

# ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA DE INSTALACIÓN DE GENERADORES TERRESTRES EN LA REGIÓN DE COQUIMBO.

Jhon Cifuentes V.<sup>1</sup>, Francisco Meza A.<sup>2</sup>, Michelle Muñoz A.<sup>1</sup>, Diego Campos D.<sup>1,5</sup>, Augusto Llano E.<sup>1</sup>, Ricardo Vásquez Y.

<sup>1</sup>,Omar Cuevas A.<sup>3,4</sup>, Claudia Quijada C.<sup>1</sup>, Yeni Cataldo C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GresMet Ltda. <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Intihuasi. <sup>3</sup>Meteotech Ltda. <sup>4</sup>Universidad de Valparaíso. <sup>5</sup>Departamento de Geofísica, Universidad de Chile.

## Introducción

Frente al escenario nacional de escasez de precipitaciones, que afecta principalmente a la comunidad agrícola, nace la inquietud de buscar medidas de mitigación de la sequía. La comunidad de la IV Región de Coquimbo, junto con el gobierno regional, han optado por el incremento de la precipitación mediante la implementación de generadores de siembra terrestre, que insuflan una solución a las nubes asociadas a episodios de precipitación, y así obtener una mayor cantidad de precipitación sólida.

El presente estudio tuvo como objetivo principal “determinar la factibilidad de ubicación, en tres cuencas de la Región de Coquimbo, de generadores terrestres de yoduro de plata, en base a mediciones de corrientes ascendentes bajo condiciones de inestabilidad atmosférica y disposición por combustión del yoduro”.

El objetivo principal de los programas de siembra es obtener, mediante la estimulación de las nubes con un nucleante apropiado (Agl), una mayor cantidad de precipitación líquida o nival que la que hubiese caído en forma natural



Figura 1. Esquema de siembra de nubes mediante generadores terrestres el cual hace efecto entre las temperaturas -5°C y -25°C dentro de la nube. (Fuente: Griffith y Solak, 2006)

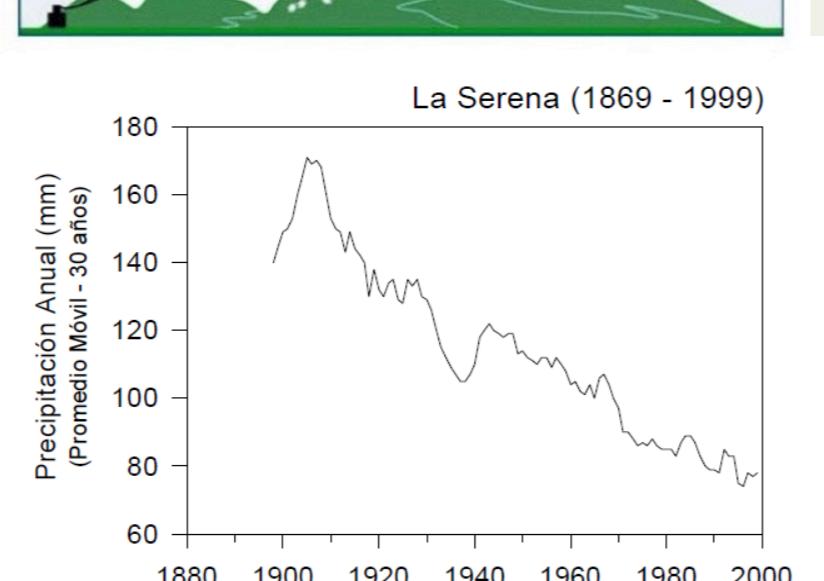


Figura 2. . Promedio móvil (30 años) de la pluviosidad en La Serena, periodo 1869 a 1999 (Fuente: Squeo et al., 1999; Novoa & López, 2001).

Se definieron 19 rectas que cruzan las áreas con movimientos ascendentes, a las cuales se le generaron cortes verticales para todos los eventos seleccionados, utilizando el modelo WRF.

