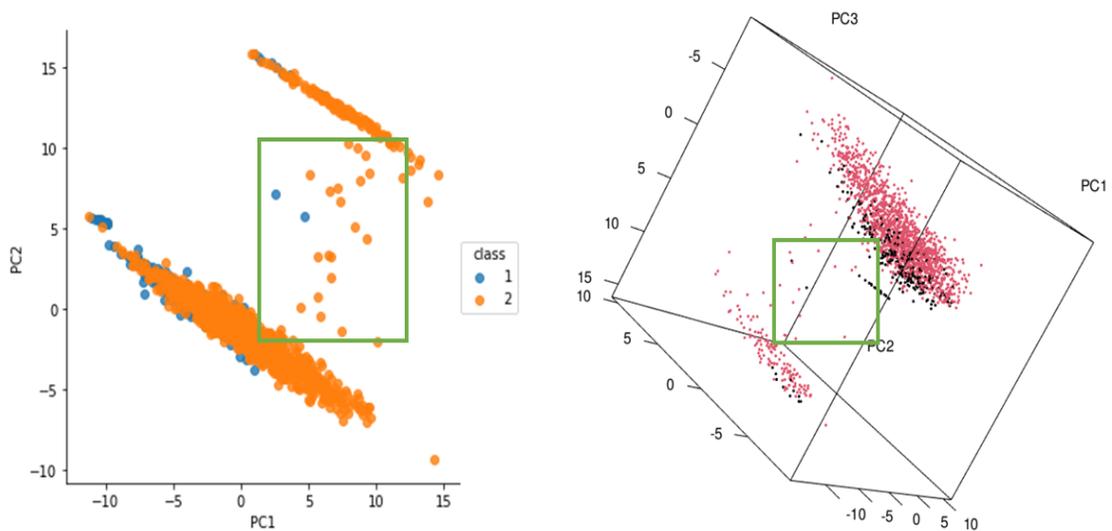


Figura 4. Explicación en términos de porcentaje de varianza.



## Resultados para la zona de Parral

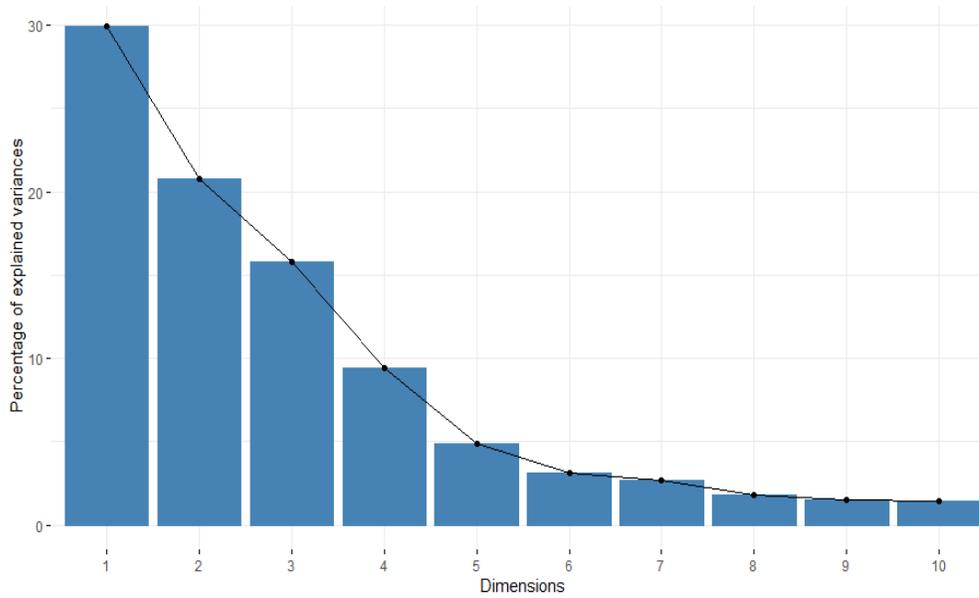
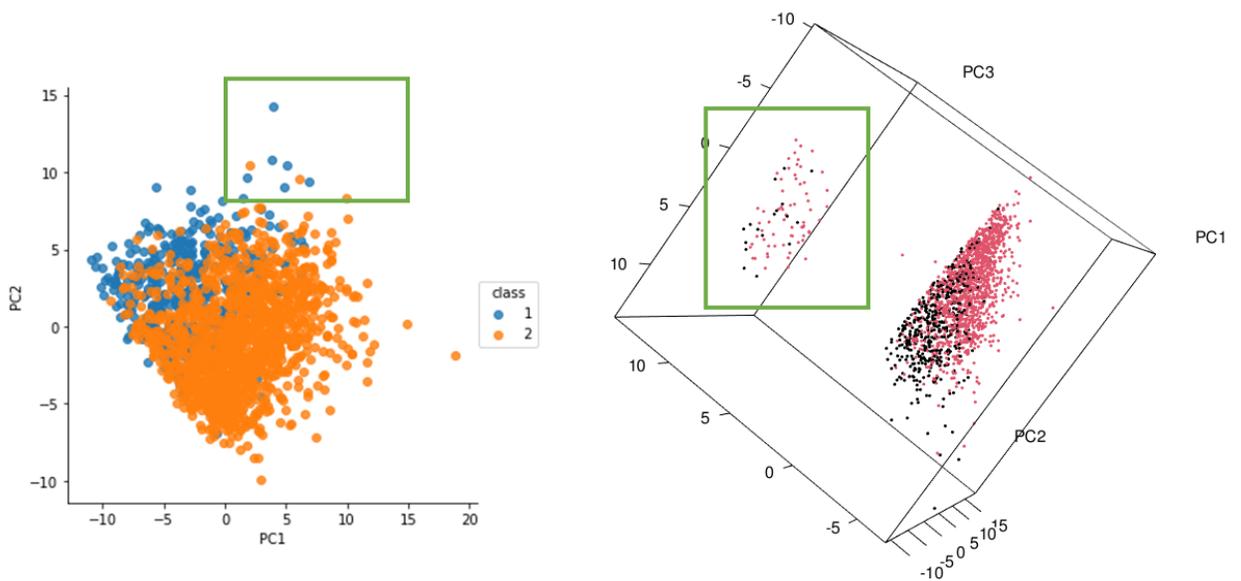


Figura 6. Explicación en términos de porcentaje de varianza.

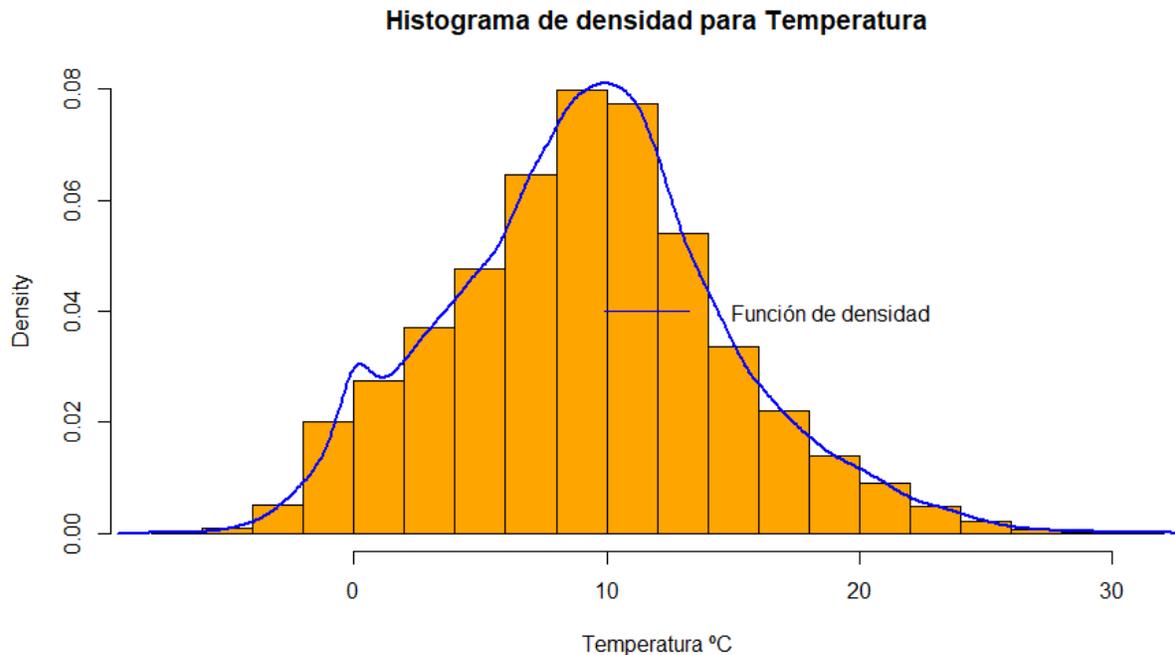


- **Evaluación de los registros anómalos.**

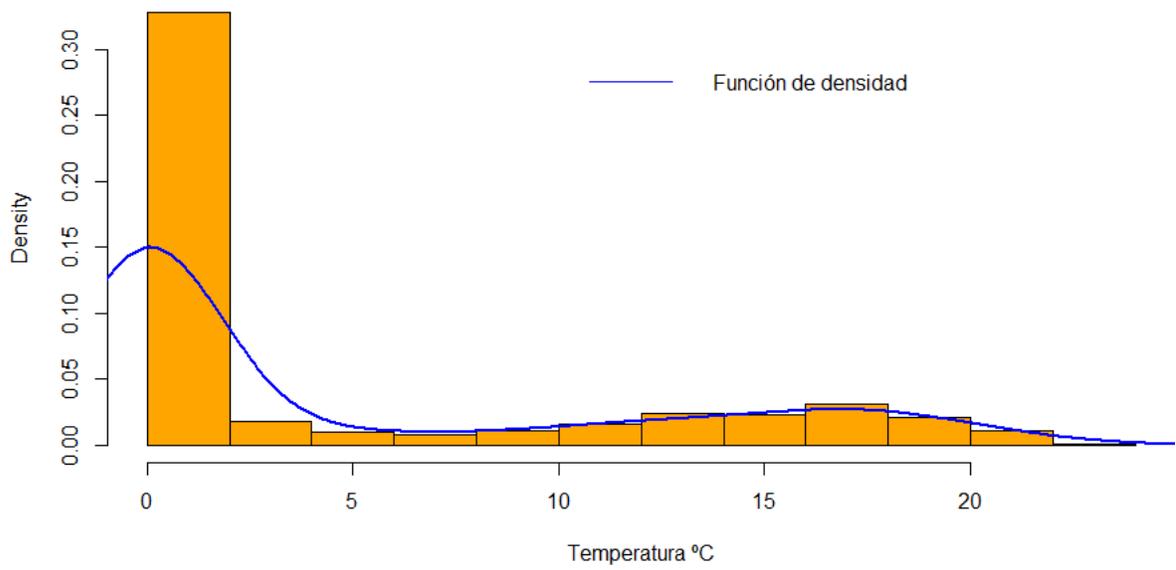
Al analizar los vectores de datos identificados como atípicos o anómalos estos presentaban errores de medición, por ejemplo, mediciones con valores 0 o mediciones con valores -888. Estos errores en medición se descubrieron en las diferentes variables climáticas (temperatura, humedad, radiación solar, velocidad del viento y dirección del viento).

En las figuras 8,9,10 y 11 se puede apreciar la diferencia entre los histogramas de densidad de el total de los datos, en comparación de un periodo de tiempo con datos atípico en la zona de Longaví sur. En el caso de la temperatura se puede ver observar que las mediciones de temperatura concentran su densidad en valores cercanos a los 10 °C, sin embargo, en un periodo de datos atípicos se puede observar la concentración en valores cercanos a 0 °C. En relación con la humedad se puede ver observar que las mediciones concentran su densidad entre 80 y 100 %, mientras que en un periodo de datos atípicos se puede observar la concentración en valores cercanos a 0 %.

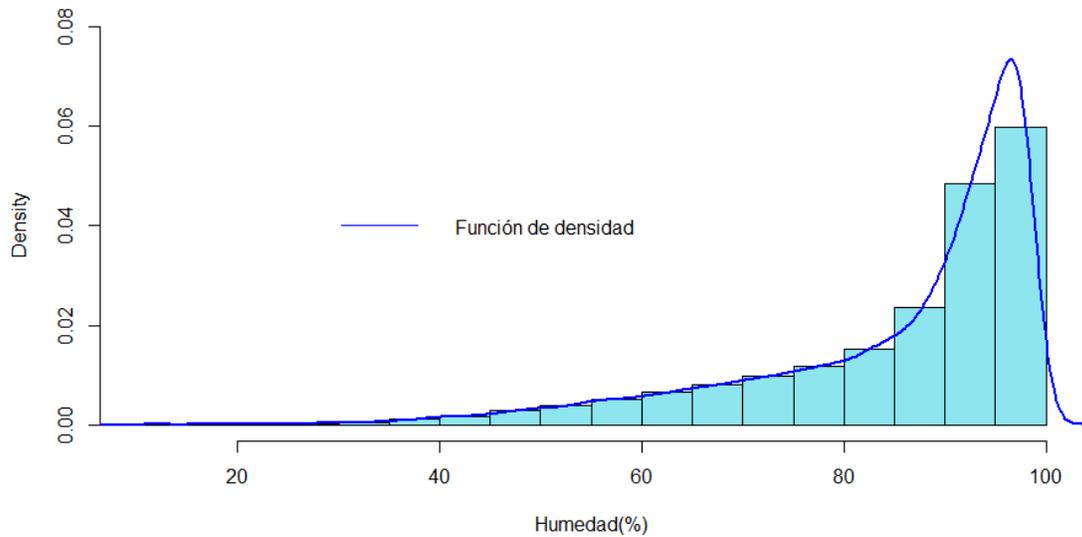
Este comportamiento de mediciones con valores 0 fueron observadas también para las diferentes variables climáticas. Otro valor de medición atípico detectado fueron valores -888, los cuales se encuentran principalmente presentes en variables de radiación solar, velocidad del viento y dirección del viento.



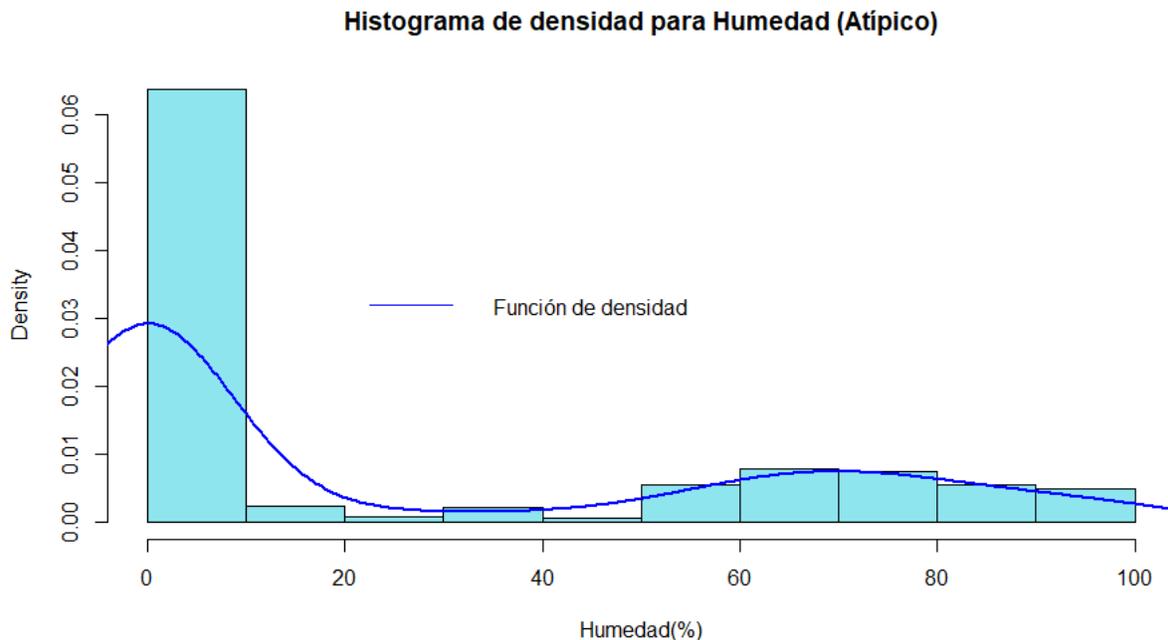
**Histograma de densidad para Temperatura (Atípico)**



**Histograma de densidad para Humedad**



**Figura 10.** Histograma de densidad para mediciones de Humedad. Sobrepuesta la función de densidad.



**Figura 11.** Histograma de densidad para datos identificados como atípicos de Humedad. La función de densidad de sobrepuesta.

### Comportamiento de modelos predictivos frente a datos atípicos

Se creó un modelo predictivo el cual fue testeado con los datos atípicos con el propósito de evaluar su comportamiento. En este análisis se considero 20 vectores de datos, los cuales fueron predichos como eventos de heladas para la zona de Longaví Sur. Se compararon estas predicciones con la estación más cercana y representativa, en este caso Longaví Norte. De los 20 vectores de datos, 3 fueron considerados como evento de helada en la estación de Longaví Norte y en las restantes no se consideraron heladas. De esta manera, se comprueba que los datos atípicos afectan la eficiencia de los modelos por sobre el 80 % de los casos.

Se sugiere que la eliminación de los vectores o registros considerados como atípicos o anómalos no debería afectar significativamente la performance de modelos predictivos. Eliminar estos registros y detectarlos permiten robustecer el comportamiento de la plataforma de heladas frente a escenarios de datos atípicos.

## Anexo-07: Plataforma Sistema de Alerta temprana de Heladas

# Propósito

El presente informe describe el estado actual del software desarrollado para el proyecto FIC 30.481-998-0.

# Introducción

El Proyecto FIC 30.481-998-0, de ahora en adelante “el Proyecto”, requiere el desarrollo de una plataforma de software consistente en una aplicación web para gestionar información referente a episodios de heladas en la Región del Maule. Esto implica tareas tales como la ingestión y el procesamiento de información agroclimática, la ejecución de modelos de predicción desarrollados por otros miembros del equipo y la generación de alertas automatizadas.

# Software

Para el proyecto se desarrolló una plataforma web, que se encarga de realizar la predicción de heladas utilizando los datos obtenidos de Agromet. El sistema es capaz de hacer las predicciones de manera autónoma en el servidor la aplicación, se encarga de:

- Representación de estaciones para adecuarse a los datos obtenidos de las distintas plataformas de información climática. El desarrollo de la aplicación se encargará de obtener y respaldar los datos obtenidos.
- obtención automatizada de los datos y almacenados en una base de datos local. Estas tareas se encargan cada una hora en obtener los datos, hasta el día anterior y guardarlos en la base de datos para que estén disponibles para su uso en la generación de predicciones
- Se generan esquemas para almacenar los datos agro-climatológicos descargados de Agromet en la base de datos.
- Implementar modelos de predicciones y ejecución sobre datos almacenados en el sistema, la ejecución programada de los modelos encargados de procesar datos, aplicar los modelos de predicción y retornar los resultados de las predicciones.
- Se diseñaron tareas automatizadas que se encargan de generar un archivo de datos usando información almacenada en la base de datos, seleccionar el modelo correspondiente y ejecutar la predicción para luego guardarla en la base de datos.
- Visualización de predicciones realizadas, existe un módulo para poder ver el historial de predicciones almacenadas. Este módulo está disponible para el administrador, los usuarios del sistema, y el público general.
- En los modelos de predicción, se generó un módulo en el cliente y el servidor para gestionar los archivos RData encargados de realizar las predicciones.
- Se implementa sistema de notificaciones automático para que funcione con las nuevas estaciones y predicciones de episodios de heladas que se generen en el sistema.

# Descripción General del Sistema

A continuación, se describe el sistema desarrollado y sus componentes principales, para servir como referencia a futuros desarrolladores. El sistema está compuesto de dos partes principales. El Cliente, que corresponde a la aplicación web o frontend, y el Servidor, que corresponde al backend.

Para el cliente y el servidor se requiere tener instalado node.js y el comando npm.

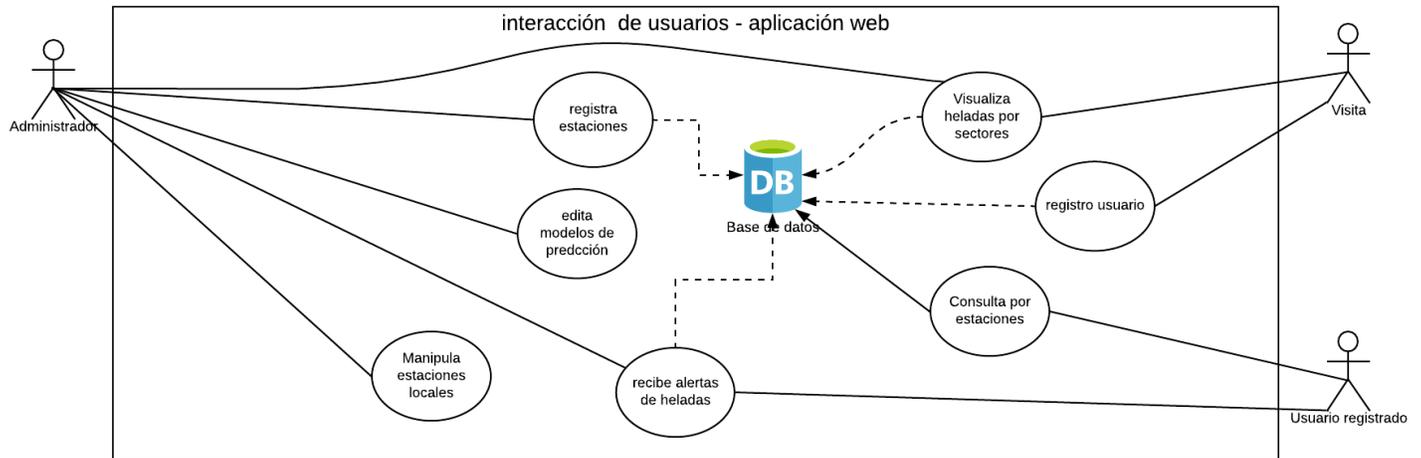
## Aplicación Web

Se desarrolló una aplicación web con el framework Angular, originalmente con la versión 4 y actualmente con la versión 5. Se utilizó como punto de partida una plantilla disponible en el sitio web <https://coreui.io> que usa el framework Bootstrap 4 para la definición de estilos. Se definió la interacción con el servidor a través de servicios de Angular y se importaron plugins para funciones específicas como el trabajo con mapas.

## Aplicación de Servidor

La lógica de la aplicación, las tareas automatizadas, la interacción con la base de datos y la API se definieron en una aplicación de servidor desarrollada en la plataforma Node.js. La base de datos del sistema es MongoDB y se interactúa con ella con la biblioteca Mongoose.js, que también se utiliza para definir esquemas para los modelos de datos.

# Descripción de interacción de usuarios



En la imagen de interacción de usuarios se describe cada uno de los actores:

## Actor Visita

- Es capaz de visualizar heladas por sectores de la región.
- Es capaz de registrarse en la plataforma

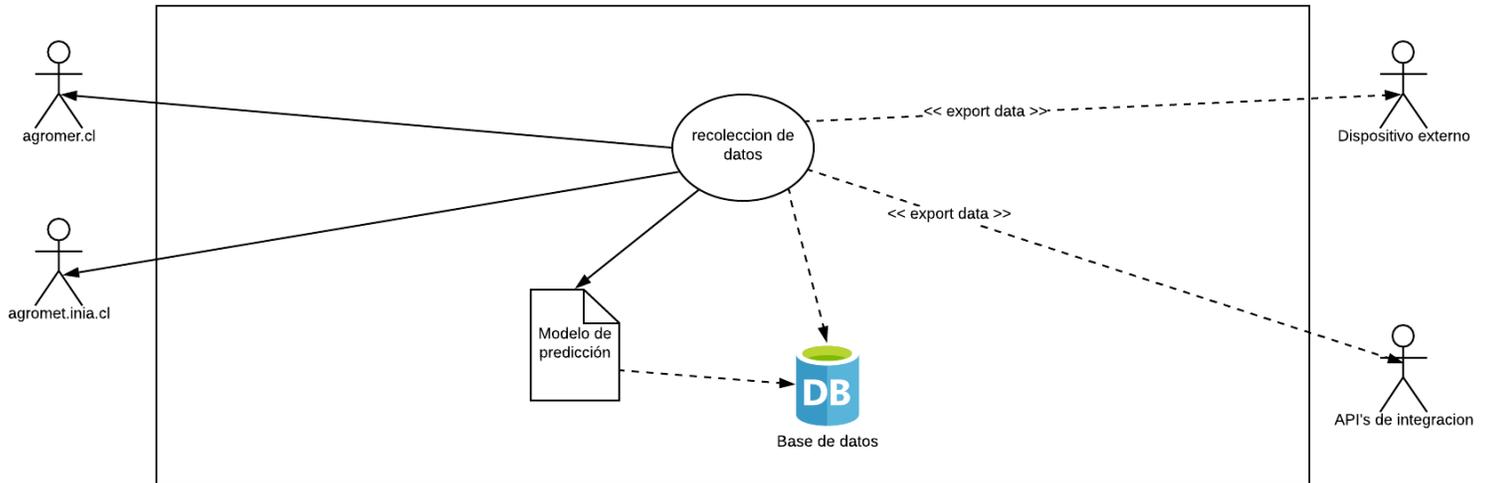
## Actor Usuario registrado

- Es capaz de consultar por las estaciones registradas en la plataforma
- Es capaz de recibir notificaciones de las heladas cuando estas sean reportadas

## Actor administrador

- Es capaz de visualizar heladas por sectores de la región.
- Es capaz de registrar estaciones nuevas en la plataforma
- Es capaz de insertar, editar eliminar los distintos modelos de predicción para cada estación meteorológica
- Manipula las estaciones meteorológicas locales
- Es capaz de recibir notificaciones de las heladas cuando estas sean reportadas

# Descripción de interacción en la aplicación



En la imagen de interacción de la plataforma se describe cada uno de los actores:

## Actor agromet.cl

- Es la aplicación que nutre de información meteorológica a la aplicación de heladas

## Actor agromet.inie.cl

- Es la aplicación que provee de información meteorológica a la aplicación de heladas

## Actor dispositivo externo

- Este actor es capaz de entregar la información necesaria de integración al resto de las aplicaciones web disponibles.
- Es capaz de entregar información procesada y ordenada a quien lo requiera

## Actor API's

- Este actor es capaz de integrarse en la mayoría de las aplicaciones móviles

# Principales aspectos de plataforma AlertFrost

La plataforma Alert Frost actualmente cuenta con 127 usuarios registrados para acceder a las estaciones de monitoreo, existen 55 puntos de control los cuales disponen de modelos para la estimación de heladas, entre estos 52 se encuentran disponibles de forma pública.

**Sistema de Alerta Temprana y Sectorizada de Heladas**

 <b>55</b> ESTACIONES DISPONIBLES	 <b>52</b> ESTACIONES PÚBLICAS	 <b>127</b> USUARIOS REGISTRADOS
Gestionar Estaciones >	Gestionar Estaciones >	Usuarios Registrados >

Bienvenido al Sistema de Alerta Temprana y Sectorizada de Heladas desarrollado mediante el Proyecto FIC código BIP-30.481.998-0.

## Ingreso

### Entrar

Ingresar con tu cuenta

### Registrarse

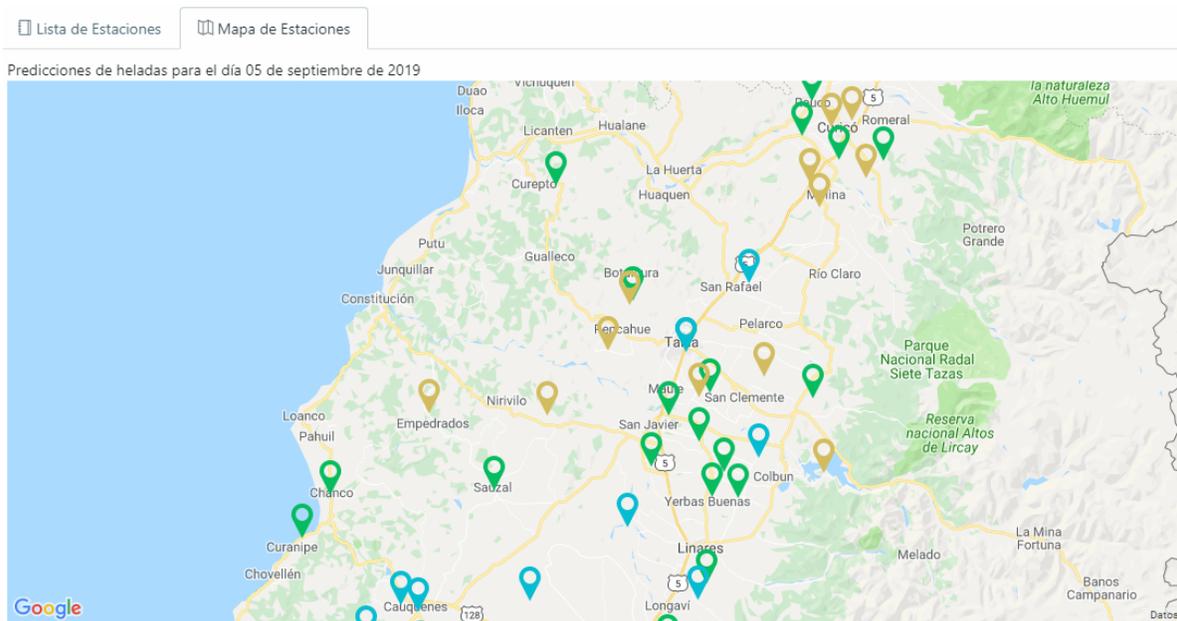
¿Aún no tienes una cuenta? ¡Regístrate aquí!

## Registro

### Registrarse

Crea tu cuenta

Los puntos de control meteorológicos públicos se encuentran distribuidos dentro de la región del Maule.



Las estaciones climatológicas públicas son aquellas que son parte de la Red Agroclimática Nacional, estas se identifican a través de un indicador único conocido como EMA. Para evitar perdidas de información cuentan con auto respaldo de datos.

Estaciones Registradas
Estaciones en Agromet
Registrar Estación

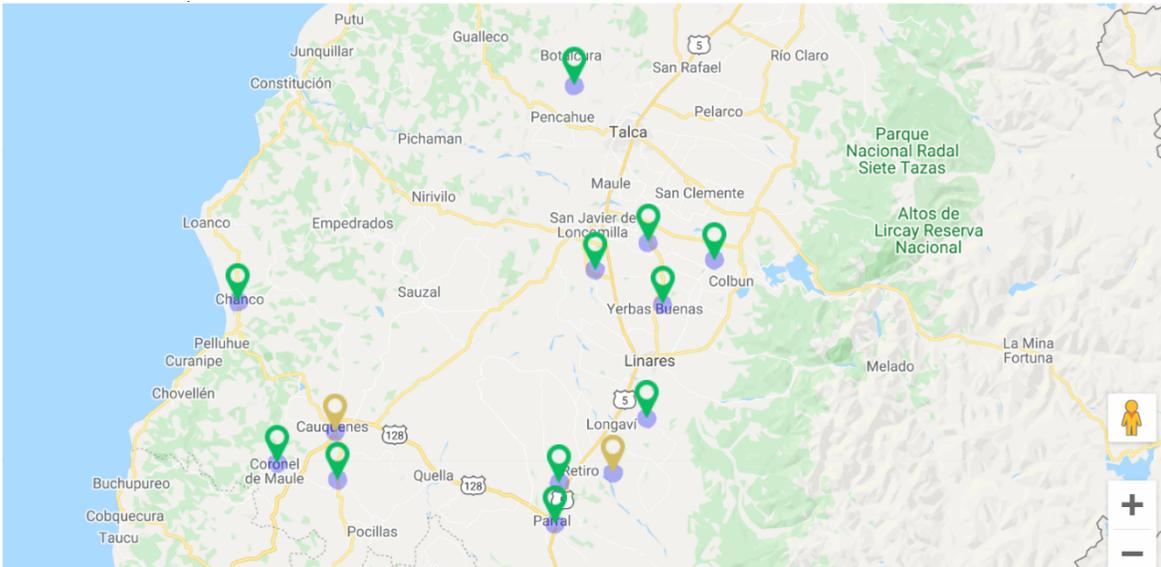
ID	Nombre	EMA	Región	Ciudad	Autorespaldo	Pública	Opciones
	Lontué	92	Maule	Molina	Sí	No	
	San Rafael	94	Maule	San Rafael	Sí	Sí	
	San Pedro	95	Maule	Pencahue	Sí	Sí	
	Colbún	98	Maule	Colbún	Sí	Sí	
	Longaví Norte	100	Maule	Longaví	Sí	Sí	
	Longaví Sur	101	Maule	Longaví	Sí	Sí	
	San Javier	105	Maule	San Javier	Sí	Sí	
	Yerbas Buenas	97	Maule	Yerbas Buenas	Sí	Sí	
	Parral	102	Maule	Parral	Sí	Sí	
	Parral Norte	103	Maule	Retiro	Sí	Sí	

« 1 2 3 4 5 6 »

Al hacer uso de la plataforma existen 3 tipos de reportes con los cuales se puede encontrar el usuario. Los cuales son.

### 1. La estación se encuentra sin información.

Existen muchas instancias en las que las estaciones pierden información o dejan de monitorear los cambios meteorológicos, cuando ocurre este suceso la plataforma Alert Frost les indica a los usuarios que la estación se encuentra sin datos, por lo tanto, no es posible generar un pronóstico de heladas. Esto se puede evidenciar en el mapa debido a que el indicador de la estación se torna de color amarillo, como se puede ver en la siguiente imagen.



## 2. La estación no pronostica heladas.

En el segundo caso se puede observar que la estación se torna de color verde para indicarle al usuario que no se presentara heladas para ese punto de control (como se ve en la imagen anterior). El usuario puede comprobar los detalles de la predicción al acceder a la estación de interés.

**Estación San Javier**

Sin heladas

Detalles de la Predicción	
Estación	San Javier
Horario de la Predicción	21 : 00
Predicción para	23 de octubre de 2020
Intensidad	
Duración	

## 3. La estación pronostica heladas.

En el tercer caso la estación se torna de color rojo en el mapa lo que indica que se esta pronosticando una helada para ese sector. Ubicando el cursor sobre la estación se observan detalles como la hora de incidencia del suceso, intensidad y duración del mismo.

**Estaciones**

Lista de Estaciones
  Mapa de Estaciones

Predicciones de heladas para el día 23 de octubre de 2020

**Reporte climático: Lontué**

**Sector:** lat. -35.04573815523955, Long. -71.24851226108149

**Probabilidad de helada:** Hay probabilidad de heladas

**Hora Estimada:** Se espera que la temperatura descienda a bajo cero entre las 0:00am a 4:00am

**Intensidad:** Se espera que sea mayor a 0°C, pero no supere los -0.5°C

**Duración Estimada:** Las temperaturas bajo cero se mantendrán por un tiempo menor o igual a 3 horas

[Ver Detalles](#)

También se pueden observar más detalles al ingresar a la estación de interés, en la cual se muestra información más completa con el fin de entregar al usuario los datos necesario del pronóstico para la toma de decisiones.

**Estación Lontué**

Probabilidad de Heladas

**Detalles de la Predicción**

Estación	Lontué
Horario de la Predicción	21 : 00
Predicción para	24 de octubre de 2020
Intensidad	0°C a -0.5°C
Duración	Menor o Igual de 3 horas

[Volver](#)

Los usuarios también tienen la posibilidad de acceder a registros históricos de las estaciones, lo que puede ser información específica como la temperatura promedio, temperatura máxima, humedad, entre otros, que se han registrado durante el día, semana, mes e incluso año.

Desde:

01/09/2020



Hasta:

01/09/2020



Descargar Datos Seleccionados

Eliminar Datos Seleccionados



Por otra parte, también los usuarios a través de la plataforma tienen la posibilidad de revisar los registros históricos de incidencia de heladas de la estación durante un periodo determinado de tiempo.

### Histórico de Predicciones de la estación Lontué

Desde:

01/07/2020



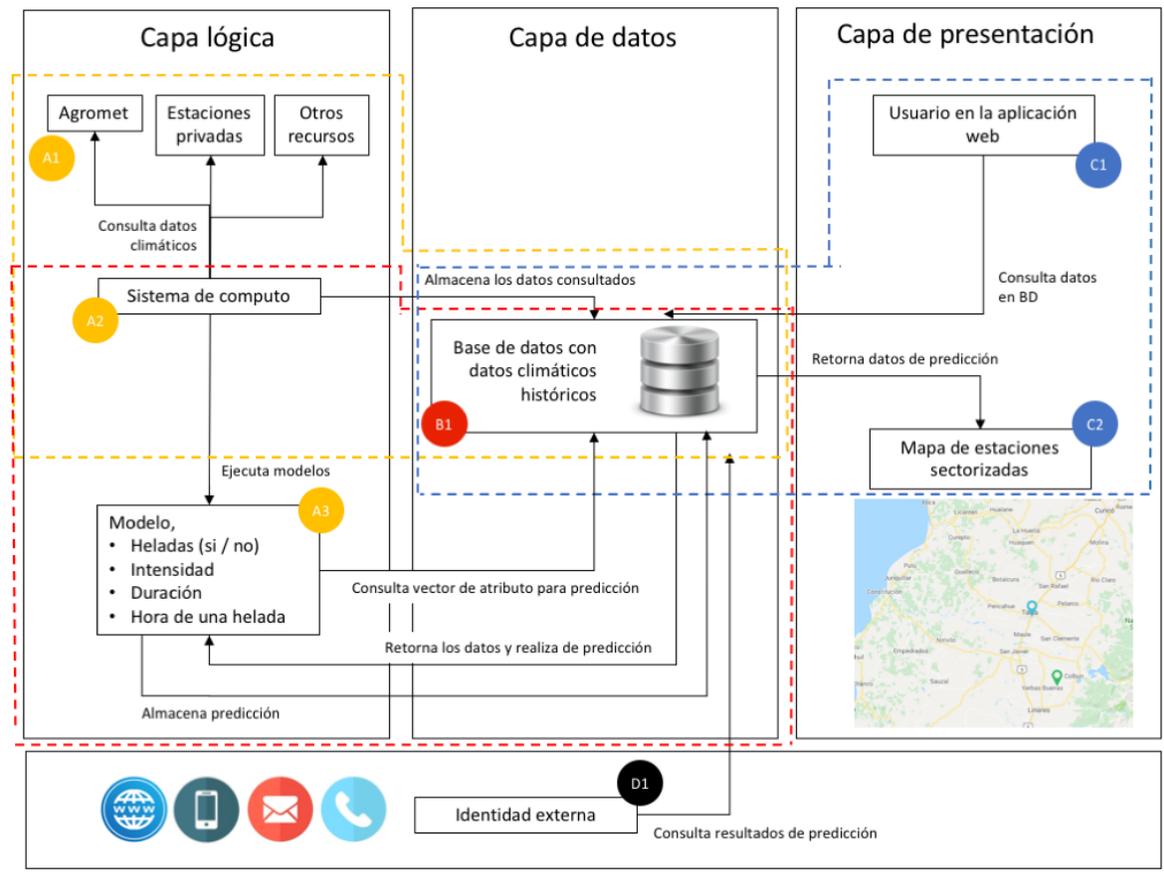
Hasta:

23/10/2020



Fecha	Predicción día siguiente
2020-07-01 15:00	Sin Probabilidad
2020-07-01 18:00	Sin Probabilidad
2020-07-01 21:00	Sin Probabilidad
2020-07-02 15:00	Sin Probabilidad
2020-07-02 18:00	Probabilidad de Heladas
2020-07-02 21:00	Probabilidad de Heladas
2020-07-03 15:00	Sin Probabilidad
2020-07-03 18:00	Probabilidad de Heladas
2020-07-03 21:00	Sin Probabilidad

# Diagrama del sistema de alerta temprana de helada



El sistema de predicción temprana de heladas está compuesto por la capa lógica, capa de datos y capa de presentación las cuales se encuentran interactuando para generar alertas tempranas de episodios de heladas, estas capas se pueden apreciar en la imagen x.

La imagen x permite observar los actores involucrados para obtener datos climáticos y almacenarlos en la base de datos (sección de color amarillo). La capa lógica del sistema (A2) permite ir a consultar los datos a diferentes identidades que permiten obtener datos climáticos, por ejemplo, Agromet, INIA, estaciones privadas u otros (A1). Luego de la consulta, la información climática obtenida es almacenada en la base de datos (B1), estas consultas y respaldo de datos en la base de datos se realiza cada 1 hora automáticamente por el sistema.

Para realizar predicciones la capa lógica necesita coordinar los modelos y las consultas a la base de datos (sección en color rojo). Para realizar una predicción la capa lógica ejecuta los modelos (A3), quienes extraen los datos climáticos desde la base de datos (B1) para construir el vector de atributos y realizar la predicción. Luego de tener la predicción para alerta, intensidad, duración y hora de una helada esta es almacenada en la base de datos del sistema, permitiendo ser consultada cuando lo requiera el propio sistema o alguna identidad externa (D1) (Aplicación móvil, Servicio web u otros).