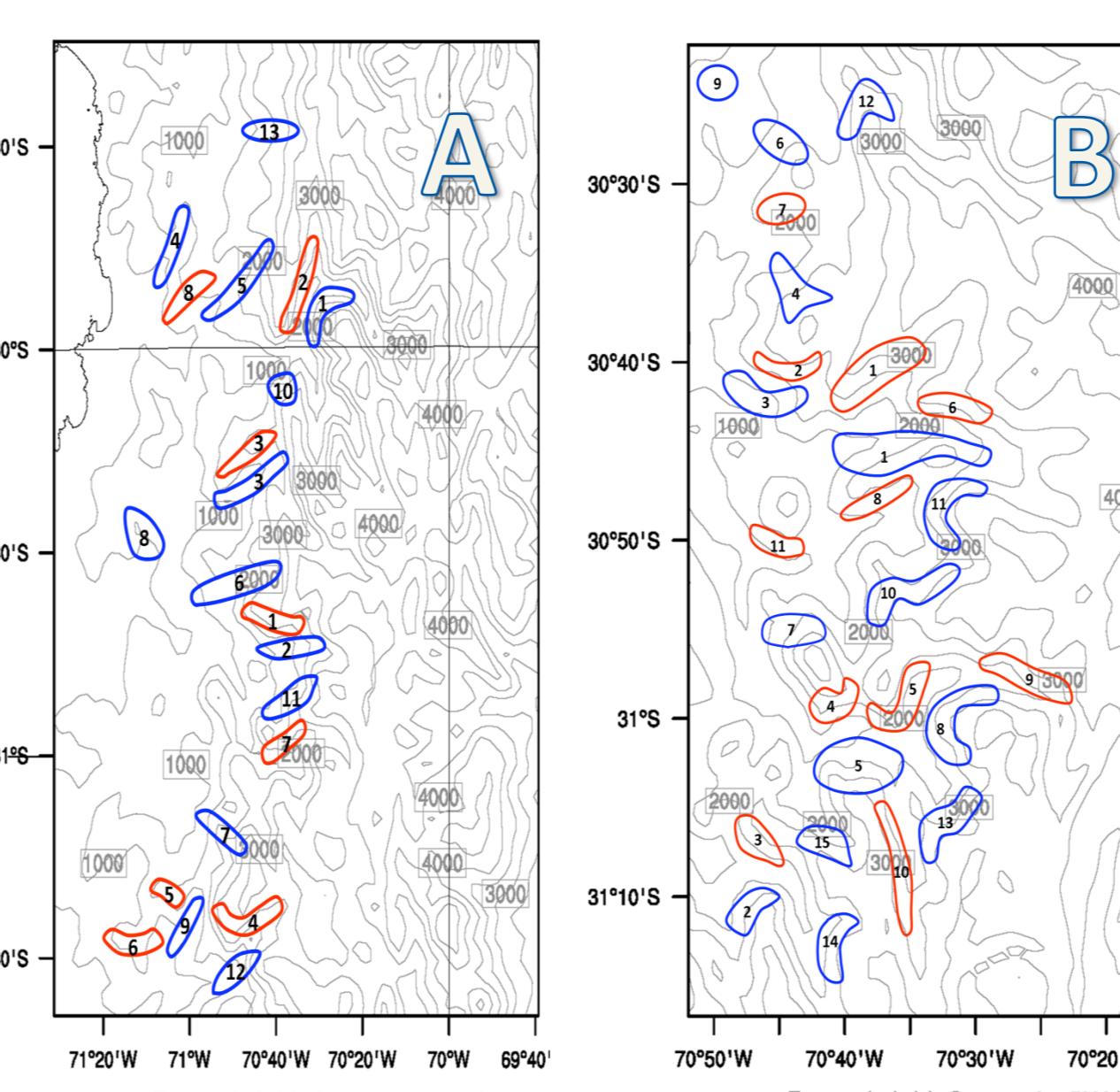


Figura 7. Sectores identificados con movimientos ascendentes y descendentes en Dominio 3 (A) y Dominio 4 (B). Delimitado en línea azul se muestran las zonas de movimiento ascendente y en color rojo delimitadas las zonas con movimiento descendente.

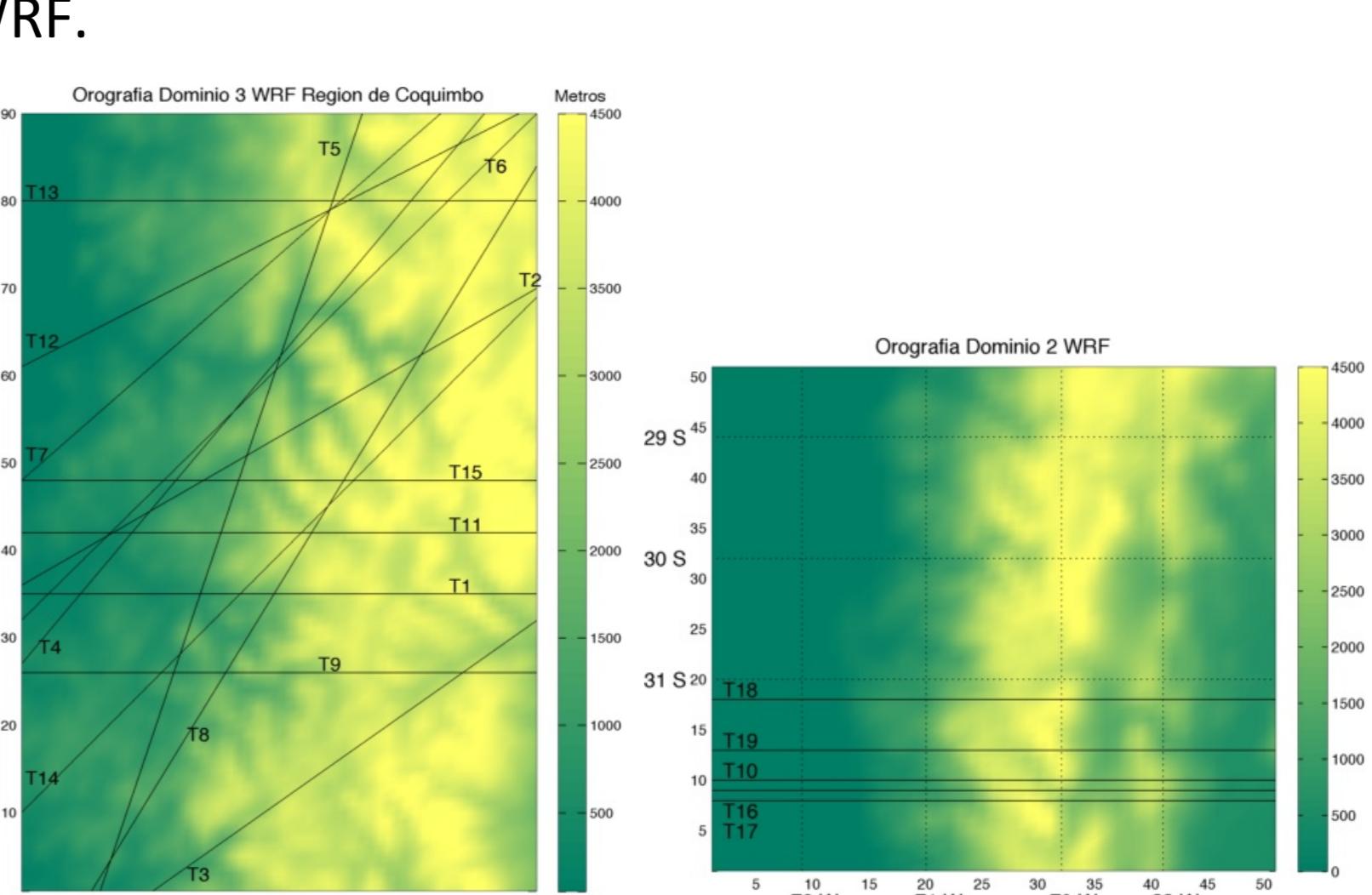


Figura 8. Mapa de transectas para dominios 3 y 2, respectivamente.

Los cortes verticales nos entregan información de temperatura del aire, velocidad vertical W, vector viento (u,v) y Omega. El análisis se enfocó en obtener áreas donde se localizaran las regiones de movimiento ascendente de viento, con el referente de la línea de nieve y las temperaturas adecuadas para efectuar la siembra Vector viento (u,v): Representa el viento en el plano horizontal (latitud, longitud).