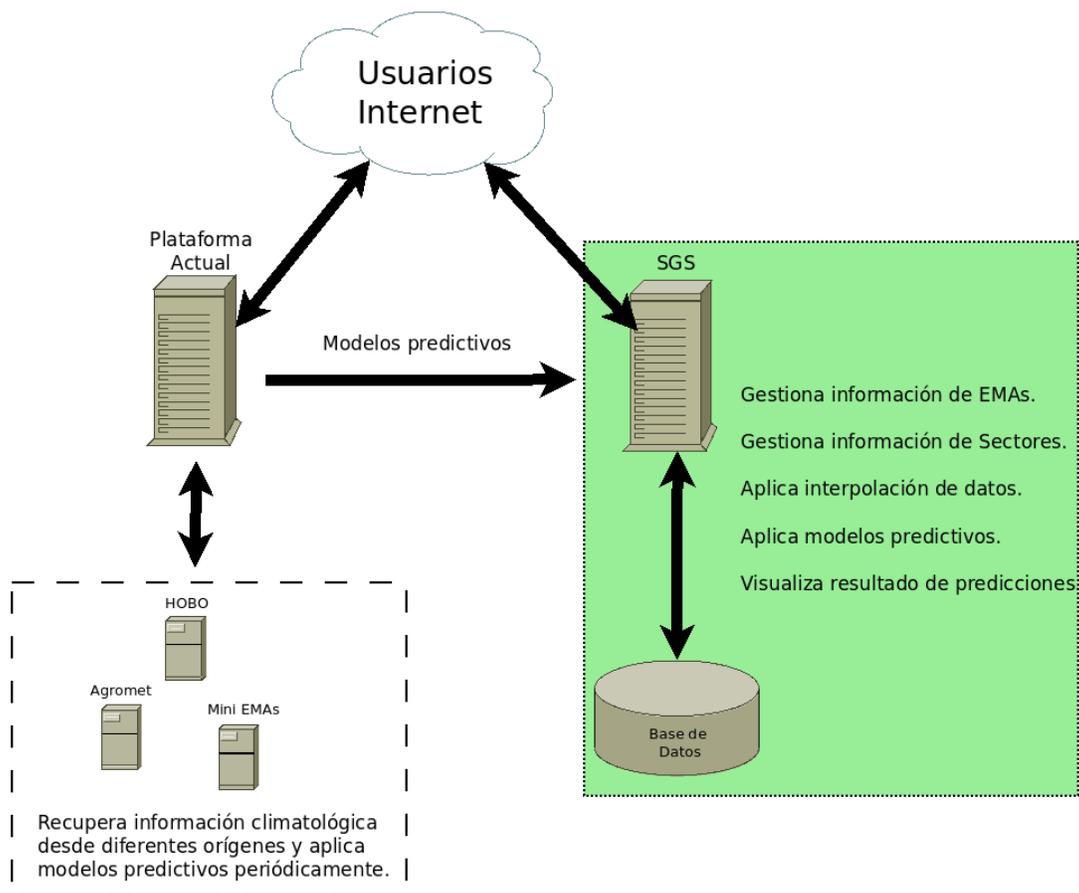
Los datos de predicciones de heladas son visualizados por el usuario (C1) gracias la capa de presentación, la cual interactúa con la capa de datos para obtener la información solicitada por el usuario (sección en color azul). El usuario puede seleccionar las estaciones las cuales serán mostradas mediante un mapa interactivo (C2) que permite filtrar por comuna las estaciones presentes en el sector. Además, el usuario puede registrarse para recibir notificaciones vía correo electrónico que le permitirán mantener información de alertas en diferentes horarios (15:00, 18:00 y 21:00 horas).

# Aplicación para generar modelos y alerta sectorizada de heladas en un determinado sector

## Diseño de la solución

El sistema hace uso de los modelos predictivos generados en otra plataforma disponible por el cliente.

Mediante el uso del sistema se puede gestionar toda la información necesaria para la realización de las predicciones de heladas, el diseño general implementado se muestra en el siguiente diagrama.



El sistema permite la visualización de las EMAs en un mapa interactivo. Además, la gestión de áreas de interés geográficos (Sectores) y su posterior visualización con información climatológica (y resultados de predicción de heladas). La información que se obtiene por cada EMAs es una matriz de datos con variables climatológicas con los siguientes campos: FechaHora, Temperatura,

Precipitación, Humedad, Presión Atmosférica, Radiación Solar, Velocidad del Viento, Temperatura Mínima, Temperatura Máxima, Dirección del Viento.

## INTERPOLACIÓN DE DATOS CLIMATOLÓGICOS

Para la aplicación de los modelos predictivos se requiere de la generación de datos climatológicos calculados a partir de las variables climatológicas disponibles en las EMAs cercanas a un sector particular.

### Lista de Estaciones Virtuales

Lista de Estaciones

Nombre:

Id única:

Pública:  sí

Ubicación: 

Coordenadas: Latitud: -35.73146406053539, Longitud: -71.60166260786355

EMAS asociadas:

1	Miraflores	<input type="button" value="Borrar"/>
2	Yervas Buenas 2	<input type="button" value="Borrar"/>

Mantiene la información climatológica (con múltiples variables) en cada una de las EMAs ingresadas al sistema, mediante la interpolación de los datos de las EMAs que se relacionan a un sector específico, mediante una rutina automática que ejecuta las funciones matemáticas para realizar las interpolaciones necesarias.

## Listado de sectores

En la pantalla principal de la aplicación se presentan una lista de los sectores virtuales creados.

Nombre	ID EMA	Autorespaldo	Pública	Opciones
Zona 5	3245345	No	Sí	  
Zona 2	2232	No	Sí	  
Zona 3	2345543	Sí	No	  
Zona 1	1313	No	Sí	  

Total de estaciones: 4

Todos los sectores tienen la propiedad de Editar, Visualizar datos interpolados y por último Eliminar.

## Edición de un sector

Al presionar la opción de edición de un sector, la aplicación mostrará la sección específica para esto como lo detalla la Figura 1. En esta sección se muestra la información relacionada al sector seleccionado.

Lista de Estaciones Virtuales	
<input type="checkbox"/> Lista de Estaciones	<input type="button" value="Crear Estacion"/>
Nombre	<input type="text" value="Zona 3"/>
Id única	<input type="text" value="2345543"/>
Pública	<input type="radio"/> No
Ubicación	
Coordenadas:	Latitud: -35.49922595285545, Longitud: -71.53870244255471
EMAS asociadas:	

La sección de detalles del sector muestra la información básica de la edición de la estación virtual. En la Figura X se muestran las opciones disponibles. El cambio más básico que se puede hacer es el nombre del sector, La latitud y longitud se actualizan automáticamente cada vez que el sector es reposicionado presionando en el mapa.

Cuando se este satisfecho con los cambios es necesario presionar el botón Guardar cambios.

## Visualizar datos

Al presionar el botón de visualizar los datos, se despliega una ventana que muestra el detalle de los datos interpolados.

Estación Agromet: Zona 3

Categoría:

Desde:   Hasta:

Datos de la Estación

Fecha	T° Promedio	T° Mínima	T° Máxima	Precipitaciones / hr.	Presión Atmosférica	Humedad Relativa	Radiación Solar	Dirección del Viento	Velocidad del Viento	Grados Día	Horas de frío
2021-06-10 08:00:00	8	0	0		0					0	0

La sección de categoría, puede seleccionar en detalle la temperatura, precipitaciones, etc. Además, poder seleccionar el rango de fecha que se quiere visualizar la interpolación del periodo.

En esta sección permite la descarga de datos en formato csv para ser visualizados o realizar la acción que estime conveniente el usuario.

## Borrar Sector

Al presionar el botón de borrar sector se levanta un aviso que pide la confirmación de la acción.

## Muestra de predicciones

A continuación, se muestra un listado de las estaciones virtuales creadas, que además realizan la predicción de heladas.

**Estaciones**

Lista de Estaciones  Mapa de Estaciones

**Nombre** Predicciones para el día 17 de junio de 2021 **Opciones**

Zona 5	No hay datos de predicción para la estación.	<a href="#">Ver Detalles</a>
Zona 2	No hay datos de predicción para la estación.	<a href="#">Ver Detalles</a>
Zona 3	No hay datos de predicción para la estación.	<a href="#">Ver Detalles</a>
Zona 1	No hay datos de predicción para la estación.	<a href="#">Ver Detalles</a>

« 1 »

Total de estaciones: 4

En este listado de estaciones podemos revisar el detalle de las predicciones, este detalle incluye un histórico de predicciones de la estación seleccionada.

Existe la forma de muestra de las estaciones dentro de un mapa, para visualizar los sectores intervenidos en interpolación y predicción de heladas.

**Estaciones**

Lista de Estaciones  Mapa de Estaciones

Predicciones de heladas para el día 17 de junio de 2021

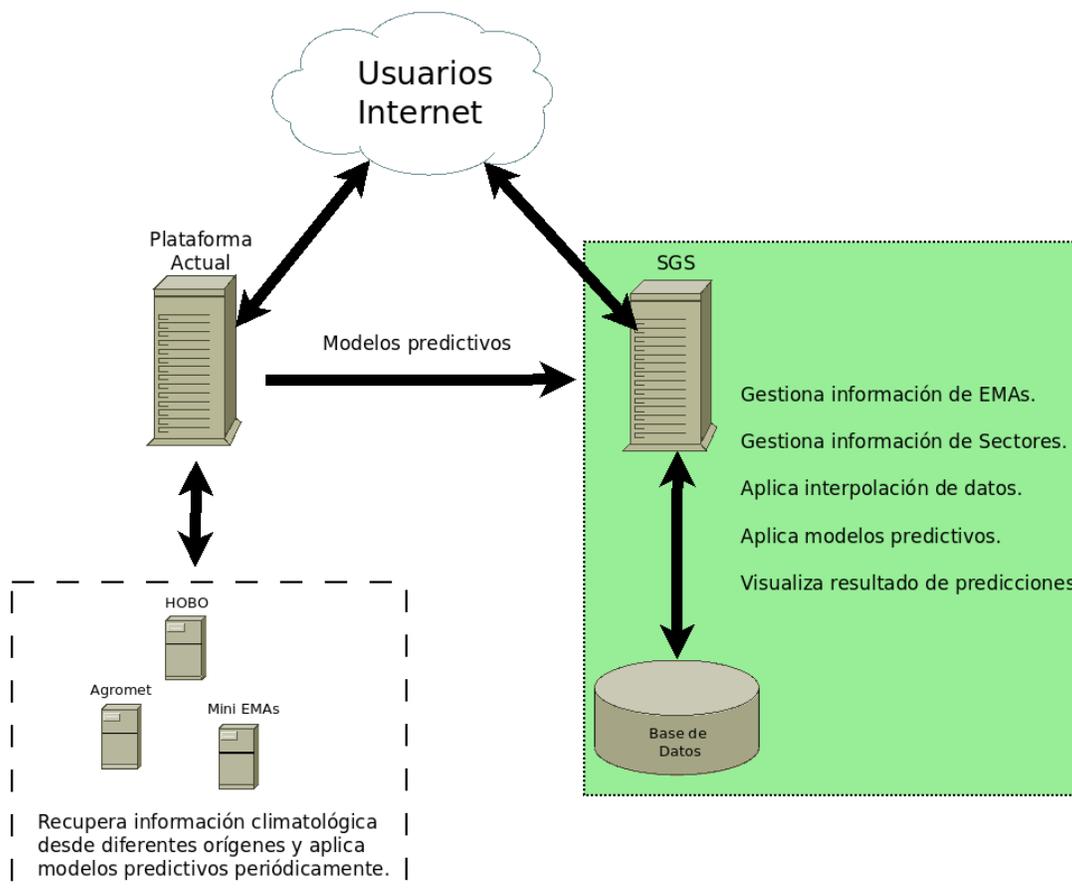
Datos del mapa ©2021 Google Condiciones del Servicio Informar un error en el mapa

# Anexo-08: Aplicación para generar modelos y alerta sectorizada de heladas en un determinado sector

## DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

El sistema hace uso de los modelos predictivos generados en otra plataforma disponible por el cliente.

Mediante el uso del sistema se puede gestionar toda la información necesaria para la realización de las predicciones de heladas, el diseño general implementado se muestra en el siguiente diagrama.

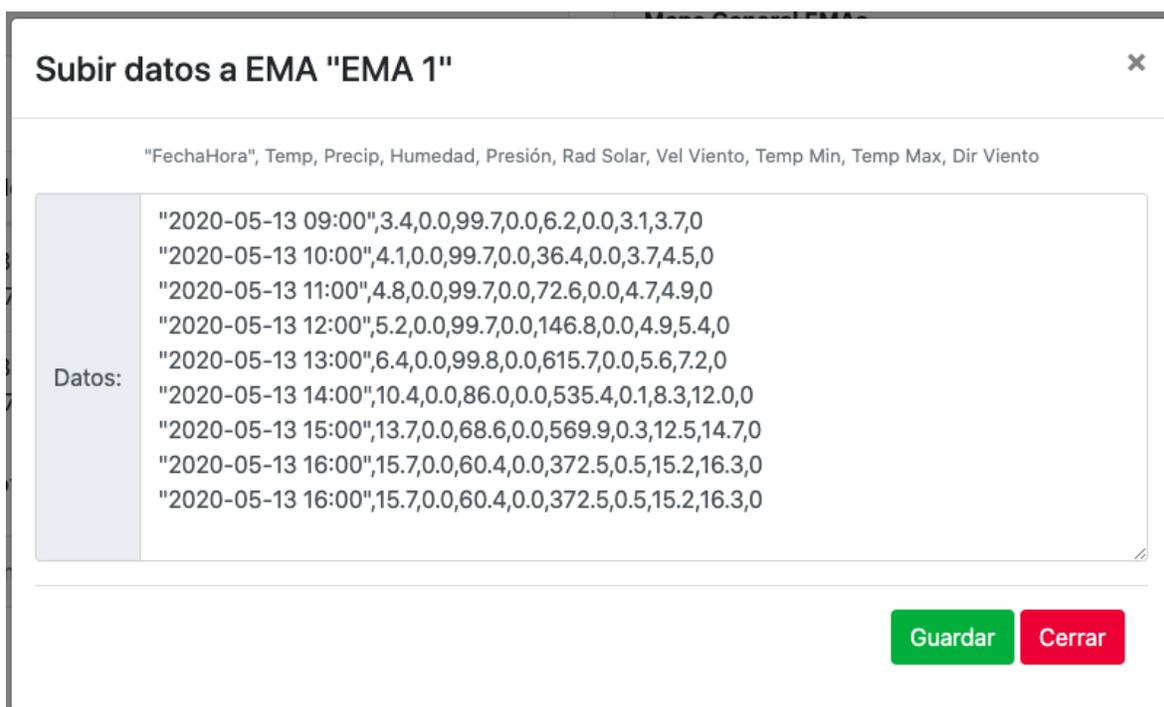


El sistema permite la visualización de las EMAs en un mapa interactivo. Además, la gestión de áreas de interés geográficos (Sectores) y su posterior visualización con información climatológica (y resultados de predicción de heladas). La información que se obtiene por cada EMAs es una matriz de datos con variables climatológicas con los siguientes campos:

FechaHora, Temperatura, Precipitación, Humedad, Presión Atmosférica, Radiación Solar, Velocidad del Viento, Temperatura Mínima, Temperatura Máxima, Dirección del Viento.

## INTERPOLACIÓN DE DATOS CLIMATOLÓGICOS

Para la aplicación de los modelos predictivos se requiere de la generación de datos climatológicos calculados a partir de las variables climatológicas disponibles en las EMAs cercanas a un sector particular.



Subir datos a EMA "EMA 1" ✕

"FechaHora", Temp, Precip, Humedad, Presión, Rad Solar, Vel Viento, Temp Min, Temp Max, Dir Viento

Datos:

- "2020-05-13 09:00",3.4,0.0,99.7,0.0,6.2,0.0,3.1,3.7,0
- "2020-05-13 10:00",4.1,0.0,99.7,0.0,36.4,0.0,3.7,4.5,0
- "2020-05-13 11:00",4.8,0.0,99.7,0.0,72.6,0.0,4.7,4.9,0
- "2020-05-13 12:00",5.2,0.0,99.7,0.0,146.8,0.0,4.9,5.4,0
- "2020-05-13 13:00",6.4,0.0,99.8,0.0,615.7,0.0,5.6,7.2,0
- "2020-05-13 14:00",10.4,0.0,86.0,0.0,535.4,0.1,8.3,12.0,0
- "2020-05-13 15:00",13.7,0.0,68.6,0.0,569.9,0.3,12.5,14.7,0
- "2020-05-13 16:00",15.7,0.0,60.4,0.0,372.5,0.5,15.2,16.3,0
- "2020-05-13 16:00",15.7,0.0,60.4,0.0,372.5,0.5,15.2,16.3,0

Guardar Cerrar

Ilustración 2 – Estructura de los datos a subir para cada EMA relacionada.

Mantiene la información climatológica (con múltiples variables) en cada una de las EMAs ingresadas al sistema, mediante la interpolación de los datos de las EMAs que se relacionan a un sector específico, mediante un click se ejecuta las funciones matemáticas para realizar las interpolaciones necesarias.

## TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

A continuación se listan las diferentes tecnologías utilizadas en el proyecto:

- Framework Django 3.x. Django es un framework de desarrollo web de código abierto, escrito en Python, que respeta el patrón de diseño conocido como MVC (Modelo–Vista–Controlador) (<https://www.djangoproject.com/>)
- Python 3.x. Lenguaje de programación interpretado utilizado en el backend. (<https://www.python.org/>)
- Javascript. Lenguaje de programación interpretado utilizado en el frontend.
- Bootstrap 4.x. Framework HTML, CSS y Javascript para el desarrollo de sitios web. (<https://getbootstrap.com/>)
- Apache web server 2.x. Servidor web HTTP. (<https://httpd.apache.org/>)
- Debian GNU/Linux 10. Distribución con sistema operativo Linux. (<https://www.debian.org/>)
- MongoDB. Base de datos NoSQL orientada a documentos. (<https://www.mongodb.com/>)
- OpenStreetMap – OSM. Proyecto colaborativo para la generación de mapas. (<https://www.openstreetmap.org/>)
- Leaflet. Librería javascript para la interacción con mapas. (<https://leafletjs.co>)

# LA APLICACIÓN

## Listado de sectores

En la pantalla principal de la aplicación se presentan los sectores creados (de forma circular) en el mapa de la región actual.

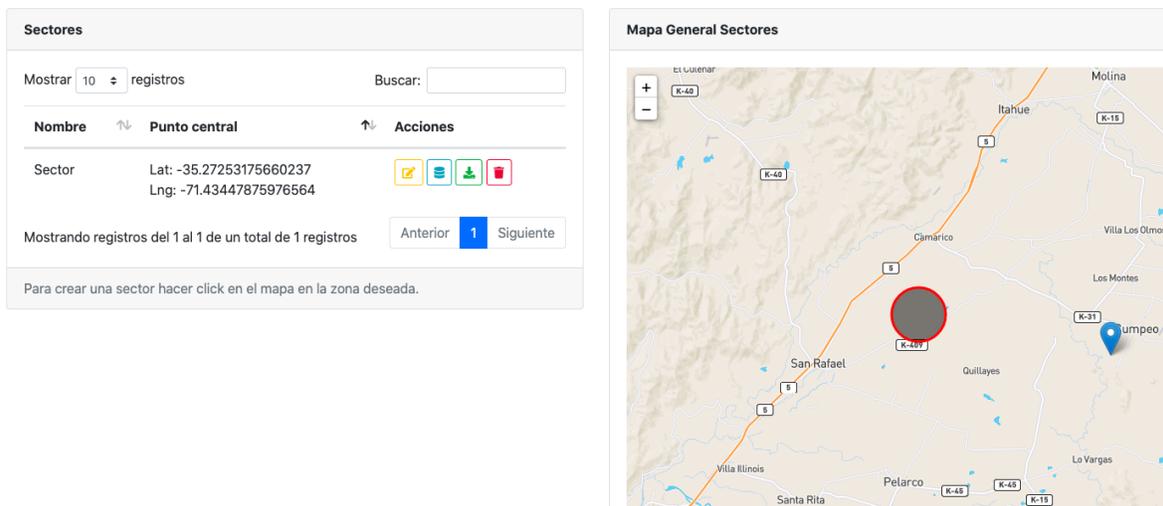


Ilustración 5 - visualización de los sectores.

Todos los sectores tienen la propiedad de Editar, Interpolador, Descargar información en csv y por último Eliminar.

Sector

Lat: -35.27253175660237

Lng: -71.43447875976564



Ilustración 6 – Acciones de cada sector.

## Edición de un sector

Al presionar la opción de edición de un sector, la aplicación mostrará la sección específica para esto como lo detalla la Figura 1. En esta sección se muestra la información relacionada al sector seleccionado

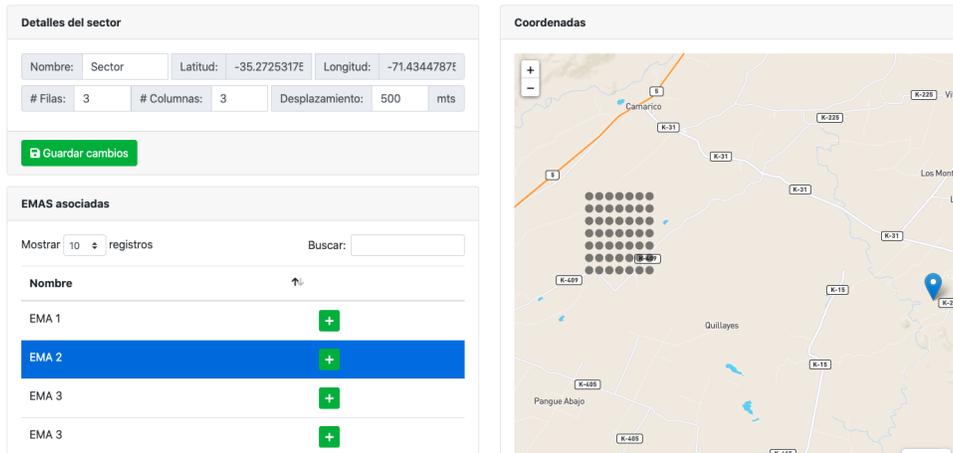


Figura 1 - Pantalla de edición de sector

La sección de detalles del sector muestra la información básica de este, la cual es editable. En la Figura 1 se muestran las opciones disponibles. El cambio más básico que se puede hacer es el nombre del sector, La latitud y longitud se actualizan automáticamente cada vez que el sector es reposicionado presionando en el mapa.

Al cambiar estas opciones, es necesario presionar nuevamente en el mapa para regenerar el sector. Si no hay información previa del sector, la aplicación crea un sector por defecto que tiene que ser modificado, esto es representado en la Figura 2.

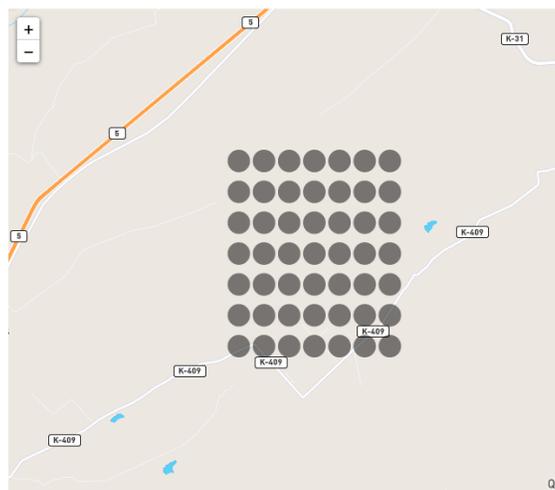
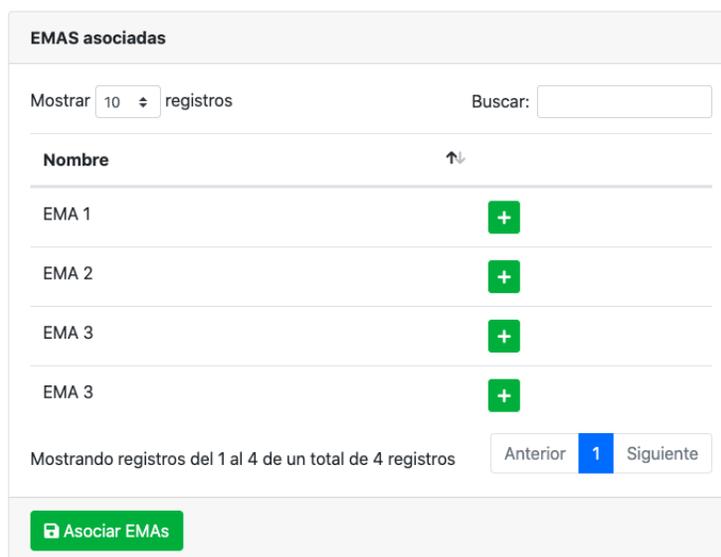


Figura 2 - Sector creado por defecto.

Cuando se este satisfecho con los cambios es necesario presionar el botón Guardar cambios.

Cada sector tienen que tener asociado una o más EMAS para que la aplicación pueda obtener la información asociada a ellas. Esto se representa en la figura 20.



The screenshot shows a web interface titled "EMAS asociadas". At the top, there is a search bar with the text "Mostrar 10 registros" and "Buscar:". Below this is a table with a header "Nombre" and a sort icon. The table contains four rows, each with the text "EMA 1", "EMA 2", "EMA 3", and "EMA 3" respectively, and a green "+" button to the right of each row. At the bottom of the table, there is a pagination bar that says "Mostrando registros del 1 al 4 de un total de 4 registros" and buttons for "Anterior", "1", and "Siguiete". Below the table is a green button with a plus icon and the text "Asociar EMAs".

Figura 3 - Asociar EMAS a un sector

Para asociar una EMA a un sector es necesario presionar el botón + como se muestra en la Figura 3. Luego de tener la selección de EMAS es necesario presionar el botón Asociar EMAs.

### Interpolación de los datos de EMA

Al presionar el botón de interpolar datos, se ejecuta el código asociado que obtiene la información de las EMAS asociadas al sector.

### Descarga de datos asociados a sector.

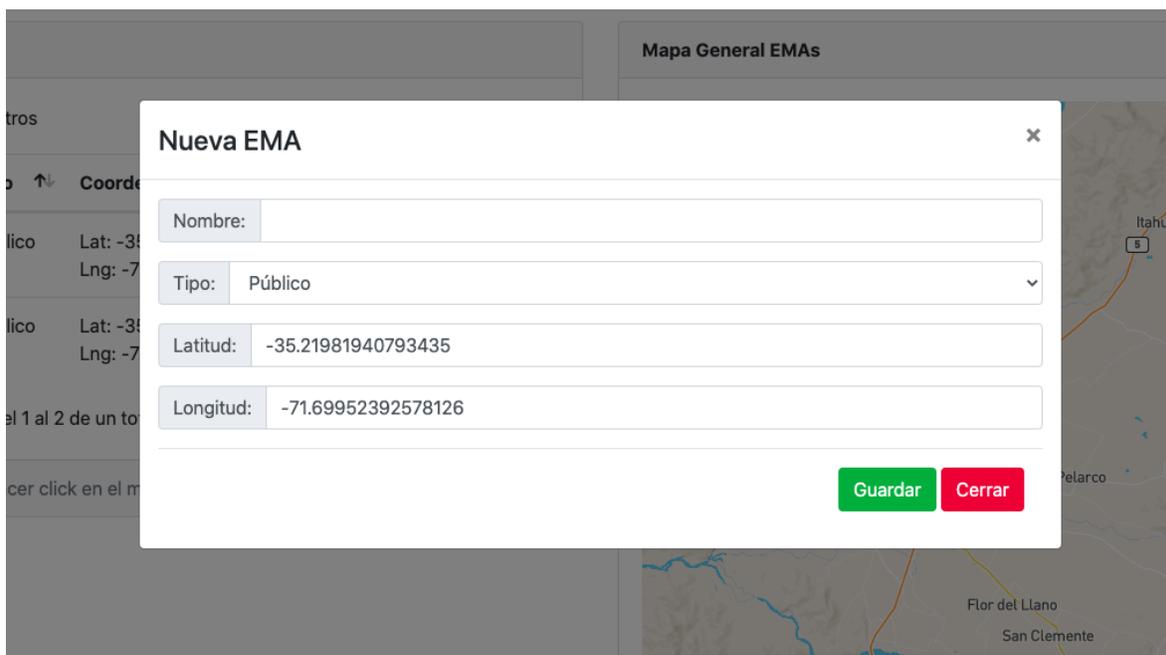
Al presionar el botón de descarga de datos, se descarga un CSV con los datos específicos del sector asociado y los cálculos realizados en conjunto a las EMAS asociadas.

### Borrar Sector.

Al presionar el botón de borrar sector se levanta un aviso que pide la confirmación de la acción.

## Creación de una EMA

Para la creación de una nueva EMA, se debe interactuar con el mapa presentado y presionar el puntero en el lugar deseado para la nueva EMA. Al presionar el puntero como muestra la Figura 1 - Crear nueva EMA se levantara una nueva ventana donde se pueden ingresar los datos del sector.



The image shows a web application interface for creating a new EMA. A modal window titled "Nueva EMA" is open over a map. The modal contains the following fields:

- Nombre:** An empty text input field.
- Tipo:** A dropdown menu with "Público" selected.
- Latitud:** A text input field containing the value "-35.21981940793435".
- Longitud:** A text input field containing the value "-71.69952392578126".

At the bottom right of the modal, there are two buttons: a green "Guardar" button and a red "Cerrar" button. The background map shows a geographical area with labels like "Itahue", "San Rafael", "Pelarco", "Talca", "Flor del Llano", and "San Clemente".

Figura 4 - Crear nueva EMA

Una vez creada la nueva EMA, se mostrara en el mapa con la representación mostrada en la

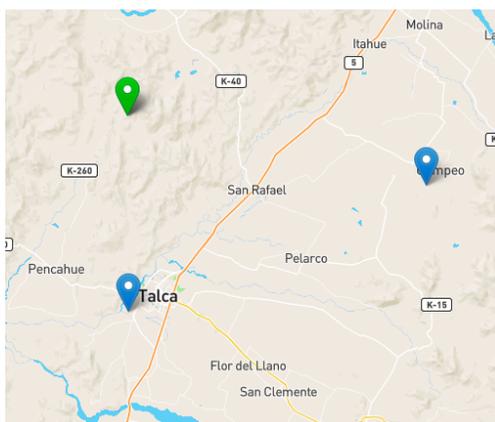


Figura 5 - Representación de la EMA creada. Azul - EMA publica y Verde - EMA privada

En la pestaña EMAS, la aplicación redirigirá hacia la sección de. Acá muestra las EMAS creadas y el mapa. Luego de crear una EMA, como muestra la Figura 3 estas serán mostradas en la sección de EMAS actuales

The screenshot displays two main components of the application interface:

- EMAs List:** A table with columns for 'Nombre', 'Tipo', 'Coordenadas', and 'Acciones'. It lists two entries: 'EMA 1' and 'EMA 2', both of type 'Público'. Each entry includes latitude and longitude coordinates and a set of three action icons (edit, delete, upload).
- Mapa General EMAs:** A map showing the geographical distribution of EMAs. Two blue location pins are visible on the map, one near Talca and another near Temuco. The map includes various road labels and geographical features.

Figura 6 - Listado de EMAs

Para cada EMA, se asigna diferentes acciones que son detalladas en la Figura 4. De izquierda a derecha estas son, Editar EMA, Borrar EMA y Subir información a EMA.

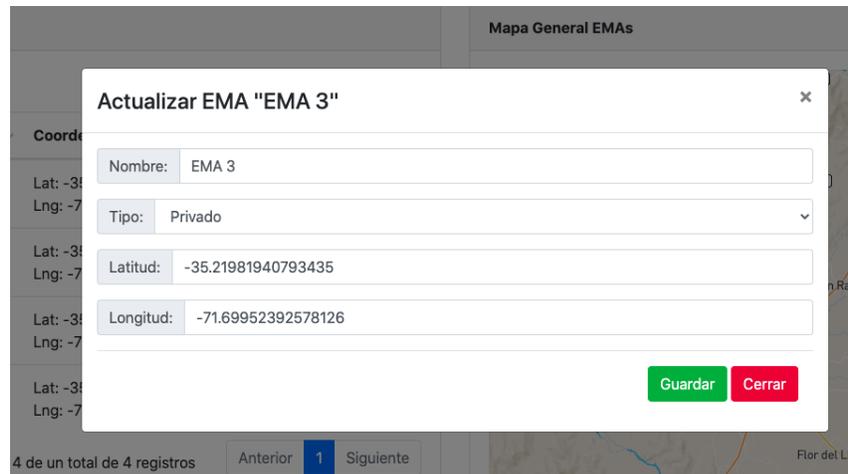
### Acciones



Figura 7 - Acciones asociadas a cada EMA creada

## Editar EMA

Al presionar el botón de edición de EMA se levanta la ventana mostrada en la Figura 5



Mapa General EMAs

Actualizar EMA "EMA 3"

Nombre: EMA 3

Tipo: Privado

Latitud: -35.21981940793435

Longitud: -71.69952392578126

Guardar Cerrar

4 de un total de 4 registros Anterior 1 Siguiente

Figura 8 - Editar EMA seleccionada

En esta ventana se pueden editar los datos básicos de una EMA. Nombre, Tipo, Latitud y longitud.

## Borrar EMA

Al presionar el botón de borrar EMA se levanta un aviso que pide la confirmación de la acción. Como es mostrado en la Figura 6

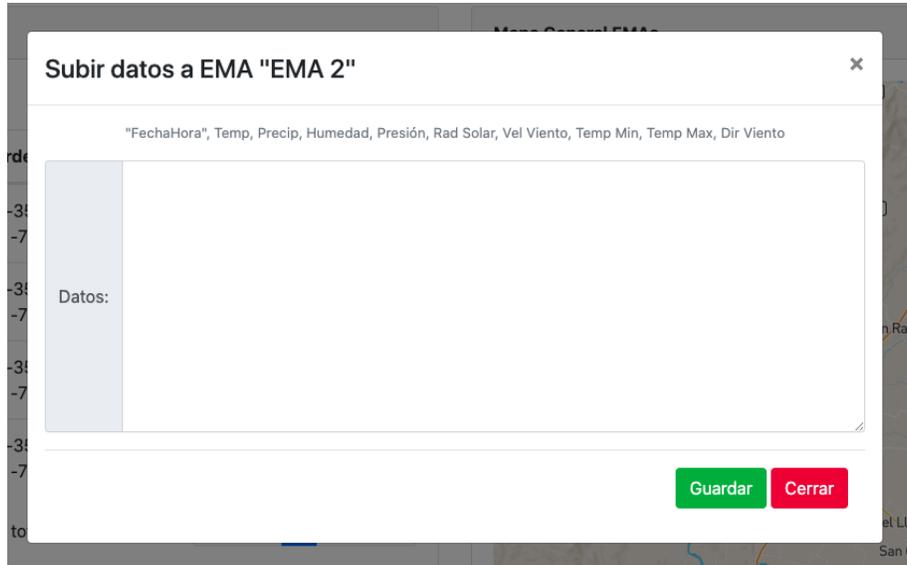


Figura 9 - Confirmación para borrar EMA seleccionada

Una vez borrada la EMA se eliminan los datos asociadas a ella.

## Subir información a EMA

Al presionar el botón de subir información a EMA se levanta un ventana que pide el ingreso de la información en el formato especificado. Como es mostrado en la Figura 7



The image shows a modal window titled "Subir datos a EMA 'EMA 2'". Inside the window, there is a text input field with a placeholder that reads: "FechaHora", Temp, Precip, Humedad, Presión, Rad Solar, Vel Viento, Temp Min, Temp Max, Dir Viento. Below the input field, there is a label "Datos:" followed by a large empty text area for data entry. At the bottom right of the window, there are two buttons: "Guardar" (green) and "Cerrar" (red).

Figura 10 - Subir información a EMA seleccionada

Una vez insertada la información a la EMA seleccionada, esta queda asociada a ella.

## **Anexo-09: Informe Técnico de Aplicación Móvil para sistema “ALERTFROST”**

### **1. Descripción de la aplicación**

AlertFrost es una aplicación que permite a los usuarios de la plataforma <https://heladas.alertfrost.cl/> poder visualizar desde su dispositivo móvil las alertas y predicciones de heladas para una zona determinada.

### **2. Requerimientos de la aplicación**

- La aplicación está desarrollada para la plataforma Android específicamente para la versión Android 5.0, es decir, puede ser instalada en cualquier dispositivo que funcione con el sistema operativo Android y que su versión sea igual o superior a la 5.0.
- AlertFrost utiliza el servicio de la plataforma web para permitir que la información esté al alcance de cualquier usuario, sin la necesidad de que utilice un computador.
- La aplicación necesita estar conectada a internet para ser utilizada.

### **3. Características no funcionales de la aplicación**

- AlertFrost fue implementada a través Android Studio, el cuál es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android.
- Los servicios fueron implementados en .net, la cuál es una plataforma para el desarrollo de softwares implementada por Microsoft, desde un punto de vista de desarrollador la esta extensión (.net) permite implementar aplicaciones y sistemas que son independientes de la arquitectura física y del sistema operativo sobre e que se ejecutaran.
- La base de datos se encuentra almacenada en el hosting <https://heladas.alertfrost.cl/> .

### **4. Programación de la App AlertFrost**

- La actual Plataforma Web de AlertFrost (<https://heladas.alertfrost.cl/>), cuenta con un diseño responsivo, el cuál permite ver la información contenida desde cualquier dispositivo, ya sea móvil, Tablet o computador. Este tipo de diseño permite que el sitio Web se adapte a diferentes dispositivos manteniendo la estructura y orden.
- La aplicación AlertFrost desarrollada utiliza esta ventaja de diseño responsivo para transformar el sitio web en una aplicación de Android, para esto se utilizó el componente WebView, el cual permite implementar contenido web dentro de la aplicación, una de sus principales ventajas al ser combinado con las plataformas web responsivas es que permiten tener la estructura y datos del sitio, pero visto desde una aplicación móvil.
- La documentación específica para Webview Android se encuentra en el enlace: <https://developer.android.com/reference/android/webkit/WebView>.

## 5. Descripción de funciones de la aplicación

### a. Login

Esta ventana permite identificar al usuario que ingresa a la aplicación, una vez que ingrese su email y contraseña podrá acceder al sistema.

En caso de que el usuario no se encuentre registrado lo podrá hacer a través del botón que aparece en la parte inferior “registrarse”



### b. Panel de Control

Este Side-bar muestra las opciones a las cual puede acceder el usuario, las cuales serán especificadas a continuación.

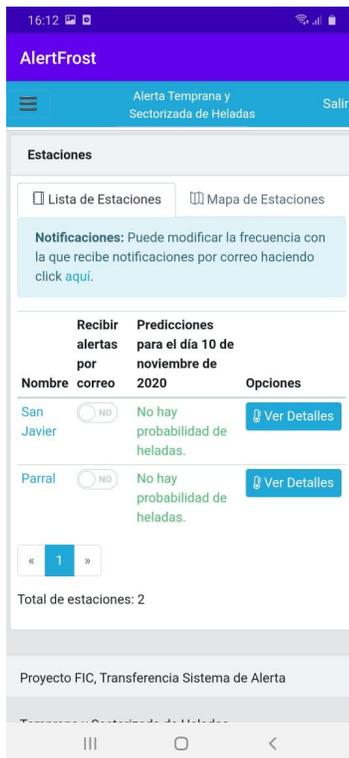


### c. Predicciones

La primera opción del panel de control muestra la ventana de predicciones, en esta se encuentran dos opciones, las cuales son:

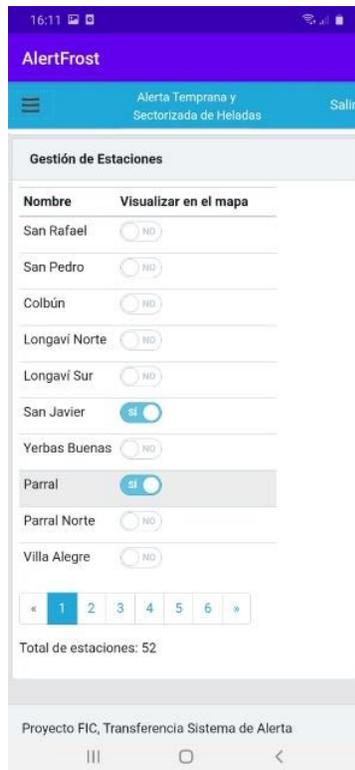
Lista de estaciones: en esta sección se listan las estaciones que tiene configurada el usuario como preferencia para ver las alertas de heladas.

Mapa de estaciones: es esta sección se muestra las estaciones a través de un mapa, cada una de ellas se visualizan por un icono, el cuál cambia de color en función de la predicción realizada para esa zona. (Verde: “sin helada”, rojo: “con helada” y amarillo “la estación no tiene datos”)



d. Selección de zonas

En esta sección el usuario tiene la posibilidad de configurar aquellas estaciones públicas que son de interés para él.



## **Anexo Actividades Difusión**

### **Proyecto FIC BIP 30.481.998-0: “Sistema de Alerta Temprana de Heladas”**

Se adjuntan respaldos de las siguientes actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto.

- ***Participación en congresos y seminarios:***
  - Congreso IEEE 2017 -Chile
  - Congreso UCAMi 2017 - USA
  - Congreso “IoT World Congress 2018” – España
  -
- ***Informes Actividades difusión:***
  - Informe productos gráficos 2019
  - Informe actividad con CORES y Profesionales GORE 2019
  - Informe participación en seminario PEC 2019
  - Informe actividades difusión 2020 (incluye actividad de lanzamiento plataforma AlertFrost).
  - Informe Productos gráficos y difusión 2020 para continuidad de actividades difusión año 2021.

**Participación en congresos y seminarios:**

**Informe de actividad proyecto FIC  
Sistema de Alerta temprana de Heladas - COD. BIP 30.481.998-0**

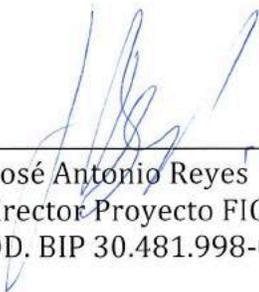
**Nombre actividad:** Actividad de difusión proyecto – participación en congreso IEEE Chilecon 2017

**Fecha:** 18 – 20 Octubre de 2017

**Descripción actividad:** participación de profesional del proyecto y Director en congreso. Se presenta artículo relacionado con la temática del proyecto. Se tienen reuniones técnicas con otros participantes del congreso para presentar objetivo y resultados esperados del proyecto. Se generan contactos para generar redes de colaboración técnica/investigación en discusión de etapas de modelamiento del proyecto de modo de potenciar el desarrollo del mismo a futuro.