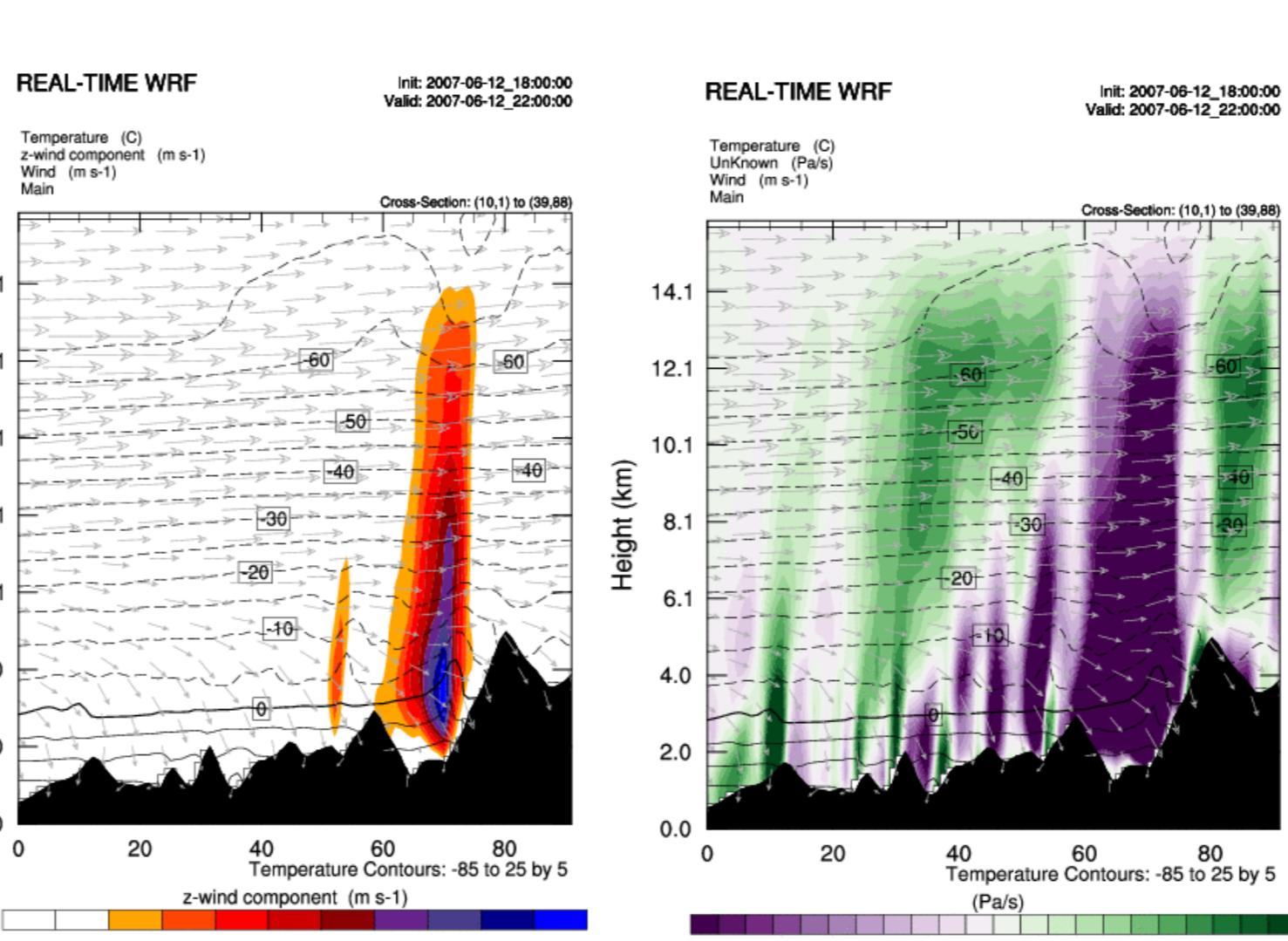


Figura 09: Corte vertical realizado sobre transecta n°5, válido para las 22:00 hrs del 20-06-2007. En ambas imágenes se representan todos los parámetros analizados, las líneas negras muestran la temperatura del aire (°C), en vectores la dirección del viento (u,v) en el plano horizontal, y en colores la velocidad vertical W (m/s) a la izquierda y Omega (Pa/s) a la derecha. El eje X muestra los puntos de grilla de la transecta y el eje Z muestra la altura en kilómetros.