**Programa de actividad:**

Se participa del congreso de modo de difundir actividades del proyecto a la comunidad de interés que asistió al evento.



---

José Antonio Reyes  
Director Proyecto FIC  
COD. BIP 30.481.998-0



# **IEEE Chilecon2017 Program**

## **Pucón, Chile, October 18-20, 2017**

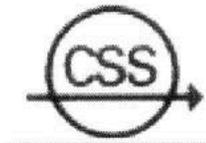
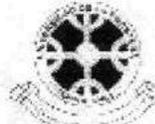
### **Organizers**

**IEEE Chile Section**  
**Asociación Chilena de Control Automático ACCA**  
**IEEE Chilean Chapter on Control Systems**  
**IEEE Chilean Chapter on SMC**

**MacroFacultad Chile**  
**Universidad de La Frontera**  
**Universidad del Bío- Bío**  
**Universidad de Talca**



**MacroFacultad**  
Ingeniería - Chile



## Program by tracks

Track 7.3: (Information Technologies and Communication Systems)					
#	Authors	Title	S	R	Time
152	Washington Fernández and Krzysztof Herman	Union of code and Encryption for channels with Class A Noise	Th 19	3	14:00- 16:00
154	Andrés Salazar, Juan Pallo, Santiago Manzano, Carlos Nuñez, Marco Jurado, Julio Cuji, Fmklin Plascencia	Electronic System of Monitoring and Control for Distribution of Electricity in Households	Th 19	3	14:00- 16:00
157	Antônio Marcos Melo Medeiros, Murilo Lívio de Oliveira, João Victor Ramos de Castilho, Cleidimar Garcia Pereira and Marcos Antônio de Souza	THE FIFTH GENERATION OF MOBILE COMMUNICATION AND ITS APPLICATIONS ON THE INTERNET OF THINGS (IoT)	Th 19	3	14:00- 16:00
162	Mohammed Jasim, Jorge Pezoa and Nasir Ghani	Simultaneous Multi-Beam Analog Beamforming and Coded Grating Lobes for Initial Access in mmWave Systems	Th 19	3	14:00- 16:00
177	Maria Estela	A Barnes-Wall lattice general scheme for the K-user Symmetric Interference Channel	Th 19	3	14:00- 16:00

Track 7.4: (Information Technologies and Communication Systems)					
#	Authors	Title	Se ssi on	Ro om	Time
186	Patricia Möller-Acuña, Alejandro Valdés-Jimenéz, Roberto Ahumada-García and José Antonio Reyes-Suárez	An information system for preventive alerting of frost episodes in the Central Region of Chile	Th 19	3	16:30- 18:30
191	Roberto Ahumada-García, Patricia Möller-Acuña and José Antonio Reyes-Suárez	An expert system for handling Phytosanitary Products in Chilean export fruit	Th 19	3	16:30- 18:30
198	Nicolás Matías Ortega Silva and Claudio Valencia Cordero	Towards Physical Layer Security systems design using Game Theory approaches	Th 19	3	16:30- 18:30
199	Erwin J. Sacoto Cabrera, Pablo L. Gallegos Segovia, Gabriel A. Leon Paredes, Jorge L. Rodriguez Bustamante and Gabriela P. Arevalo Quizhpi	Internet of Things: Informatic System for Metering with Communications MQTT over GPRS for Smart Meters	Th 19	3	16:30- 18:30
212	Cristian Duran-Faundez, Daniel G. Costa, David Rocha-Rocha, Francisco Vásquez-Salgado, Gilbert Habib and Patricio Galdames	On optimal deployment of industrial wireless sensor networks	Th 19	3	16:30- 18:30

## Program by tracks

## Track 7.4: (Information Technologies and Communication Systems) Room 3

#	Authors	Title	R 3	T
186	Patricia Möller-Acuña, Alejandro Valdés-Jimenéz, Roberto Ahumada-García and José Antonio Reyes-Suárez	An information system for preventive alerting of frost episodes in the Central Region of Chile	Thu 19	16:30- 18:30
	Frosts are one of the main risks faced by farmers during the winter and spring seasons. These events can cause significant damage to cultivations and crops. In Chile, these frosts generate significant losses in the agricultural production sector, causing crop losses of an entire year and compromising the income of the following year, especially fruit and wine growers. In this work we developed an information system for online monitoring of the weather conditions in the central Region of Chile. This is associated to data recorded on different zones by an automatic weather station (AWS) which data is publicly available. The systems automatically process this data in order to give a preventive alert for frost episodes. The system integrates different components including a prediction module based on historical agro-meteorological information, which communicates with an Application/Monitoring Predictions module.			
191	Roberto Ahumada-García, Patricia Möller-Acuña and José Antonio Reyes-Suárez	An expert system for handling Phytosanitary Products in Chilean export fruit	Thu 19	16:30- 18:30
	Nowadays, many requirements must be fulfilled in relation to the application of agrochemicals in different productive stages of the export fruit in Chile. Agronomists in charge of productive orchards should consult different sources of information before proceeding to apply a certain product. This is based on technical guides and protocols that are also modified from time to time, which implies a complex task. Based on this problem, this work presents the development of an expert system that integrates updated information regarding the application and management of these products for the main fruit varieties exported from Chile. This using a relational database that allows different types of queries. This system works in real time and updates the database information dynamically.			
198	Nicolás Matías Ortega Silva and Claudio Valencia Cordero	Towards Physical Layer Security systems design using Game Theory approaches	Thu 19	16:30- 18:30
	The huge develop of low consumption wireless devices both for industry and human wellness, such as Wireless Body Area Network and Wireless Sensors Networks have generated new challenges for both industry and scientific community. Security is one of this issues. Given the specific characteristics of the low consumptions modern devices a particular security mechanisms are must be developed. Hence, the Secrecy Capacity function from a Physical Layer Security system is analyzed as a two-player non-cooperative game chance constrained problem. Main results shows that Secrecy Capacity of a system can be considerably improved by using mixed strategies.			
199	Erwin J. Sacoto Cabrera, Pablo L. Gallegos Segovia, Gabriel A. Leon Paredes, Jorge L. Rodriguez Bustamante and Gabriela P. Arevalo Quizhpi	Internet of Things: Informatic System for Metering with Communications MQTT over GPRS for Smart Meters	Thu 19	16:30- 18:30
	The measurement of consumption of public services such as drinking water and electric energy, and information management is one of the problems facing intelligent cities. In this article we describe the design of a computer system that allows the management and administration of consumption records made by smart meters that communicate through MQTT using mobile telecommunications networks. The results obtained allowed to determine the efficiency of the connectivity through MQTT over GPRS and to perform tests of the computer system in order to validate its functionalities.			
212	Cristian Duran-Faundez, Daniel G. Costa, David Rocha-Rocha, Francisco Vásquez-Salgado, Gilbert Habib and Patricio Galdames	On optimal deployment of industrial wireless sensor networks	Thu 19	16:30- 18:30
	In this paper tackles the problem of node deployment in industrial wireless sensor networks, discussing practical scenarios and challenging issues. Moreover, a low complexity example is given in order to illustrate the different elements required.			

# An information system for preventive alerting of frost episodes in the Central Region of Chile

Patricia Möller-Acuña, Alejandro Valdés-Jiménez, Roberto Ahumada-García and José Antonio Reyes-Suárez

**Abstract**—Frosts are one of the main risks faced by farmers during the winter and spring seasons. These events can cause significant damage to cultivations and crops. In Chile, these frosts generate significant losses in the agricultural production sector, causing crop losses of an entire year and compromising the income of the following year, especially fruit and wine growers. In this work we developed an information system for online monitoring of the weather conditions in the central Region of Chile. This is associated to data recorded on different zones by an automatic weather station (AWS) which data is publicly available. The systems automatically process this data in order to give a preventive alert for frost episodes. The system integrates different components including a prediction module based on historical agro-meteorological information, which communicates with an Application/Monitoring Predictions module. The system is able to deliver an alert efficiently and up to 12 hours earlier than the occurrence of a frost episode.

**Index Terms**— Predictive models, Meteorology, Databases, Platform.

## I. INTRODUCTION

Una de las variables térmicas de más riesgo que los agricultores enfrentan son las heladas de invierno y las primaverales. Cuando la temperatura del aire toma valores iguales o menores de cero grados estamos hablando del fenómeno “helada”. Técnicamente, la palabra “helada” se refiere a la formación de cristales de hielo sobre las superficies, tanto por congelación del rocío como por un cambio de fase de vapor de agua a hielo [1], hay que tener en cuenta que la sensibilidad que un vegetal tiene al frío depende de su estado fenológico, los más vulnerables al frío son la floración y el cuajado de frutos [1] [2] [3].

En la literatura en general se han definido heladas de dos tipos: “advectiva” y “radiativa”. Las heladas advectivas están asociadas en general al paso de un frente frío con invasión de masas de aire a bajas temperaturas [4], los daños producidos pueden ser bastante severos. Por su parte las heladas de radiación se producen por el enfriamiento de las capas bajas

de la atmósfera y de los cuerpos que en ellas se encuentran debido a la emisión de calor terrestre. En este caso, se produce una estratificación del aire en donde las capas más bajas son más frías y las capas más altas son más cálidas. Este tipo de heladas se produce cuando el día es calmado ya que la ausencia de viento impide mezclar estas capas [4], sin embargo en algunos casos, se produce una combinación tanto de condiciones advectivas como radiativas. Por ejemplo, no es extraño tener condiciones advectivas que traen una masa de aire frío en una región provocando una helada advectiva. Esto puede venir seguido por varios días despejados, con condiciones de calma que conducen a heladas de radiación. Se puede afirmar que en las zonas de producción agrícola de Chile, prácticamente no hay lugar que esté totalmente libre de heladas, aunque la frecuencia e intensidad de las mismas varían ampliamente entre distintas localidades. Además es importante mencionar que se han realizados diversos estudios relacionados a este tema en diferentes partes del mundo [5][6], lo que da cuenta de la importancia de evaluar la ocurrencia de heladas.

En Chile, las heladas generan importantes pérdidas en el sector productivo agrícola [7], provocando pérdidas de la cosecha de un año entero y comprometiendo ingresos del siguiente, sobre todo para fruticultores y viticultores.

Las cifras de estimación entregadas por las autoridades y distintas asociaciones gremiales apuntan a que la pérdida económica es entre US\$ 600 a US\$ 900 millones. El volumen exportado disminuye entre un 1520%. Mientras que el impacto negativo sobre el empleo de temporeros agrícolas se estima genera una disminución cercana al 20% [7].

El aprendizaje automático es una rama de la inteligencia artificial en la cual se desarrollan métodos a través del cual un computador es capaz de aprender basado en experiencia previa. Según Mitchell [8], aprendizaje automático es el proceso a través del cual un computador es capaz de aprender de una experiencia para aplicarlo sobre una tarea de aprendizaje la cual es finalmente medida por la performance.

Actualmente la predictibilidad de sucesos de heladas depende en gran medida por pronósticos de temperatura basados en modelos predictivos generales, que predicen condiciones promedio en grandes extensiones de territorio del país [9] [10] [11]. En estos casos se lleva a cabo una predicción hora a hora de la temperatura promedio estimada para cada zona de interés. En particular respecto a la predicción de eventos de baja temperatura estos destacan la dificultad que tienen los modelos tradicionales, basados en

Este trabajo ha sido apoyado por el proyecto FIC MAULE, Sistema de Alerta temprana de Heladas COD. BIP 30.481.998-0.

Patricia Möller-Acuña. Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, Chile. (email: pmoller@utalca.cl).

Alejandro Valdés-Jiménez. Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, Chile. (email: avaldes@utalca.cl).

Roberto Ahumada-García. Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, Chile. (email: robertoahumadagarcia@gmail.com).

José Antonio Reyes-Suárez. Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, Chile. (email: jareyes@utalca.cl) - corresponding author

**Informe de actividad proyecto FIC**  
**Sistema de Alerta temprana de Heladas - COD. BIP 30.481.998-0**

***Nombre actividad:*** Gira tecnológica – pasaje a USA participación en congreso UCAmI 2017.

***Fecha:*** 7 – 10 Noviembre de 2017

***Descripción actividad:*** participación del Director del proyecto en el 11th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence UCAmI 2017 (filadelfia). Se presentó artículo en congreso relacionado con la temática del proyecto. Se tuvieron reuniones técnicas con otros participantes del congreso para presentar objetivo y resultados esperados del proyecto. Se generan contactos para generar redes de colaboración técnica en discusión de etapas de modelamiento del proyecto de modo de potenciar el desarrollo del mismo a futuro. Se adjunta copia del artículo presentado.

Además Inicia contactos con grupo investigación en Extreme Weather and Climate en Columbia University (Nueva York). Esto de modo de generar vínculos para potenciar trabajo en etapa de modelamiento sectorizado de heladas, en el marco del proyecto FIC. Contactos generados con grupo del “International Research Institute for Climate And Society (IRI)” (<https://iri.columbia.edu/about-us/what-is-iri/>).

***Programa de actividad:***

Se participa del congreso de modo de difundir actividades del proyecto a la comunidad de interés que asistió al evento. Además se busca generar redes de trabajo colaborativo para potenciar resultados del proyecto.

No hay invitación propiamente tal, mas bien se aprovechó instancia de participación en congreso para realizar esta mini-gira tecnológica con la finalidad de generar vínculos con potenciales colaboradores a nivel mundial.



---

José Antonio Reyes  
Director Proyecto FIC  
COD. BIP 30.481.998-0

# Machine Learning for Prediction of Frost Episodes in the Maule Region of Chile

Patricia Möller-Acuña, Roberto Ahumada-García,  
and José Antonio Reyes-Suárez<sup>(✉)</sup>

Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, Talca, Chile  
{pmoller,jareyes}@utalca.cl, robertoahumadagarcia@gmail.com

**Abstract.** Frosts are one of the main risks faced by farmers during the winter and spring seasons. These events can cause significant damage to diverse types of crops. In Chile, these frost generates significant losses in the agricultural production sector, causing crop losses of an entire year and compromising the income of the following year, especially fruit and wine makers. In this work we developed a prediction model based on historical agrometeorological information able to predict efficiently and up to 12 h earlier the occurrence of a frost event in the Maule Region of Chile. Various algorithms and machine learning methods were evaluated, we found that Random Forest exhibits the best results overall. The results obtained in the frost prediction reach over (90%) of efficiency in most of the evaluated scenarios.

**Keywords:** Frost episodes · Machine learning · Prediction · Agrometeorological

## 1 Introduction

One of the most risky climatic variable farmers deal yearly is winter and spring frosts. When the air temperature takes values equal or less than zero degrees we are talking about the “frost” phenomenon. The cold sensitivity of a plant depends on its state of development, being the most vulnerable phenological states flowering and fruit setting [1,2]. According to the literature we can identify two types of frost: (i) The advective frosts are generally associated to the passage of a cold front with invasion of masses of air at low temperatures [3], causing in general severe damages; (ii) Radiation frosts are produced by the cooling of the lower layers of the atmosphere. Several studies related to the frequency and effects of frost conditions in the agriculture have been exhibited worldwide during last years [4], which shows the importance of assessing the occurrence of frost episodes. It has been reported that economic losses due frost episodes in agriculture of the Maule Region in Chile raises between US\$ 600 and US\$ 900 million yearly. The volume of fruit exported decreases by 15–20%. Meanwhile the negative impact on the employment of seasonal agricultural workers is estimated to generate a decrease close to 20% [5]. Frost protection techniques

[HOME \(INDEX.HTML\)](#)[KEYNOTES \(KEYNOTES.HTML\)](#)[COMMITTEES \(COMMITTEES.HTML\)](#)[REGISTRATION \(REGISTRATION.HTML\)](#)**[PROGRAM \(PROGRAM.HTML\)](#)**[CFP \(CFP.HTML\)](#)[VENUE & HOTEL \(VENUE-HOTEL.HTML\)](#)[NETWORKING SESSION \(NETWORKING-SESSION.HTML\)](#)

# Conference Program

[Home \(index.html\)](#) / [Conference Program](#)[Overall Program](#)[Networking](#)[IoT & Smart Cities](#)[AmIHEALTH](#)[IWAAL](#)[Ad-Hoc & SSNN](#)[HCI](#)[Sustainability](#)[AmI Systems and  
Machine...](#)[Socio-Cognitive and  
Affective...](#)

## Sustainability (Program)

### Friday, November 10th

		<a href="#">Long paper</a>	<i>"GreenSoul: An IoT platform for empowering users' energy efficiency in public buildings"</i> . Diego Casado-Mansilla, Ioannis Moschos, Oihane Kamara Esteban, Apostolos Tsolakis, Cruz E. Borges, Stelios Krinidis, Diego López-De-Ipiña and Dimitrios Tzovaras
17:00-17:30	<b>Sustainability (1), Chair: Pritpal Singh</b>	<a href="#">Short paper</a>	<i>"Machine Learning for Prediction of Frost Episodes in the Maule Region of Chile"</i> . Patricia Möller-Acuña, Roberto Ahumada-García and José Reyes-Suárez
		<a href="#">Short paper</a>	<i>"Temperature and Humidity Dependence for Household- and City-Wide Electricity Demand Prediction in Managua, Nicaragua"</i> . Stephen Suffian, Diego Ponce De Leon Barido and Pritpal Singh
17:30-18:00			



Closing Ceremony - chaired by Macarena Espinilla, Shuai Zhang, Ramón Hervás, Oresti Baños, Ian Cleland, Jesús Fontecha, Gabriel Urzaiz, Francisco J. Gutierrez, Alberto L. Morán, Pritpal Singh, José L. Montaña, Rafael Duque-Medina and Antonio Fernández-Caballero

🕒 **Short paper** → 10 min (presentation) + 2 min (questions/comments)

🕒 **Long paper** → 15 min (presentation) + 3 min (questions/comments)

## Contact

MAMI Research Lab, University of Castilla-La Mancha  
Paseo de la Universidad 4, 13071, Ciudad Real, Spain

☎ (+34) 926 295 300 ext. 3713 (tel:+34926295 300)

✉ jose.bravo [at] uclm [dot] es (mailto:jose.bravo@uclm.es)

✉ grupo.mami [at] uclm [dot] es (mailto:grupo.mami@uclm.es)

## Previous Events

📌 UCAmI 2016 (<http://mami.uclm.es/ucami-2016/>) Las Palmas de Gran Canaria 🌐

📌 UCAmI & IWAAL 2015 (<http://mami.uclm.es/ucami-iwaal-amihealth-2015/>) Puerto de Varas 🌐

📌 UCAmI & IWAAL 2014 (<http://scm.ulster.ac.uk/~scmresearch/SERG/ucamiiwaal2014>) Belfast 🌐

📌 UCAmI & IWAAL 2013 (<http://mami.uclm.es/ucamiiwaal2013>) Costa Rica 🌐

📌 UCAmI & IWAAL 2012 (<http://mami.uclm.es/ucami2012>) Vitoria Gastelz 🌐



# Climate and Society

## Mission

The **International Research Institute for Climate and Society (IRI)** was established in 1996 by the U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and Columbia University as the world's first international institute with a mission to apply climate science in the service of society. We use a science-based approach to enhance society's capability to understand, anticipate and manage the impacts of climate in order to improve human welfare and the environment, especially in developing countries. By providing practical advancements that reduce vulnerability to climate related risks in the present, we are creating solutions that will increase adaptability to long term climate change.



## Climate Variability and its Risks

The temperature and rainfall changes that come from *climate variability*, which is on time scales of years to decades, can be as large or larger than those predicted to come from longterm climate change. There are hundreds of millions of people *right now* who are kept poor, sick or malnourished because of their climate. In many regions of the world, climate variability causes social and economic shocks that can become significant and chronic constraints to development. In many regions of the world, climate variability from one season, year, or even decade to the next causes social and economic shocks that can become significant and chronic constraints to development. The resources and attention governments must spend on preparations and responses for droughts, floods, epidemics and other climate-related risks can severely diminish their ability to take advantage of periods when climate conditions are favorable. Being able to consistently manage risks and opportunities in a resource-constrained environment can mean the difference between staying in poverty and rising out of it.



Climate information is available on a variety of time scales and is derived from different sources. Historical records, real-time monitoring and forecasting can each serve a critical function in a decision maker's toolkit. As such, we have seen a rapidly growing demand for climate-related information, tools and other resources that can be embedded into decision making in all sectors. The demands are different depending on each user community and the time scales and geographical scales on which they must act. For example, multilateral organizations and development agencies might require global and regional-level information. Governments, private-sector institutions and nongovernmental organizations represent operations that typically need a national or local-level context.

Building on its multidisciplinary core of scientific expertise, IRI collaborates with organizations and stakeholders of all scales to best understand societal needs, risks and opportunities related to climate fluctuations. We bring the best science to bear on climate risk management in agriculture, food security, water and health. We leverage existing U.S. science investments and expertise, such as global climate models, satellites and ocean observation systems, into practical tools for climate change adaptation, natural resource management and disaster risk reduction, where the linkages with weather and climate information for early warning and action have emerged strongly.

IRI works with U.S. scientific institutions and federal agencies such as NOAA, the National Aeronautics and Space Administration, the National Science Foundation, and



the U.S. Agency for International Development. We also partner with international organizations such as the Red Cross, Oxfam America, and the World Food Programme, as well as countries such as India and Brazil. Private sector partners include Google and SwissRe.

## Our Work

### Innovations in Climate Science

We continue to research the causes and impacts of climate fluctuations. For example, we are trying to understand what's driving the recent spate of droughts in eastern Africa and the large trends of increased rainfall in southeastern South America. This research, based on observations and climate models, contributes to climate information about the future, including reliable year-to-year predictions, informed interpretation and use of climate change projections and consideration of how natural decade-to-decade fluctuations may enhance or reduce the trends associated with anthropogenic climate change. The information we produce is stored, delivered, and visualized through our Data Library and numerous map rooms developed for different user communities.

### A Climate Services Framework

The innovations in climate science are largely driven by what is needed in specific regions and sectors, with a goal of contributing to information decision support systems. IRI's work in linking climate and sectoral impacts and decisions addresses agriculture, water, health and disasters. We have active collaborations with partners in-region to develop this research and these decision systems in Latin America, Africa and Asia. These partnerships result in more targeted information development and systems that can actually be put into real-time operations. Related to this, the IRI hosts the secretariat for the newly formed *Climate Services Partnership*, which is a platform for knowledge sharing and collaboration to advance climate services capabilities worldwide.

### Building Capacity

For more than a decade, we have been providing capacity building and training to scientists, practitioners and decision makers around the world. In many cases, we 'train the trainers' to create an even broader reach. These types of trainings help strengthen the regional and national networks that make climate-related risk management and adaptation decisions as well as those that formulate policy. Related to this, the IRI is closely linked with Columbia University's *Master of Arts Program in Climate and Society*—an intensive one-year program that emphasizes understanding and application of climate information through a set of core classes and a wide offering of electives. However, probably the greatest opportunity for building capacity comes through our collaborations with partners in the development of informational products and decision support systems.

## AFFILIATES AT THE UNIVERSITY

- Lamont-Doherty Earth Observatory
- Department of Earth and Environmental Sciences
- Cooperative Institute for Climate Applications and Research
- NASA Goddard Institute for Space Studies
- Center for Climate Systems Research
- Center for Environmental Research and Conservation
- Department of Ecology, Evolution and Environmental Biology
- Department of Earth and Environmental Engineering
- Columbia Water Center
- Columbia Climate Center
- Mailman School of Public Health
- Center for Research on Environmental Decisions
- Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics
- Center for International Earth Science Information Network
- Master of Arts Program in Climate and Society

For more information on the IRI and its projects, go to [iri.columbia.edu](http://iri.columbia.edu)

To join the conversation, go to [twitter.com/climatesociety](https://twitter.com/climatesociety) and [facebook.com/climatesociety](https://facebook.com/climatesociety)

THE EARTH INSTITUTE  
COLUMBIA UNIVERSITY



The International Research Institute for Climate and Society is affiliated with the Earth Institute, Columbia University, whose mission is to mobilize the scientific, technical and public policy to achieve a sustainable Earth. Through interdisciplinary research across more than 500 faculty from diverse fields, the Institute is adding to the knowledge necessary for addressing the challenges of the 21st century and beyond. With over two dozen associated degree curricula and a vibrant relationship with the public and private sectors, we are educating new leaders to become professionals and scholars in the growing field of sustainable development. We work alongside governments, businesses, nonprofit organizations and individuals to develop innovative strategies to secure the future of our planet.

## ANEXO 4

### Informe de Participación Iot World Congress 2018

**Nombre actividad:** Participación e el 4to congreso “IoT World Congress 2018” realizado en Barcelona, España.

**Fecha:** 16 - 18 octubre de 2018

**Descripción actividad:** participación del Director del proyecto en el 4to congreso “IoT World Congress 2018” realizado en Barcelona, España.

En esta actividad se contactó con proveedores de tecnología asociados a sensores de variables climáticas y plataformas de acceso, comunicación y transferencia de información de estas variables. Se validó y se obtuvieron nuevas ideas y propuestas para mejorar trabajo con estaciones EMAs y Mini-Emas para sectorización de variables.

Se tuvieron reuniones técnicas con otros participantes del congreso para presentar objetivo y resultados esperados del proyecto. Se generan contactos para generar redes de colaboración técnica en discusión de etapas de modelamiento del proyecto de modo de potenciar el desarrollo del mismo a futuro.

**Programa de actividad:**

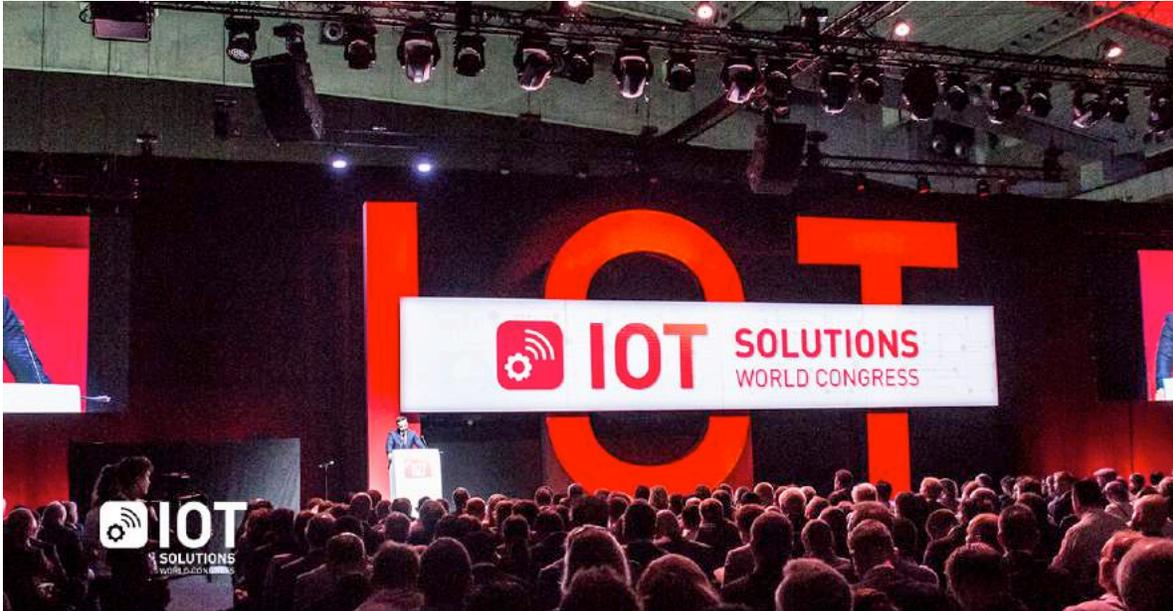
Se participa del congreso de modo de difundir actividades del proyecto a la comunidad de interés que asistió al evento. Además se busca generar redes de trabajo colaborativo para potenciar resultados del proyecto.

No hay invitación propiamente tal, mas bien se aprovechó instancia de participación en congreso para realizar esta mini-gira tecnológica con la finalidad de generar vínculos con potenciales colaboradores a nivel mundial.

**Detalle del congreso y ponencias en que se participó:**

Se adjunta información general del congreso. Se participó principalmente en charlas del track general y del track de Inteligencia Artificial en el congreso. En anexo 4.1 se presenta listado de las principales soluciones y expositores contactados durante el congreso.

# IoTSWC 2018 endorses the Internet of Things as a key technology in the digital transformation



## The event records a 25% increase in visitors with respect to last year

The fourth IoTSWC (Internet of Things Solutions World Congress) registered a highly positive balance, demonstrating the widespread implementation of this technology in all kinds of sectors seeking to successfully address their digital transformation. The event on the industrial applications of the Internet of Things (IIoT), which came to an end yesterday at Fira de Barcelona's Gran Via venue within the framework of Barcelona Industry Week, brought together 341 companies and 16,250 visitors from more than a hundred countries, respective rises of 42% and 25% compared to last year.

Organised by Fira de Barcelona in partnership with the IIC (Industrial Internet Consortium), each year IoTSWC attracts leading companies in the development of this technology, as well as the finest international experts. Throughout three days of intense activity, IoTSWC mustered business and knowledge to debate the evolution of the Internet of Things and its convergence with other disruptive technologies such as artificial intelligence and blockchain, both of which had a greater presence this year.

Roger Bou, Director of IoTSWC, expressed his great satisfaction with *"the fair's increasing convening power, its noticeably international nature and the qualified profiles of the visitors who come to this technological event. All the above confirms the interest aroused by the rapid evolution and deployment of the IoT in all kinds of sectors, the need to identify real applications and pool knowledge and the increase in the demand for solutions for the digital interconnection of objects and processes"*.

Richard M. Soley, Executive Director of the IIC and President of the IoTSWC advisory committee, declares that: *"IoTSWC's growth certifies that not only it has established itself as the international benchmark event for the industrial internet but also as a platform for the dissemination of new standards and technologies that*

will accelerate the deployment of IoT solutions worldwide and will help companies transform their business and gain a competitive edge in a key moment for many industries”.

316 speakers participated in the congress schedule this year. More than 200 highly-attended talks, panel discussions and presentations of success stories involving IoT applications in different industrial environments were held, as well as others in areas related to energy and supplies, connected transport, construction, infrastructures and healthcare. Similarly, IoTSWC incorporated the Blockchain Solutions World and a specific seminar on cryptoeconomics and business investment opportunities based on this technology, as well as the AI & Cognitive Systems Forum focusing on new developments in artificial intelligence.

Another new feature of this year’s IoTSWC was a special session devoted to analysing the leadership role of women in the IoT ecosystem, with the presence of female directors of firms such as Google Cloud, Big Belly, IoT Global Initiative, Hitachi, ABB and Microsoft. Three workshops endorsed by the IIC were also conducted to examine aspects of IoT technology and artificial intelligence.

### **Testbeds and awards**

One of the spaces most highly valued by visitors was the Testbeds area, where a dozen IoT-based prototypes and projects jointly developed by leading companies were exhibited. This year the exhibition included a smart buoy to monitor water quality in Alaska and save beluga whales, a smart gate that opens when the owner arrives, a solution to analyse and scan the customer’s foot in order to design and manufacture custom shoes in 3D, a fully connected and sensorised fire engine to identify the status of its equipment in real time, as well as smart wearables for the prevention of occupational hazards, solutions for the interconnection of processes in the factory of the future and a powerful platform to plug in, connect and use any IoT device in a matter of seconds, among many others.

More specifically, the latter solution developed by Intel, ARM and Pelion won the award for the best testbed of the fair at the IoT Solutions Awards, which also acknowledged Huawei, IoTerop-Synox and Nokia as the companies with the most innovative IoT projects over the last year.

The fifth IoTSWC is due to be held at Fira de Barcelona’s Gran Via venue from 29 to 31 October 2019.



ENG

Sign In

345 Exhibitors	<b>125 Solutions</b>	69 Novelties	345 Maps
----------------	----------------------	--------------	----------

Favorites

Filters



**ABB Ability™ Condition monitoring for digital powertrain** ABB  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 421**  
 Digital advantage that accelerates efficiency, predictability and safety. The ABB Ability™ Digital P...

|



**ABB Ability™ Connected Services** ABB  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 421**  
 ABB's Connected Services is a suite of solutions that provide advanced analytics and proactive, acti...

|



**ABB Ability™ Power Transformer** ABB  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 421**  
 A new era in transformer technology. With the new ABB Ability™ Power Transformer, ABB continues its ...

|



**ABB Ability™**, ABB  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 421**  
 Writing the digital future takes ability. ABB Ability™. ABB Ability is our unified, cross-industry, ...

|



**Accelerating Apps and Reducting Costs** Kx  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street CB, Stand 411**  
 The Industrial Internet of Things (IIoT) is the concept of connected objects and devices, everything...

|

|



**ACS-Cylinder : Remote controlled cylinder** INEO SENSE  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519**  
 ACS-Cylinder® is a long-range radio device with its original design that makes it ideal for centrali...

|

|



**ACS-Padlock : Smart container security seal** INEO SENSE  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519**  
 Based on INEO-SENSE Clover-Core technologies, this advanced electronic seal ensures that ever-increa...

|

|

- |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p><b>ACS-Switch</b> INEO SENSE<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519</b><br/>                 ACS-Switch® is typically a magnetic contact sensor available to detect doors openings or closures. A...</p>                                               | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>AGILE Interoperable Gateway</b> FBK CREATE-NET<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street A, Stand 166</b><br/>                 This is the final outcome of an H2020 project called AGILE IoT, which developed a containerised and ...</p>                          | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>AGRIOT LAB - IoT technologies for Agriculture 4.0</b> FBK CREATE-NET<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street A, Stand 166</b><br/>                 LoRaWAN connected sensors and a full solution (sensors, gateway, IoT platform, blockchain enabled tr...</p>    | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>Air quality monitoring</b> Monolithic, IQRF Alliance<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643</b><br/>                 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce air quality monitoring in buildings. L...</p>                    | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>Arrakis Mk3 - Welotec Industrial IoT Edge PC with IDS Connector ...</b><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 227</b><br/>                 The IPC Arrakis Mk3 offers a smooth entry into the world of edge computing and the data economy. Wit...</p> | <p>     <br/>                      </p>         |
|   | <p><b>Checkware Digital</b> GEPROM SOFTWARE ENGINEERING<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551</b><br/>                 Paperless, Company-wide, Effective Checklist. With Checkware Digital Checklist Manager, you can elec...</p>                       | <p>     <br/>                      </p>   |
|  | <p><b>CHIPFOX</b> trackthings.io: CHIPFOX &amp; KINDERSAFE<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551</b><br/>                 Chipfox is a small GPS device, with great autonomy, oriented to the tracking and security of vehicle...</p>                    | <p>     <br/>                      </p> |
|  | <p><b>CodeMeter - Software Monetization</b> WIBU-SYSTEMS<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 411</b><br/>                 Software Monetization is the capability to effectively maximize your software revenue by meeting mar...</p>                      | <p>     <br/>                      </p> |
|  | <p><b>CodeMeter - Software Protection</b> WIBU-SYSTEMS<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 411</b><br/>                 Pirate software is a major cause of economic damage to software vendors. The use of software which h...</p>                        | <p>     <br/>                      </p> |
|  | <p><b>Cognitive Energy Intelligence</b> WIPRO DIGITAL<br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 331</b><br/>                 The Wipro Cognitive Energy Intelligence solution is an IoT and analytics-led digital platform, that ...</p>                         | <p>     <br/>                      </p> |

- |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p><b>CONDITION MONITORING</b> <small>SEQUANTA</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519</b><br/>                 SEQUANTA wireless data acquisition systems are powerful tools for SHM applications (Structural Healt...</p>                         | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>Connected Building Solutions</b> <small>SingularLogic   SenseOne</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537</b><br/>                 Todate, SenseOne has implemented various IoT projects inside commercial and industrial buildings. Se...</p> | <p>     <br/>                   </p>                                                                                               |
|    | <p><b>Connected Car</b> <small>WIPRO DIGITAL</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 331</b><br/>                 Wipro AutoInsights is an IoT platform connecting vehicles and all possible stakeholders in a vehicle...</p>                           | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>Connecting people</b> <small>Vodafone</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 441</b><br/>                 V by Vodafone A simple system for consumers to connect a variety of home and leisure electronic devi...</p>                            | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>Connecting the countryside - Agriculture</b> <small>Vodafone</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 441</b><br/>                 IoT and satellite-powered precision agriculture Vodafone's 'Sensing4Farming' solution integrates a n...</p>     | <p>     <br/>                      </p>         |
|   | <p><b>Creatio LoraSensor CO2</b> <small>CREATIO ENERGY SYSTEMS</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 541</b><br/>                 LoraSensor CO 1.0 is a long range LoRa Sensor. It is projected to be used in 2 private and industria...</p>         | <p>     <br/>                      </p>   |
|  | <p><b>Creatio LoraSensor ST</b> <small>CREATIO ENERGY SYSTEMS</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 541</b><br/>                 Creatio LoraSensor ST 1.0 is a long range LoRa Sensor. It is projected to be used in private and ind...</p>          | <p>     <br/>                      </p> |
|  | <p><b>Creatio PI I/O</b> <small>CREATIO ENERGY SYSTEMS</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 541</b><br/>                 Creatio PI I/O is a board that compiles a large number of functionalities and peripherals that allow...</p>                 | <p>     <br/>                      </p> |
|  | <p><b>Creo Illustrate</b> <small>PTC</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 223</b><br/>                 Powerful 3D Illustrations for an Efficient Service and Parts Operation Effective technical illustrat...</p>                                   | <p>     <br/>                   </p>                                                                                         |
|  | <p><b>Custom modular Industrial IoT device</b> <small>PickData</small><br/> <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551</b><br/>                 We offer customized Industrial OEM devices, certified, without R+D costs and best quality production...</p>         | <p>     <br/>                      </p> |



**Demo: Protecting IP in the IoT Age with Trusted Computing** WIBU-SYS...  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 411**  
 As value in the IoT powered supply chain is being transferred from hardware to software, the number ...

Location, Star, Email, Share icons



**Digital Shopfloor Management** GEPROM SOFTWARE ENGINEERING  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 Digitization has reached the shopfloor and its processes for increasing in OEE. Our dSFM solution ba...

Location, Star, Email, Share icons



**DinRail ULTRA** MEAZON  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537**  
 Wireless Web-enabled three-Phase energy circuit-level meter. Award winner by US Dpt of Energy. It me...

Location, Star, Email, Share icons



**e-Reception Services for Hotels & Vacation Rentals** iKeyBnB - e-Reception S...  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 461**  
 iKeyBnB provides to hotels, hostels and vacation rentals a secure and efficient way to store and exc...

Location, Star, Email, Share icons



**easyedge.io** DOMATICA - IoT TECHNOLOGY  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 378**  
 The easyedge.io is the ultimate IoT Edge Platform for Edge Computing. It is the easiest way to conne...

Location, Star, Email, Share icons



**EdgeX Foundry Community Demonstrator** EdgeX Foundry  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 361**  
 The brand new EdgeX Foundry Community Demonstrator will be making its first appearance here at the B...

Location, Star, Email, Share icons



**EdgeX: The Open Platform for the IoT Edge** EdgeX Foundry  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 361**  
 A vendor-neutral, open source, loosely-coupled microservices framework providing you the choice to p...

Location, Star, Email, Share icons



**Efficient indoor lighting** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce smart lighting, which can control and ...

Location, Star, Email, Share icons



**eldcare Friendly Reminders and Fall Alerts** BISMART  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 461**  
 eldcare Friendly Reminders is the perfect solution for older people who live alone and need constant...

Location, Star, Email, Share icons



**Electric vehicle charging infrastructure** ABB  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 421**  
 Smarter mobility. ABB lays the foundations for a future of smarter, reliable, and emission-free mobi...