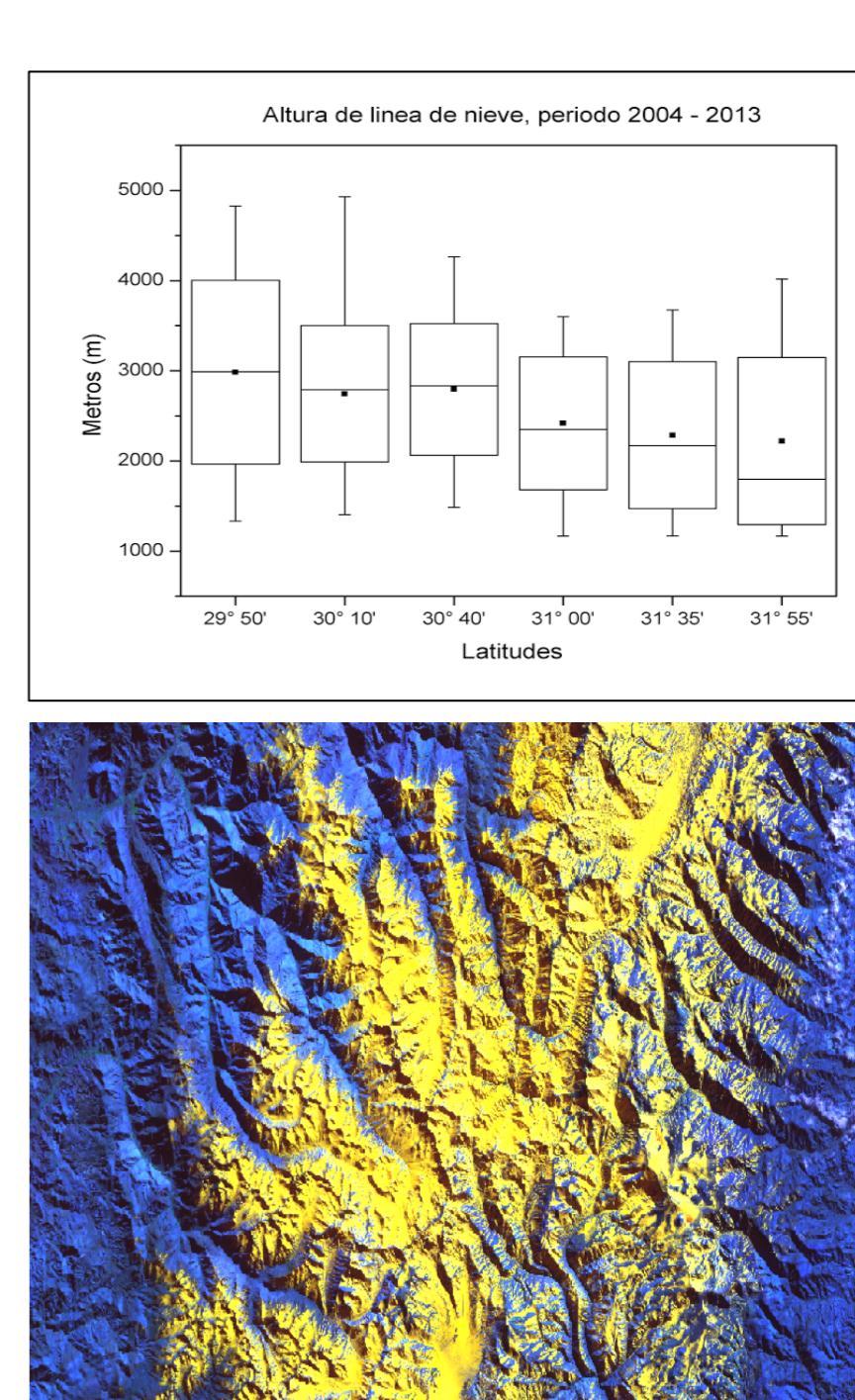


Figura 10. Gráfico de medidas de tendencia central para los puntos muestrados de línea de nieve por latitud, máximos y mínimos. En el gráfico se muestra la media (cuadro central), mediana (línea central), media más menos una desviación estándar (bordes superior e inferior de la caja) y máximos y mínimos (bigotes).

Luego de aplicar los criterios generales para la instalación de generadores terrestres, las zonas con movimientos ascendentes favorables para el transporte del nucleante, se redujeron a 22 puntos representativos en la región.

Luego del análisis sinóptico de los 28 sistemas atmosféricos, 21 corresponden a sistemas frontales, 3 a sistemas frontales que varían a núcleo frío, 3 a núcleos fríos y 1 a condiciones de inestabilidad de cordillera.

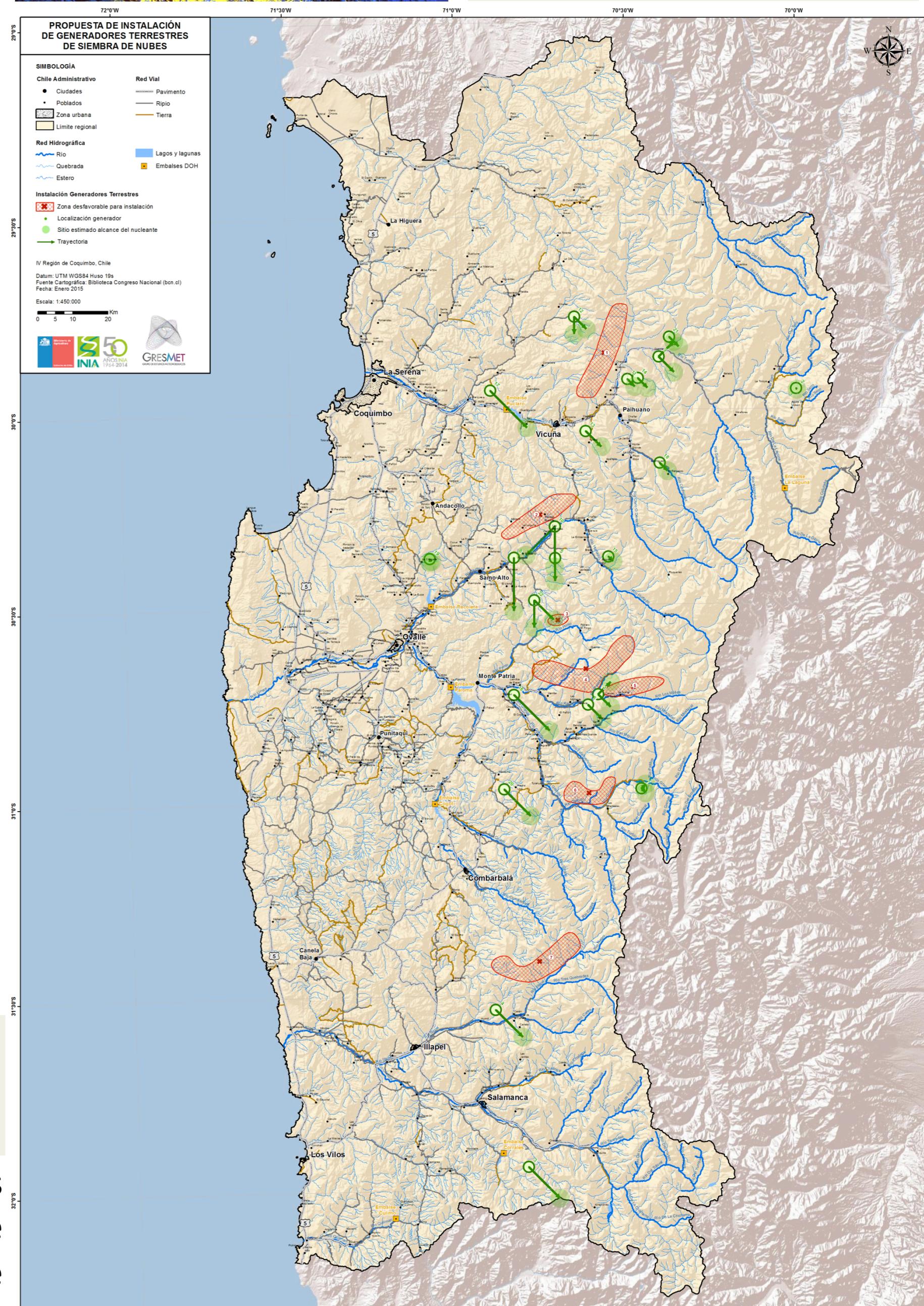
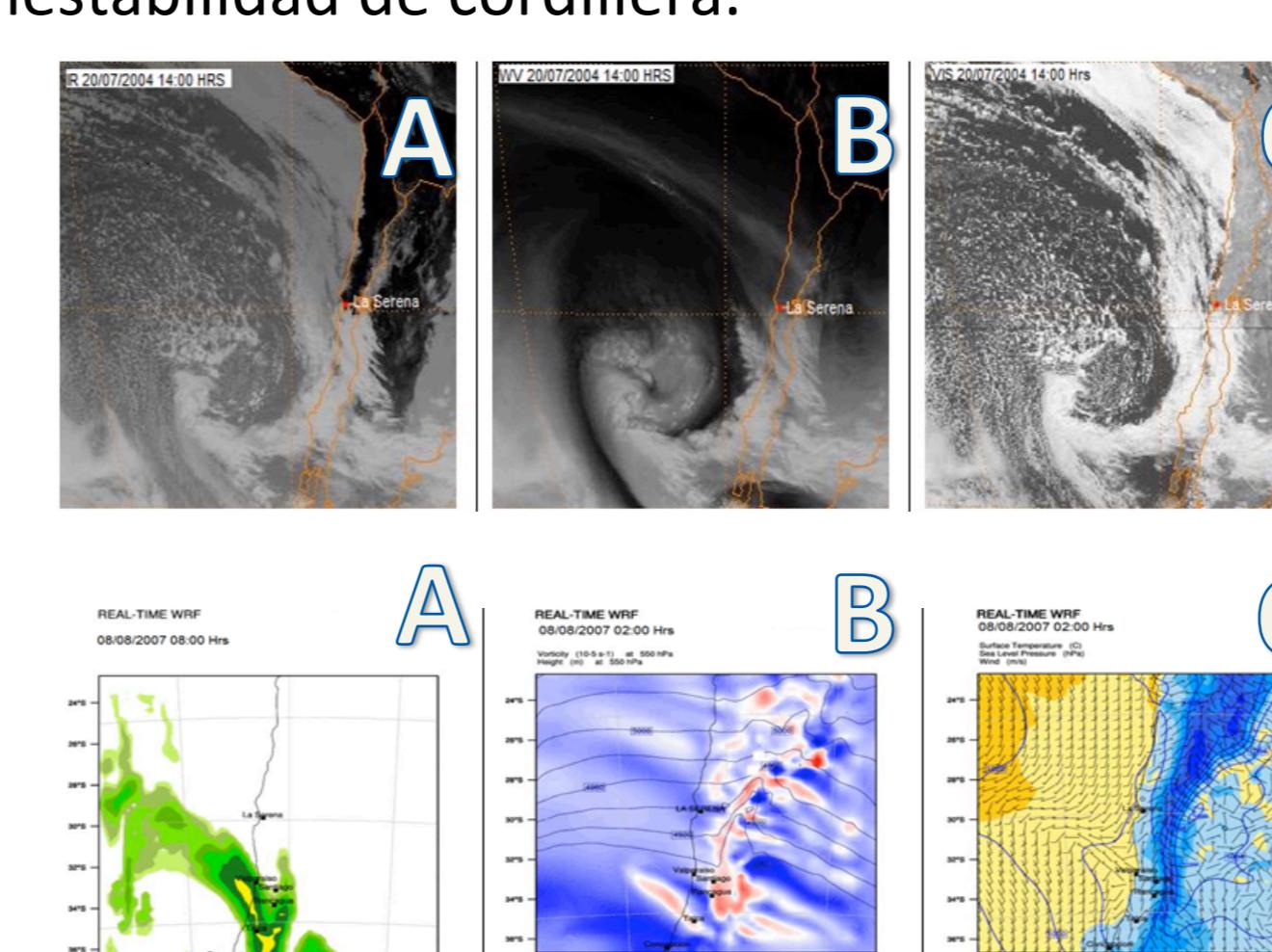