Location, Star, Email, Share icons



**EMBEDDED MONITORING & TRACKING** SEQUANTA  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519**  
 SEQUANTA wireless data acquisition systems ensure a continuous and accurate monitoring of your criti...

|  | 

|  | 



**EVO IoT Cloud Platform** PickData  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 EVO is a powerful IoT web platform ready to receive real-time information of devices distributed aro...

|  | 

|  | 



**Facility Base** VIGIE SOLUTIONS  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 277**  
 An innovative CMMS that transports asset management to an enjoyable experience, where mobility and i...

|  | 

|  | 



**fearless - life comfort system** COGVIS  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 653**  
 Fall prevention and fall detection within one system! fearless is the intelligent, contactless fall ...

|  | 

|  | 



**Feed Delivery** AGRIFOOD AT  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 Feed Delivery is a solution that works on any Android device interacting with the Cloud system to se...

|  | 

|  | 



**Feed Planner** AGRIFOOD AT  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 Long-term feed production planning to better manage your feed factory and feed production orders, sa...

|  | 

|  | 



**Finito – Shift Book** GEPROM SOFTWARE ENGINEERING  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 Finito Digital Shift Book is a cross-factory and company-wide shift book solution. Simply enter Shif...

|  | 

|  | 



**Formula Integration** AGRIFOOD AT  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 Formula Integration interacts with Brill® Formulation to provide efficient information regarding: - ...

|  | 

|  | 



**gaiasense** NEUROPUBLIC  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537**  
 gaiasense is a multi-dimensional, integrated smart farming system that facilitates the work of farme...

|  | 

| 



**Heating optimization** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce smart heating - building heating optim...

|  | 

|  | 

	<p><b>in2tant</b> IN2 INGENIERIA DE LA INFORMACION  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 461</b>            In2tant is a secure instant messaging system developed by IN2 and incorporated to the platform for: ...</p>	  
	<p><b>Industrial Automation</b> GEPROM SOFTWARE ENGINEERING  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551</b>            Our automation, control and supervision solutions of processes are developed in close cooperation wi...</p>	   
	<p><b>Industrial Panel PC based on Raspberry Pi, Banana Pi o Humming...</b>  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551</b>            This Panel PC is based on GNU/Linux Debian OS , Android OS or Windows IoT installed on a SD card. It...</p>	   
	<p><b>Industrial PLC Based on Arduino - Arbox</b> Industrial Shields  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551</b>            Arduino-based PLC It has 20 digital inputs / outputs. 10x analog or digital inputs (see specificatio...</p>	   
	<p><b>Industrial PLC Based on Arduino - M-Duino</b> Industrial Shields  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551</b>            Modular PLC This is the first equipment based on the Arduino technology designed for a professional ...</p>	   
	<p><b>INS-BlueRead : Connection from Bluetooth to Clover-Net</b> INEO SENSE  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519</b>            INS-BlueRead® is an access point that offers connection from Bluetooth to Clover-Net®. Directly conn...</p>	   
	<p><b>Integrated offering: SenseOne IoT Platform with Building Informat...</b>  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537</b>            SenseOne IoT Platform provides the IoT resources which are required for mapping every BIM (Building ...</p>	  
	<p><b>Integrated offering: SenseOne IoT Platform with IBM Maximo</b> Singula...  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537</b>            SenseOne IoT Platform provides a ready-to-run Enterprise Application Gateway that lets Maximo users ...</p>	  
	<p><b>Intelligent Asset Management</b> WIPRO DIGITAL  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 331</b>            Manufacturers are becoming increasingly dependent on preventive maintenance to avoid any potential l...</p>	   
	<p><b>IOT CLOUD PLATFORM BMKiot</b> BARCODE MARKET  <b>Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 461</b>            BMK IoT is designed from the ground up to make it as easy as possible to monitor, control and analyz...</p>	   

- 

**IoT Farming Solution** AINE IOT  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 This solution is based in the IoT and is ideal for monitoring and prevent the theft of farming equip...
- 

**IoT for Asset Management** NET BRINEL  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street A, Stand 110**  
 1. Automation 2. In-depth Analytics 3. Inventory Management 4. Auto-discovery Asset (using IOT) 5. C...
- 

**IoT Gateway with SDK C from Welotec** INTERNATIONAL DATA SPACES ASSOCIATION  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 227**  
 With LTE mobile radio, Ethernet, serial interfaces and additional I/Os, WIT Industrial IoT Devices o...
- 

**IoT Logistics Solution** AINE IOT  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 This solution is based in the IoT and is ideal for monitoring and prevent the theft of the company v...
- 

**IoT Tracker, the best way to track any kind of asset in real-time** Acc...  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 265**  
 Accent Systems introduces its new LTE device. It's an IoT tracker with LTE and beacon technologies, ...
- 

**IoTsens City** IOTSENS  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 250**  
 IOTSENS CITY is a solution for remote management and control of intelligent devices (sensors) instal...
- 

**IoTsens Smart Factory** IOTSENS  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 250**  
 IOTSENS INDUSTRIAL or Smart Factory is a solution for the remote management and control of industria...
- 

**IoTsens Water** IOTSENS  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 250**  
 IOTSENS WATER solution is a comprehensive approach to smart water metering that collects data remotel...
- 

**Janus gateway** MEAZON  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537**  
 Our Janus gateway is a Linux-based, small form factor powerful State-of-the-Art hub for provisioning...
- 

**Kaspersky IoT Secure Gateway** Kaspersky Lab  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 533**  
 Kaspersky Secure Gateway – contains a range of technologies that allow you to take a qualitatively d...



**Key Exchange Services for individual Airbnb hosts** iKeyBnB - e-Reception Ser...  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 461**  
 iKeyBnB offers the key exchange solution to individual Airbnb hosts who they don't have the time to ...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**KINDERSAFE** trackthings.io: CHIPFOX & KINDERSAFE  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 KinderSafe is an intelligent wristband focused on the safety and health of both, children and the el...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**Kx for Sensors** Kx  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street CB, Stand 411**  
 The Internet of Things and sensors (such as weather, smart meters, SCADA, manufacturing equipment, m...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**Kx for Telco** Kx  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street CB, Stand 411**  
 Telecommunications companies face challenges in processing massive data volumes arising from the mul...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**Localization and safety monitoring system** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce localization and safety monitoring sys...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**LoRa to RS-485 (Wireless Long Range RS-485 radio repeater)** PickData  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 Up to 20Km RS-485 wireless bus repeater.

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**LoRaWAN Industry 4.0 on the Edge** AAeon Europe  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street A, Stand 143**  
 Local on premises private networks are becoming very used into the industrial applications, mainly f...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**macchina.io Edge Device SDK** macchina.io | Applied Informatics Software Engineering GmbH  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 653**  
 macchina.io Edge Device SDK and Remote Manager help software developers around the world build and d...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**macchina.io Remote Manager** macchina.io | Applied Informatics Software Engineering GmbH  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 653**  
 macchina.io Edge Device SDK and Remote Manager help software developers around the world build and d...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄



**macchina.io Vehicle Telematics** macchina.io | Applied Informatics Software Engineering G...  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 653**  
 Telematics and connected in-vehicle services based on mobile communication network technologies (UMT...

📍 | ☆ | ✉ | 🔄

- |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p><b>Manli GPU Mining System P102-100</b> MANLI TECHNOLOGY GROUP LIMITED<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 494<br/>                 Manli GPU Mining System P102-100 equipped with multi-graphics cards (eight GPU P102-100), and capabl...</p>     | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>MES Legato Sapient</b> GEPROM SOFTWARE ENGINEERING<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551<br/>                 Legato is a modular MES system that allows to plan, control and monitor a factory or a group of them...</p>                      | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>myBin-by-ffly4u</b> ffly4u<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 615<br/>                 myBin-by-ffly4u allows you to track your bin moving or when it is stationary and also to monitor the...</p>                                              | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>myDrum-by-ffly4u</b> ffly4u<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 615<br/>                 myDrum-by-ffly4u is a multi-functions and multi-technologies service. It was made to give informatio...</p>                                             | <p>     <br/>                      </p>         |
|    | <p><b>myEquipment-by-ffly4u</b> ffly4u<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 615<br/>                 myEquipment-by-ffly4u allows you to track your handling equipment -with the content- as pallets, rol...</p>                                        | <p>     <br/>                      </p>         |
|   | <p><b>myTrailer-by-ffly4u</b> ffly4u<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 615<br/>                 The objective of myTrailer-by-ffly4u service is to be able to create value with the trailer/truck co...</p>                                          | <p>     <br/>                      </p>   |
|  | <p><b>Nexus Integra - The Industrial IoT Big Data Platform</b> NEXUS INTEGRA<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 620<br/>                 Nexus Integra is an Industrial IoT Big Data platform that helps to introduce the digital transformat...</p>  | <p>     <br/>                   </p>                                                                                         |
|  | <p><b>Node-RED Industrial IoT Gateway WiT1000 from Welotec</b> INTERNATION...<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 227<br/>                 With LTE mobile radio, Ethernet, serial interfaces and additional I/Os, WiT Industrial IoT Devices o...</p> | <p>     <br/>                      </p> |
|  | <p><b>OpenMote B</b> Industrial Shields<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551<br/>                 OpenMote B is a Super LOW consumption mote for the IoT applications. It is the reference for the IETF...</p>                                      | <p>     <br/>                      </p> |
|  | <p><b>Pix2Map</b> Deep Solutions<br/>                 Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551<br/>                 Map hosting and automated detection of assets in drone and satellite generated images/videos.</p>                                                        | <p>     <br/>                      </p> |

- 

**Predictive Fleet Maintenance** FIWARE  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 233**  
 The core of this application is a platform developed by Stratio Automotive for the predictive maintenance...

|  | 

|  | 
- 

**QDA Quality Software** GEPROM SOFTWARE ENGINEERING  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 QDA SOLUTIONS Integrated Quality Planning Solution allows you to exploit the synergies of quality in...

|  | 

|  | 
- 

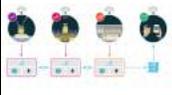
**Railway embankments monitoring** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce monitoring of railway embankments. Look...

|  | 

|  | 
- 

**S2W** ELBIS  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537**  
 Our company has designed a modern platform named S2W (Sensor to Web). It is designed with the highest...

|  | 

|  | 
- 

**Securing Industrial IoT data for supply chain parties and customers**  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 367**  
 Industrial IoT data can tell a story of product's birth. But how to make it valuable of all supply chain...

|  | 

|  | 
- 

**SenseOne IoT Platform** SingularLogic | SenseOne  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537**  
 SenseOne IoT Platform is purposely designed and engineered for simplifying the complexities of multi...

|  | 

| 
- 

**SEQUANTA OFFER** SEQUANTA  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519**  
 SEQUANTA solutions offer you the opportunity to integrate the power and benefits of IoT technologies...

|  | 

|  | 
- 

**Sidereal GPS** AINE IOT  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 551**  
 Sidereal GPS tracks and reports the status of your equipment. It informs of location, temperature and...

|  | 

|  | 
- 

**SILICON-TO-CLOUD SECURED IIoT** NetFoundry  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 411**  
 NetFoundry delivers a new level of network agility to businesses embracing digital transformation and...

|  | 

|  | 
- 

**Smart City decentralized network** AIRALAB  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 367**  
 Sustainable city means not just the one built on a "green" technologies, but with increasing importance...

|  | 

|  | 



**Smart City solutions** SingularLogic | SenseOne  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537**  
 Regarding Smart Cities, SenseOne IoT Suite is supporting digital transformation initiatives of munic...






**Smart Cold Chains** WIPRO DIGITAL  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 331**  
 Wipro's Cold Chain Management solution addresses the challenges and concerns of the pharmaceutical c...







**Smart defrosting of coal wagons** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce a wireless system for monitoring and c...







**Smart mobility - Vodafone Automotive** Vodafone  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 441**  
 Vodafone Smart Parking Narrowband-IoT technology together with Vodafone Automotive sensors enables e...







**Smart parking and traffic flow detection** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce smart parking, traffic flow detection,...







**Smart Spaces** WIPRO DIGITAL  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street C, Stand 331**  
 Wipro Smart-iConnect simplifies business by aggregating multiple technology systems and services and...







**Smart Spaces – Buildings and retail** Vodafone  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street D, Stand 441**  
 Vodafone analytics and big data Vodafone Analytics converts data into business results. Developed to...







**Splunk Industrial Asset Intelligence** SPLUNK INC  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 545**  
 Splunk Industrial Asset Intelligence (IAI) is a monitoring and analytics solution that helps industr...







**Street Light Controller** MEAZON  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537**  
 Our Street Lighting ANCI C136 controller provides a complete smart LED lighting solution that create...







**Street lighting** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce energy and cost saving projects in the...





- 

**ThingWorx Asset Advisor for service** PTC  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 223**  
 Start your Service Transformation by taking action with connected assets. Accelerate time to value b...
- 

**ThingWorx Industrial Innovation Platform** PTC  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 223**  
 Purpose-built for industrial environments, the ThingWorx industrial innovation platform empowers org...
- 

**ThingWorx Manufacturing Apps & Accelerators** PTC  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 223**  
 Get real-time unified visibility into factory operations to reduce downtime and improve quality, pro...
- 

**TOSIBOX® Central Lock** TOSIBOX OY  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 614**  
 TOSIBOX® Central Lock is the hub for your TOSIBOX® VPN connections. It enables a wide range of proce...
- 

**TOSIBOX® Key & TOSIBOX® SoftKey** TOSIBOX OY  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 614**  
 TOSIBOX® Key is an intelligent cryptoprocessing device that enables a secure connection between your...
- 

**TOSIBOX® Lock 100** TOSIBOX OY  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 614**  
 TOSIBOX® Lock 100 is an intelligent remote access and networking device that serves as an endpoint f...
- 

**TOSIBOX® Lock 200** TOSIBOX OY  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 614**  
 TOSIBOX® Lock is an intelligent remote access and networking device that serves as an endpoint for s...
- 

**TOSIBOX® Lock 500** TOSIBOX OY  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 614**  
 TOSIBOX® Lock 500 is a high-end connectivity device bringing unprecedented possibilities for custome...
- 

**TOSIBOX® Virtual Central Lock** TOSIBOX OY  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 614**  
 TOSIBOX® Virtual Central Lock turns your TOSIBOX® ecosystem into a controlled IoT network of always-...
- 

**Turbine blades control** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce wireless connectivity for power plant ...



**ViGIE 2.6+** VIGIE SOLUTIONS  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 277**  
 ViGIE Platform assures all monitoring and control needs, by automatically gathering sensor data and ...

|  |   
|  | 



**Vuforia - Augmented Reality Platform** PTC  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 223**  
 Vuforia Studio RAPID AUGMENTED REALITY (AR) AUTHORING SOLUTION Vuforia Studio provides industrial co...

|  |   
| 



**WE LET BUSINESS EXPERTS TAKE CONTROL OF THEIR DATA** JYSE  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519**  
 JYSE allows you to build web applications to display and monitor data coming from your connected obj...

|  |   
|  | 



**Welotec - TK815L-EX0 - Microsoft Azure certified 4G LTE Router** IN...  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 227**  
 The 4G LTE router is pre-tested and verified for functionality with Microsoft Azure IoT services, so...

|  |   
|  | 



**Wireless torque wrenches in cars production** Monolithic, IQRF Alliance  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street F, Stand 643**  
 In the IQRF Alliance, we cooperate with producers who produce wireless tools used in the industry. L...

|  |   
|  | 



**WISeKeyIoT** WISEKEY  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 519**  
 The security framework WISeKeyIoT is the solution to control the identity of your IoT devices and to...

|  |   
|  | 



**Zero Defect Manufacturing** FIWARE  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street B, Stand 233**  
 The demo by Swiss mechanical engineering company Georg Fischer AG and the Innovalia Group shows how ...

|  |   
|  | 



**Zi-Clamp** MEAZON  
**Gran Via, Hall 2, Level 0, Street E, Stand 537**  
 Our Zi-Clamp 3ph is a revolutionary self-charging induction meter that combines the benefits of Bizy...

|  |   
|  | 



**FAQ**  
 Frequently asked questions



**Can we help you?**  
 +34 93 233 20 00  
 Monday to Friday from 8am to 8pm  
[info@firabarcelona.com](mailto:info@firabarcelona.com)



**Visit the show's website**  
[Visit the website](#)

## **Actividades de Difusión, Informes:**



## **INFORME PRODUCTOS GRÁFICOS Y DIFUSIÓN FIC HELADAS – BIP 30581998-0**

### **INTRODUCCIÓN**

Para el proyecto FIC “Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas” fue desarrollado un plan de difusión con cuatro etapas de ejecución dirigidas a los grupos de interés de esta iniciativa.

A continuación, se presentan los objetivos estratégicos del plan de difusión, los públicos de interés del proyecto y una tabla que conjuga los productos gráficos y acciones desarrolladas y las etapas en las que corresponde.

### **OBJETIVOS ESTRATÉGICOS**

#### **Objetivo estratégico 1**

Generar conocimiento entre productores y empresarios del sector agrícola del Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas “AlertFrost” y la plataforma que lo soporta.

#### **Objetivo estratégico 2**

Fomentar el uso de la plataforma “AlertFrost” entre los agricultores.

#### **Objetivo estratégico 3**

Aumentar el conocimiento de la marca “AlertFrost” como un referente en innovación y tecnología en beneficio del agro.

### **PÚBLICOS DE INTERÉS**

#### **Públicos externos**

- Productores agrícolas
- Empresarios agrícolas
- Medios de comunicación

### **PRODUCTOS Y ACCIÓN DE DIFUSIÓN**

Para alcanzar los objetivos propuestos, fueron propuestas una serie de productos, la mayoría de los cuales presentan avances concretos.

La acción de difusión, que corresponde a la última etapa, se concretará posteriormente puesto que, debido a la temática relacionada con el proyecto es necesario que ocurra semanas previa a la posible ocurrencia de heladas para lograr impacto mediático.

ETAPA	PRODUCTOS/ACCIONES	ESTADO
1	a. Desarrollo de imagen corporativa b. Pendón	Realizado
2	a. Brochure	Realizado
3	a. Página web	Diseñada y en etapa de programación
4	a. Evento de lanzamiento b. Flyer	Se ejecutará posteriormente

## Etapa 1

- a. Desarrollo de imagen corporativa



- b. Pendón



## Etapa 2

### a. Brochure



Basado en técnicas de **inteligencia artificial**, nuestro sistema predictivo entregará a los productores de la Región del Maule, un pronóstico certero sobre el riesgo de ocurrencia de una helada, su duración e intensidad.

Su efectividad es superior al 90 por ciento y las alertas las entregará con hasta 12 horas de anticipación, incluso en zonas que no siguen la tendencia de las estaciones meteorológicas de referencia.

**Alert Frost** es un proyecto financiado con recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno regional del Maule y liderado por académicos de la Universidad de Talca.

**Director:**  
José Antonio Reyes-Gutiérrez, PhD.  
jareyes@utalca.cl

---

**Equipo:**  
Alejandro Valdés J., PhD(G), Ingeniero en Informática  
María Alejandra Bravo D., Ingeniero en Bioinformática  
Eduardo Poblete C., Ingeniero en Informática  
Patricia Millán Acuña, PhD., Ingeniero en Bioinformática  
Angela AdulBe V., Ingeniero de Ejecución en Administración.

---

**Ubicación:**  
Departamento de Bioinformática de la Universidad de Talca,  
Campus Talca, Avenida Lircayán.





Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas

Proyecto financiado con Recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional del Maule

### HELADAS: FENÓMENO Y PROBLEMÁTICA

Las heladas en la Región del Maule han provocado la disminución de las exportaciones de productos agrofrutícolas entre un 15 y un 20 por ciento; su impacto también se ha sentido a nivel económico con pérdidas que han alcanzado los 900 millones de dólares.

El empleo tampoco ha sido ajeno a este fenómeno y se estima que genera la disminución de un 20 por ciento de los trabajos para temporeros agrícolas.

Actualmente no existe un sistema que disminuya la incertidumbre en las producciones y que les permita aplicar manejos preventivos, pues las estaciones meteorológicas de monitoreo no advierte la posibilidad de una helada, simplemente, lo registran cuando esta ya ha ocurrido.



Eficiencia superior al 90%

Alerta 12 horas antes

Duración e intensidad



Predicciones en zonas que no siguen la tendencia de las estaciones meteorológicas de referencia



Incertidumbre Pérdidas económicas



Productividad Calidad Ganancias

### ¿POR QUÉ EL AGRO NECESITA ALERT FROST?

NUESTRA SOLUCIÓN

SISTEMA DE PREDICCIÓN TEMPRANA DE HELADAS

Alerta de la ocurrencia de una helada con 12 horas de anticipación.

Entrega un pronóstico sectorizado de ocurrencia de heladas y diferencia aquellas zonas en las que el riesgo de ocurrencia es alto, menor o nulo.

Entrega una alerta temprana que infiere la duración e intensidad de las heladas.

Disminuye la incertidumbre y permite aplicar manejos preventivos, lo que trae beneficios económicos, aumentos de productividad y calidad de los cultivos.

## Etapa 3

### a. Página web



#### QUIENES SOMOS

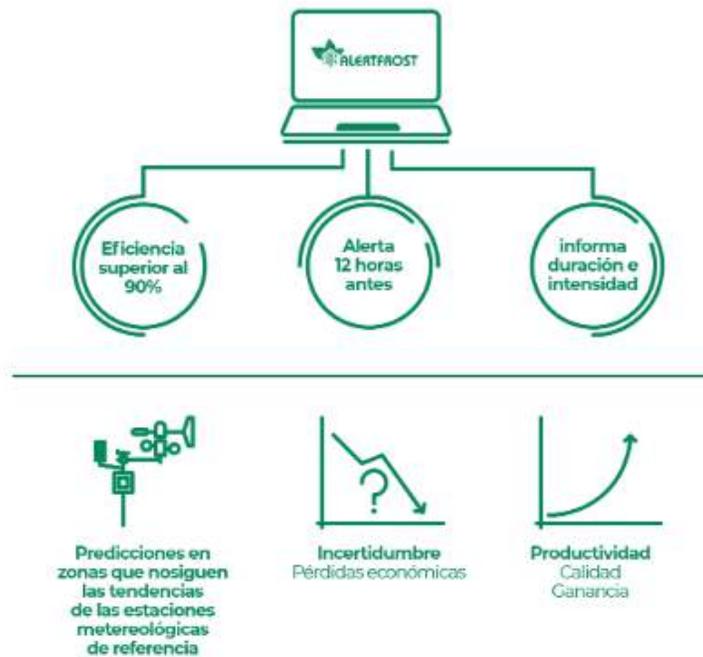
El sistema predictivo **AlertFrost** forma parte de un proyecto financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del **Gobierno Regional del Maule** y es liderado y ejecutado por académicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca.

Nuestro equipo técnico de investigación y desarrollo pertenece a la **Escuela de Bioinformática UTalca** y posee amplio conocimiento y experiencia en la ejecución de sistemas predictivos basados en inteligencia artificial.



## NUESTRO SISTEMA

**AlertFrost constituye una solución para pequeños, medianos y grandes productores agrícolas**, quienes, por cuenta de las heladas, se ven gravemente afectados pues, se estima que, anualmente, se pierde entre un 15 y un 20 por ciento del volumen de exportaciones lo que repercute en la disminución de empleos para temporeros agrícolas, los cuales pueden disminuir hasta un 20 por ciento.



## INFORME PREDICTIVO

Inscríbete para obtener un informe predictivo según la zona en la que se ubica tu cultivo.