Figura 12. Arriba: Imágenes satelitales de (a) espectro infrarrojo, (b) vapor de agua y (c) visible. Fuente: NOAA-NCDC. Abajo: Simulaciones atmosféricas de WRF para (a) tendencia de la precipitación (mm), (b) altura geopotencial en 5500 hPa (líneas negras), vorticidad relativa (colores) y (c) presión a nivel del mar (líneas), temperatura del aire (colores) y dirección e intensidad del viento (barbas).

Una vez clasificados los eventos, se encontró que los sistemas frontales dejan precipitación de sur a norte e ingresan de costa a valles y los núcleos fríos e inestabilidad en cordillera, dejan precipitación de norte a sur y su desplazamiento es de cordillera a valles en la región.

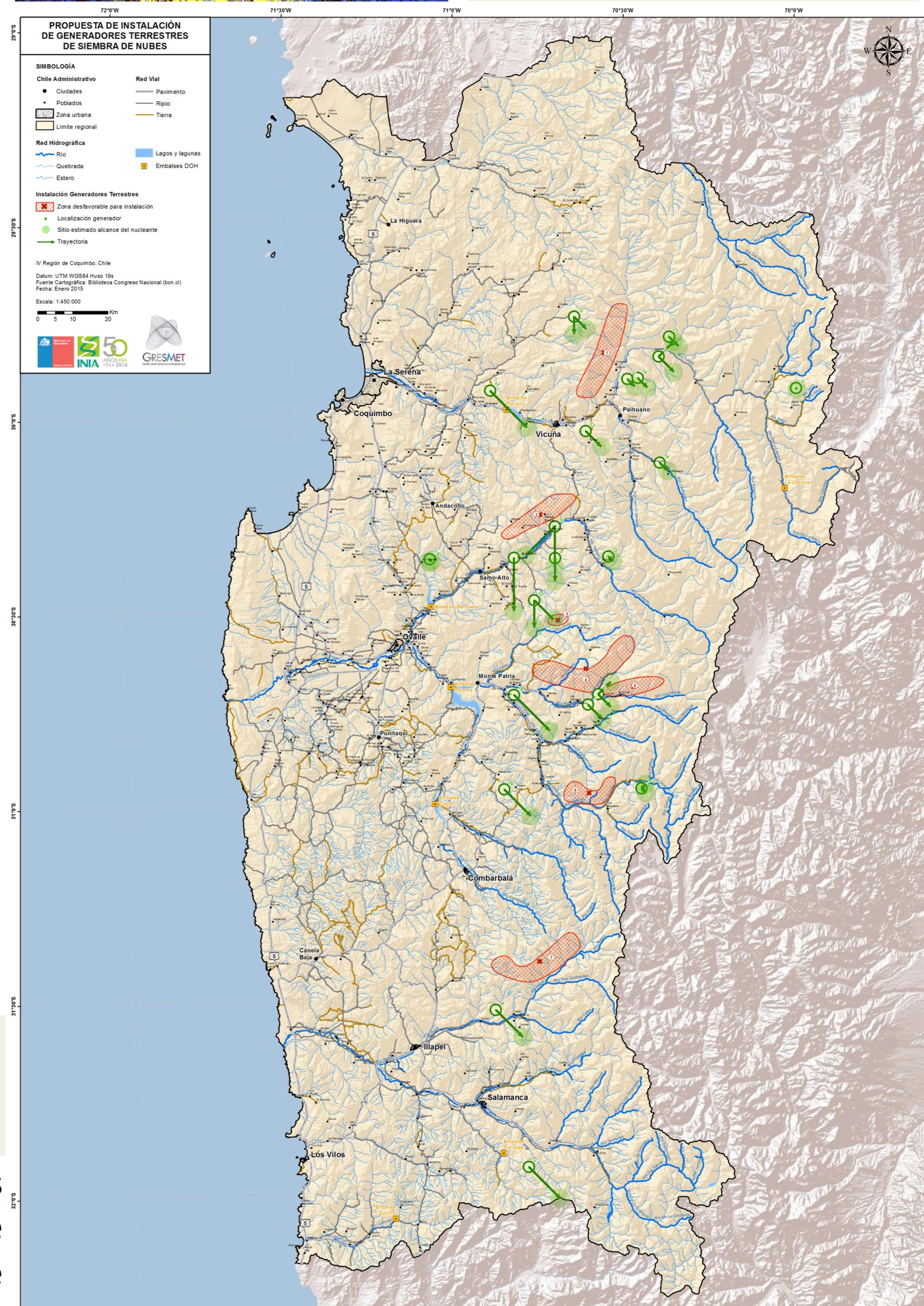


Figura 13. Mapa de puntos favorables y zonas desfavorables para la instalación de generadores terrestres en la IV Región de Coquimbo y trayectoria del nucleante desde el generador.

## Resultados

La serie de tiempo de temperatura del aire (Figura 5) muestra que los valores observados y los simulados por WRF están muy cercanos. De esta manera, el error (RMSE) de la serie entre los valores simulados con respecto a los observados es de 2.08 °C y la correlación fue de 0.7.

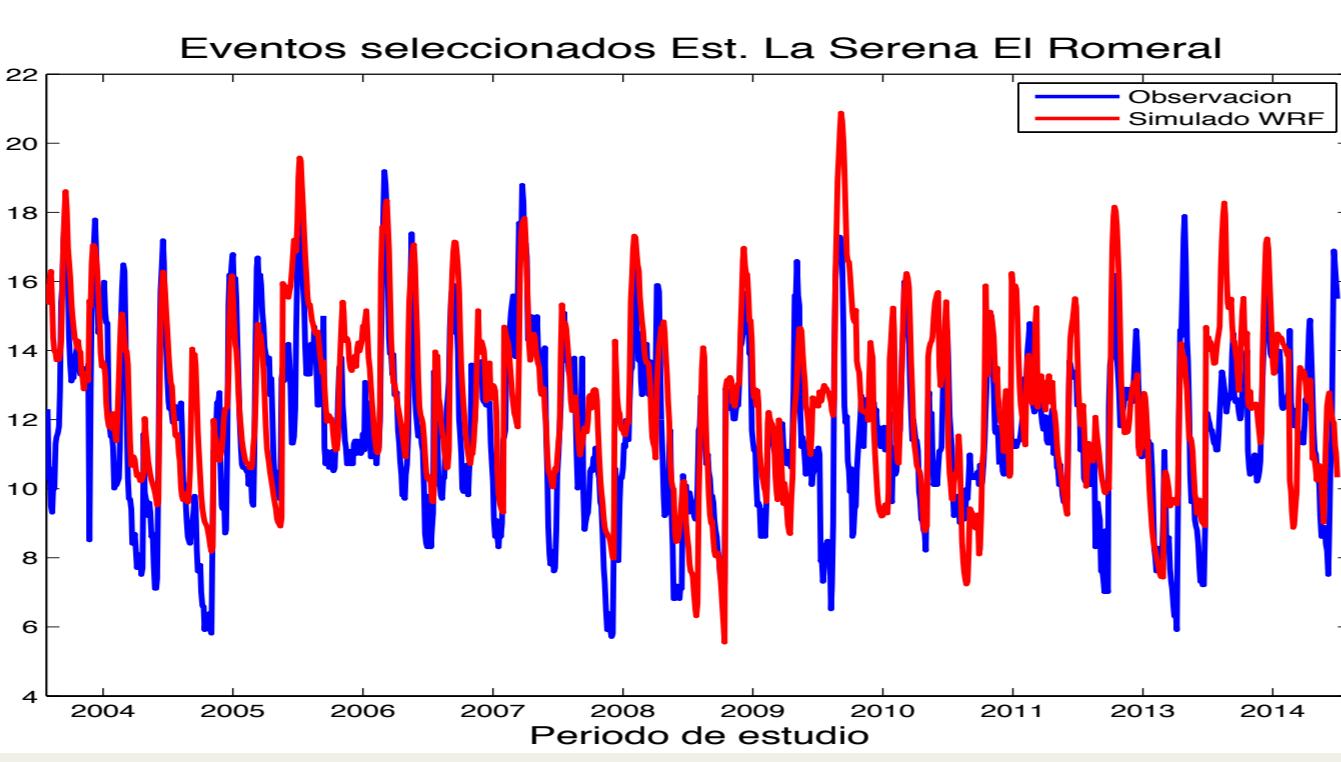


Figura 5. Gráfico de serie de tiempo de la temperatura del aire registrada por la estación meteorológica (azul) y la simulada por el modelo WRF (roja) en el periodo de estudio.

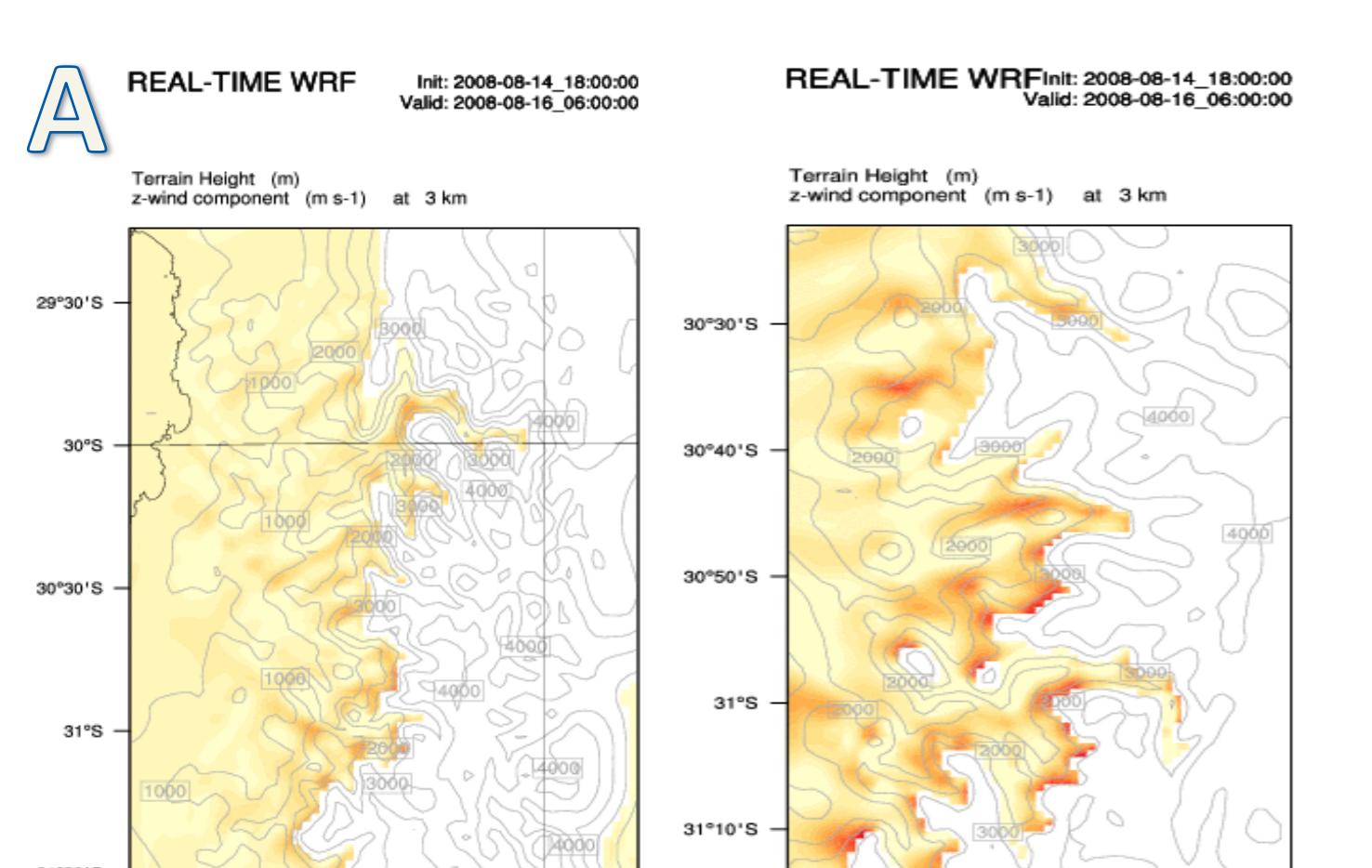


Figura 6. A: Campos de velocidad vertical W (m/s) B: Campos de Omega (Pa/s). Ambos a 3.000 m para un instante previo a comenzar la precipitación sobre la IV Región durante el desarrollo del evento 16, correspondiente a un sistema frontal. La imagen de la izquierda muestra la simulación en Dominio 3 y a la derecha se observa en Dominio 4.

Previo a comenzar la precipitación en todos los eventos seleccionados se realizó el análisis de las cartas simuladas del parámetro W (Figura 6 a), que muestra sectores o áreas donde se producen movimientos verticales, reforzados con el análisis de Omega, que entrega información tanto de movimientos ascendentes y descendentes.(Figura 6 b)

## Conclusiones

- Durante los episodios de precipitación en el periodo de 2003 al 2014, en la región de Coquimbo existen zonas con movimientos de aire ascendentes que presentan un alto porcentaje de ocurrencia.
- Del total de sectores identificados con movimientos de aire ascendente, sólo 22 puntos presentan condiciones favorables para la instalación de generadores terrestres. Éstos se distribuyen mayormente en la cuenca del Elqui (9 sectores) y en la cuenca del Limarí (11 sectores), mientras que en la cuenca del Choapa sólo se identifican dos zonas favorables.
- El estudio de las variables meteorológicas a través del análisis de WRF, también otorga indicios de aquellos sectores desfavorables para la instalación de generadores, relacionados con áreas donde mayormente predomina el viento descendente mientras trascurre un evento de precipitación o previo a él. Estos sectores se localizan en la parte sur de las cadenas montañosas, principalmente en el sector a sotavento.
- Debido al viento horizontal el nucleante es transportado en la mayoría de los casos hacia el SE de la zona de emisión.