## **Actividad de Difusión Proyecto FIC-r**

**Fecha:** 29 de Agosto de 2019

**Duración:** 15:00 – 18:00 hrs.

En la Región del Maule también se desarrollan diversas tecnologías que permitan aumentar la competitividad de la zona y así también descentralizar los recursos del país, buscando innovar y optimizar procesos en diversas áreas como la agroindustria y turismo.

### **Organizadores:**

- Transferencia Maule Tec, Innovación y Tecnologías para el turismo" Código BIP N° 40.001.081-0 – “MauleTec”
- "Transferencia Sistema de Alerta Temprana y Sectorizada de Heladas" Código BIP N° 30.481.998-0 – “AlertFrost”
- Transferencia Nuevo Servicio Biotecnológico para la industria basada en el diseño y producción de Enzimas” Código BIP N° 40.001.111-0 – “Protech”

### **Objetivo:**

Difundir e informar las tecnologías utilizadas actualmente en los proyectos FIC-r en desarrollo, permitiendo valorar y visualizar los resultados alcanzados a la fecha. Orientado a los Consejeros Regionales y Equipo del Gobierno Regional del Maule, contextualizando los procesos necesarios para cada etapa de los proyectos.

La actividad consistió en 3 talleres correspondiente a cada área de los FIC-r involucrados en la organización, cada taller tuvo una duración de 30 minutos aproximadamente.

- Taller de Realidad Virtual

En este taller se mostró cuál es el proceso de digitalización de las piezas pertenecientes a los museos de la Red de Museos del Maule. En este contexto, se pudo visualizar los procesos de fotogrametría y escáner láser, además, de softwares que permiten obtener los elementos digitales. Se mostró también productos que se pueden obtener de dichos elementos virtuales, tales como, impresión 3D, realidad aumentada y realidad virtual, a través de la visualización de la versión beta del Museo Virtual del Maule. Y finalmente, se entregó un avance de los Tours 360° obtenidos para diferentes plataformas.

- Taller de Inteligencia Artificial

La actividad de AlertFrost fue realizada mediante una presentación interactiva donde se dio a conocer el concepto de inteligencia artificial, algunos ejemplos y como es utilizada para predecir heladas en el sistema de alerta temprana. Esta actividad fue guiada por el profesor José Antonio Reyes y su equipo de trabajo

- Taller de Ingeniería de Proteínas y Bioinformática

La actividad consiste en la extracción de ADN de los asistentes mediante técnicas de biología molecular y bioquímica, además de un taller introductorio de bioinformática y proteínas. Mediante esta actividad es posible estar inmerso en las diferentes técnicas de laboratorio húmedo, que incluye diversos pasos y una gran cantidad de precisión, de igual forma, se orientó

respecto a herramientas y bases de datos biológicas que permiten la óptima obtención de los recursos biológicos que son utilizados en el Laboratorio de Proteínas, esto mediante el uso de distintos recursos bioinformáticos y análisis de datos. Dicha actividad fue guiada por el profesor Mauricio Arenas y su equipo de trabajo, Yerko Argandoña y Francisco Imas.

***Imágenes de la actividad***



← Tweet

 **MauleTec**  
@mauletec

[Está pasando]

El equipo de la unidad de Administración de Programas del Gobierno Regional del **#Maule** conocen más sobre nuestro proyecto y las tecnologías que desarrollamos desde **@ingUtalca**



👤 Universidad de Talca

17:42 · 29 ago. 19 · [Twitter for Android](#)

← Tweet

 **MauleTec**  
@mauletec

¡Gran experiencia! 🧠 🎮 🌱

Junto a **@lab\_protech** y **#AlertFrost**, parte del equipo del Gobierno Regional del **#Maule** pudo comprobar que desde la región sí se puede desarrollar tecnologías de punta que pueden resolver problemas en el agro, el turismo y la industria de alimentos.




### Radio Paloma

30-ago-2019 a las 09:00 · 🌐

Inteligencia artificial, enzimas para alimentos y realidad virtual: desarrollos tecnológicos 'made in Maule'

Académicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca demostraron que desde la región sí se puede crear tecnología de punta que resuelve problema... [Ver más](#)



## Informe participación en seminario PEC 2019

El seminario internacional PEC Chile 2019 ofrece una visión integral de la última temporada del cerezo, englobando en ella datos críticos en el manejo del cultivo, post cosecha, enfermedades y plagas, el clima y su incidencia en la producción, nuevas variedades, logísticas, análisis comercial, entre muchos otros temas relevantes para la industria de cerezas, así como también oportunidades de networking.

En este escenario el sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas fue dado a conocer mediante el nombre de "AlertFrost". Se logró difundir los principales resultados del proyecto y ofrecer el servicio de alerta temprana de heladas a productores de cerezas, asesores de campo y empresas que entregan diferentes servicios y productos agrícolas. Destacando el interés de empresas como Tecnipak y LemSystem.

El evento contó con la participación de 400 participantes, 40 auspiciadores, 15 temas y 20 expositores. A continuación, se darán a conocer diferentes imágenes que permiten describir lo que fue la participación en el seminario PEC.

### Expositores





# PROGRAMA SEMINARIO INTERNACIONAL PECCHILE 2019



## 27-AGOSTO

Bloques	Hora	Tema	Expositor
	08:00 - 08:40	Inscripciones	
Inauguración	08:40 - 08:50	Palabras de bienvenida e Inauguración	Locutor
<b>BLOQUE I</b> Las cerezas chilenas en los mercados internacionales : Desafíos y Oportunidades	08:50 - 09:00	El crecimiento de la industria chilena de las cerezas	<b>Sr. Antonio Walker</b> Ministro de Agricultura
	09:00 - 09:40	La Cereza Chilena en China: Una visión desde el mayor Mercado mayorista de frutas frescas y portadas de China	<b>Peter Zhang</b> Shanghai Sales Manager - HILLVILLA GROUP
	09:40 - 10:10	Como mantener el liderazgo de Chile como primer exportador de Cerezas del mundo sin afectar la calidad de la fruta.	<b>Ricardo Oyarzún</b> Ing. Agrónomo U. De Concepción Ing. Civil Industrial U. De Talca
<b>BLOQUE II</b> Como mejorar el Potencial de Calibre, Firmeza y Condición de las Cereza.	10:10 - 10:40	Potencial productivo: mejorar la calidad de la fruta, Optimizando el uso del calcio con manejo nutricional, riego, desarrollo radicular, reserva frutal y control de situaciones de estrés	<b>Luis Valenzuela</b> Ing. Agrónomo Magister, Departamento Copelmat
	10:40 - 11:20	<b>Coffee</b>	
	11:20 - 11:50	Potencial productivo: Optimizar y mejorar calidad de la fruta, absorción y uso del calcio, controlando los tiempos de nega y su frecuencia mediante sensores y telemetría	<b>Jordi Casas</b> Ing. Agrónomo, Aewor
	11:50 - 12:25	Potencial productivo: Optimizar la elección de nuevas variedades y Portainjertos; que encontramos fuera de Colt, Santina y Lapins ?	<b>Lynn Long</b> Professor de Oregon State University
	12:25 - 12:55	Potencial productivo: Analizando soluciones a problemas de sincronía y cuspa en variedades que requieren polinización cruzada, tales como Regina	<b>Karen Sagredo Urrea</b> Ing. Agrónomo, Ph.D. Universidad de Chile
		<b>Almuerzo</b>	
<b>BLOQUE III</b> Poscosecha, Calidad y Condición de la viajera Cereza Chilena	14:20 - 14:50	Como mantener la calidad de la fruta al momento de la cosecha	<b>Peter Toivonen Ph.D.</b> Investigador científico fisiología poscosecha
	14:50 - 15:20	Solución a los principales problemas de poscosecha y cómo se relaciona el calcio con el Pardeamiento interno de la fruta	<b>Jessica Rodríguez</b> Ing. Agrónomo U. Católica de Chile
	15:20 - 15:50	Como mantener la calidad de la fruta después de cosechada	<b>Peter Toivonen Ph.D.</b> Investigador científico fisiología poscosecha
<b>BLOQUE III</b> Poscosecha, Calidad y Condición de la viajera Cereza Chilena	14:20 - 14:50	Como mantener la calidad de la fruta al momento de la cosecha	<b>Peter Toivonen Ph.D.</b> Investigador científico fisiología poscosecha
	14:50 - 15:20	Solución a los principales problemas de poscosecha y cómo se relaciona el calcio con el Pardeamiento interno de la fruta	<b>Jessica Rodríguez</b> Ing. Agrónomo U. Católica de Chile
	15:20 - 15:50	Como mantener la calidad de la fruta después de cosechada	<b>Peter Toivonen Ph.D.</b> Investigador científico fisiología poscosecha
		<b>Coffee</b>	
<b>BLOQUE IV</b> Como Optimizar la Calidad de la Fruta.	16:30 - 17:00	Monitoreo de <i>Drosophila Suzukii</i> en cerezos	<b>Carolina Yáñez B.</b> Ingeniero Agrónomo - IIR
	17:00 - 17:30	Receso Invernal: Clima de poscosecha y su influencia en el proceso del Receso Invernal	<b>Luis Espíndola P.</b> Ingeniero Agrónomo - Aewor
		<b>MESA REDONDA</b>	
	17:30 - 18:00		

# 28-AGOSTO



Bloques	Hora	Tema	Expositor
	08:00 - 09:00	Inscripciones	
<b>BLOQUE IV</b> Como Optimizar la Calidad de la Fruta.	09:00 - 09:30	Indicadores que regulan el potencial productivo en huertos de cerezos modernos. 2ª parte	<b>Carlos Tapia</b> Ingeniero Agrónomo M.Sc. Asesor
<b>BLOQUE V</b> Sistemas de Conducción	09:30 - 10:00	Los atractivos que envuelven los sistemas de conducción para Cerezos V- Trellis	<b>Andrés Ureta</b> Ing. Agrónomo Asesor
	10:00- 10:30	Potencial y comportamiento del Sistema de Renovación Permanente ( SRP) para Cerezos	<b>Ronald Vermeulen</b> Consultor y asesor Frutícola
	10:30- 11:00	Parámetros e indicadores que nos ayuden a seleccionar el sistema de conducción más apropiado para cada situación	<b>Patricio Espinosa</b> Ingeniero Agrónomo Asesor Director PECCHLE
<b>BLOQUE V</b> Coberturas	11:00 - 11:30	Pausa de manejo fisiológico desde la plantación hasta los huertos en plena producción para mantener a Chile como líder en exportaciones de cerezas	<b>Gregory Lang</b> Ph.D., Profesor en Fisiología Vegetal
	11:30 - 11:55	<b>Coffee</b>	
	11:55 -12:25	Clima y producción de cerezas de calidad; Consideraciones y Manejos	<b>Richard Bastias</b> Dr. Universidad de Concepción
	12:25 - 12:55	Actualización de resultados en el manejo comercial de huertos bajo coberturas permanente y techo retráctil	<b>Richard Vollebregt</b> Empresa Cravo
	12:55 - 13:25	Cubiertas inteligentes en aplicaciones intensivas, aplicadas al cultivo del cerezo protegido bajo invernadero	<b>Francisco Alonso</b> Director General Empresa Rádior España

**Presentación del stand de AlertFrost**



**Presentación de diferentes expositores**



Difusión del evento mediante redes sociales



**María Alejandra Bravo** @... · 28 ago. ▾

Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas . Participación en seminario internacional PEC Chile .  
[#pecchile](#) [#alertfrost](#)



**pecchile**  
Club de la Unión Curico



**89 Me gusta**

**pecchile** Parte de lo que dejo esta 8° Edición de nuestro Seminario Técnico internacional del Ce... más



pecchile  
Club de la Unión Curico



89 Me gusta

pecchile Parte de lo que dejo esta 8° Edición de



## Participantes



### Seminario Técnico Internacional del Cerezo Con más trayectoria y éxito en Chile

Agradecemos a las empresas líderes del rubro, por su apoyo a la innovación y transferencia tecnológica en la industria del cerezo

#### PREMIUM



#### CLASSIC



#### MAQUINARIA



## Brochure entregado

Basado en técnicas de **inteligencia artificial**, nuestro sistema predictivo entregará a los productores de la Región del Maule, un pronóstico certero sobre el riesgo de ocurrencia de una helada, su duración e intensidad.

Su efectividad es superior al 90 por ciento y las alertas las entregará con hasta 12 horas de anticipación de manera, incluso en zonas que no siguen la tendencia de las estaciones meteorológicas de referencia.

El desarrollo de este sistema predictivo es un proyecto financiado con recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno regional del Maule y liderado por académicos de la Universidad de Talca.

**Director:**  
José Antonio Reyes-Suñel, PhD.  
jreyes@utalca.cl

---

**Equipo:**  
Alejandro Valdés J., PhD(DS), Ingeniero en Informática  
María Alejandra Bravo D., Ingeniero en Bioinformática  
Eduardo Poblete C., Ingeniero en Informática  
Patricia Möller Acuña, PhD., Ingeniero en Bioinformática  
Ángela Astudillo V., Ingeniero de Ejecución en Administración

---

**Ubicación:**  
Departamento de Bioinformática de la Universidad de Talca,  
Campus Talca, Avenida Lircay 511




**SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y SECTORIZADA DE HELADAS**

*Una herramienta para aumentar la competitividad de la agricultura en la Región del Maule*

### HELADAS: FENÓMENO Y PROBLEMÁTICA

Las heladas en la Región del Maule han provocado la disminución de las exportaciones de productos agrofrutícolas entre un 15 y un 20 por ciento, su impacto también se ha sentido a nivel económico con pérdidas que han alcanzado los 900 millones de dólares.

El simple tiempo ha sido lejano a este fenómeno y se estima que genera la disminución de un 20 por ciento de los trabajos para serenoseros agrícolas.

Actualmente no existe un sistema que disminuya la incertidumbre en los productores y que les permita aplicar manejos preventivos, pues las estaciones meteorológicas de monitoreo no advierte la posibilidad de una helada, simplemente, la registran cuando esta ya ha ocurrido.

**SISTEMA PREDICTIVO DE HELADAS**





Eficaz en zonas cercanas a estaciones meteorológicas



Incertidumbre Pérdidas económicas



Productividad Calidad Ganancias

### ¿POR QUÉ EL AGRO NECESITA NUESTRO SISTEMA PREDICTIVO DE HELADAS?

**NUESTRA SOLUCIÓN**

**SISTEMA DE PREDICCIÓN TEMPRANA DE HELADAS**

- Alerta de la ocurrencia de una helada con 12 horas de anticipación.
- Entrega un pronóstico sectorizado de ocurrencia de heladas y diferencia aquellas zonas en las que el riesgo de ocurrencia es alto, menor o nulo.
- Entrega una alerta temprana que influye la duración e intensidad de las heladas.
- Disminuye la incertidumbre y permite aplicar manejos preventivos, lo que trae beneficios económicos, aumentos de productividad y calidad de los cultivos.

# INFORME DE ACTIVIDADES AGOSTO Y SEPTIEMBRE 2020

Nombre Profesional	<b>Mg. Mónica Suárez Quiroga</b>
Rut	<b>23.342.117-0</b>
Nombre Proyecto	<b>“SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y SECTORIZADA DE HELADAS”</b>
Código de Proyecto	<b>30.481.998-0</b>
Detalle de actividades en el período	<ol style="list-style-type: none"> <li> <p><b>1. Adecuación página web alertfrost.cl</b>                      Con información sobre el proyecto FIC-R, el equipo desarrollador y acceso al sistema de informes predictivos.</p> </li> <li> <p><b>2. Lanzamiento del Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas Alertfrost.</b>                      Evento virtual realizado el 24 de agosto a las 11:00 hrs. Contó con 142 inscritos y se realizó vía Zoom.                      Involucró diseño de gráficas para invitación vía mailing y redes sociales; preparación del libreto y locución del mismo.</p> <div style="text-align: center;">  </div> </li> <li> <p><b>3. Comunicado de prensa sobre el sistema AlertFrost</b>                      Despachado a medios regionales con 6 apariciones en portales webs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="https://www.24horas.cl/regiones/maule/heladas-y-lluvia-son-motivo-de-medidas-y-analisis--4422825">https://www.24horas.cl/regiones/maule/heladas-y-lluvia-son-motivo-de-medidas-y-analisis--4422825</a></li> <li>- <a href="http://www.diarioelheraldo.cl/noticia/sistema-pronostica-heladas-con-90-de-eficiencia">http://www.diarioelheraldo.cl/noticia/sistema-pronostica-heladas-con-90-de-eficiencia</a></li> <li>- <a href="https://www.enlineamaule.cl/archivo/37642">https://www.enlineamaule.cl/archivo/37642</a></li> <li>- <a href="https://www.otalca.cl/noticias/desarrollan-sistema-de-pronostico-de-heladas-con-una-eficiencia-superior-al-90/">https://www.otalca.cl/noticias/desarrollan-sistema-de-pronostico-de-heladas-con-una-eficiencia-superior-al-90/</a></li> <li>- <a href="http://ingenieriautalca.cl/Noticia/Detalles/1288">http://ingenieriautalca.cl/Noticia/Detalles/1288</a></li> <li>- <a href="http://macrofacultad.cl/articulos/603-sistema-pronostica-heladas-con-90-de-eficiencia">http://macrofacultad.cl/articulos/603-sistema-pronostica-heladas-con-90-de-eficiencia</a></li> </ul> </li> </ol>

**4. Activación de redes sociales**

Desde el 2 de agosto en las plataformas de Facebook y Twitter desde @DSLlabUTalca, con información sobre el sistema Alertfrost y datos sobre las alertas.

La comunidad digital a 30 de septiembre alcanza los 121 usuarios, 15.200 impresiones en Twitter a la misma fecha y 393 usuarios alcanzados en Facebook para el mismo periodo.

**5. Desarrollo de línea gráfica y diseño de gráficas para redes sociales**

Desarrollo de 17 gráficas en el periodo informado que acompañan las publicaciones en Facebook y Twitter.



**José Antonio Rayes**  
Director Proyecto 30.481.998-0

**Mónica Suárez Quiroga**  
Magíster en Ciencias de la Comunicación  
Comunicadora Social - Periodista



## INFORME PRODUCTOS GRÁFICOS Y DIFUSIÓN FIC HELADAS – BIP 30581998-0

### INTRODUCCIÓN

Para el proyecto FIC "Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas" fue desarrollado un plan de difusión dirigido a los grupos de interés de esta iniciativa.

A continuación, se presentan los objetivos estratégicos del plan de difusión.

### OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

#### Objetivo estratégico 1

Generar conocimiento entre productores y empresarios del sector agrícola del Sistema de alerta temprana y sectorizada de heladas "AlertFrost" y la plataforma que lo soporta.

#### Objetivo estratégico 2

Fomentar el uso de la plataforma "AlertFrost" entre los agricultores.

#### Objetivo estratégico 3

Aumentar el conocimiento de la marca "AlertFrost" como un referente en innovación y tecnología en beneficio del agro.

### PÚBLICOS DE INTERÉS

#### Públicos externos

- Productores agrícolas
- Empresarios agrícolas
- Medios de comunicación

### PRODUCTOS Y ACCIÓN DE DIFUSIÓN

	<b>PRODUCTO</b>	<b>ESTADO</b>
1	Diseño de marca	Ejecutado
2	Ronda de medios	En ejecución 1 de 5 medios
3	Diseño de videos 2D	Ejecutado
4	Implementación de marketing digital	Por ejecutar
5	Generación de material gráfico para redes sociales	En ejecución

## 1. Diseño de marca

Del Data Science Lab, laboratorio desde el cual fue desarrollado AlertFrost.



## 2. Ronda de medios

Con énfasis en medios radiales y televisivos de las capitales provinciales.

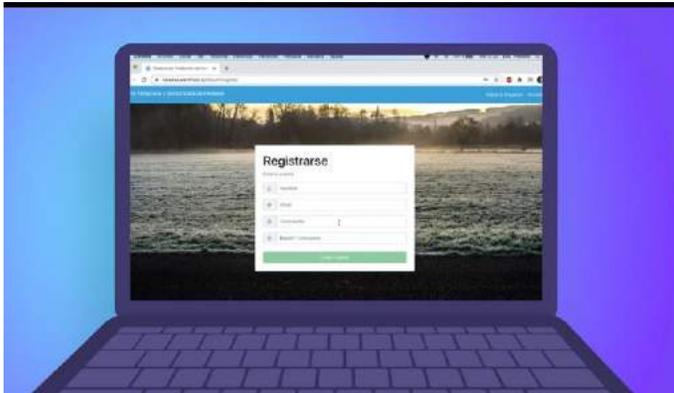


## 3. Diseño de videos 2D

- Sobre beneficios del sistema de alerta temprana AlertFrost.



- Tutorial de funcionamiento de la página de AlertFrost para programar alertas al correo electrónico.



#### 4. Implementación de marketing digital

Con el objetivo de aumentar el conocimiento sobre el sistema de alerta temprana entre los productores agrícolas de la Región del Maule.

#### 5. Generación de material gráfico para redes sociales

Se mantendrá la difusión por las plataformas de Twitter y Facebook con énfasis en:

- Conceptos claves de la agricultura 4.0
- Funcionamiento del sistema AlertFrost

