

De la predicción a la alerta: la brecha tecnológica que Chile debe cerrar para anticiparse a los fenómenos meteorológicos extremos

Los eventos meteorológicos extremos registrados durante 2026 vuelven a poner a prueba la capacidad de Chile para anticiparse a fenómenos de alto impacto.

Los sistemas frontales de 2026, en el inicio del invierno, volvieron a poner a prueba la capacidad del país para anticipar eventos meteorológicos de alto impacto. Para el académico del Instituto de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad de O'Higgins (UOH) e investigador del CR2, Raúl Valenzuela, uno de los principales desafíos está en fortalecer la observación: "Chile necesita mejores herramientas para detectar fenómenos que pueden desarrollarse en escalas de apenas cientos de metros y que dejan pocos minutos para reaccionar", detalla.

Los sistemas frontales -a la fecha- han dejado algo más que registros de precipitaciones, viento o nieve. Ponen sobre la mesa la real capacidad que tiene el país para anticiparse a los fenómenos meteorológicos extremos y transformar la información científica en decisiones oportunas para proteger a la población.

Para el Dr. Valenzuela parte de la respuesta está en fortalecer una infraestructura que Chile todavía tiene de manera muy limitada: los radares meteorológicos Doppler de carácter escaneador.

Actualmente -explica- la experiencia nacional se ha

desarrollado principalmente con radares perfiladores, instrumentos que observan de manera fija la atmósfera y permiten estudiar cómo varían las condiciones con la altura. El problema aparece cuando se necesita identificar fenómenos que no solo requieren información vertical, sino también saber exactamente dónde se están desarrollando y cómo se desplazan.

“Nosotros lo que necesitamos son radares Doppler escaneadores”, plantea el investigador. Estos instrumentos pueden rotar en 360 grados y modificar su elevación, permitiendo observar la atmósfera en distintas direcciones y detectar, entre otros elementos, señales de rotación.

La diferencia resulta especialmente importante frente a fenómenos como los tornados, cuya escala puede ser extremadamente pequeña. Raúl Valenzuela explica que algunos de los tornados observados recientemente en el sur de Chile podrían tener dimensiones cercanas a los 100 metros por 100 metros. Un radar convencional de vigilancia, en cambio, puede trabajar con píxeles de alrededor de 500 por 500 metros.

El resultado es que el fenómeno puede quedar literalmente oculto dentro de la imagen. “El píxel de la imagen tiene que ser más pequeño que el objeto que quiere detectar”, explica el académico, quien compara el problema con una imagen médica: si el elemento que se busca identificar es más pequeño que la resolución del instrumento puede quedar escondido dentro de un píxel y pasar inadvertido.

Esta diferencia entre predecir condiciones y detectar un fenómeno resulta fundamental. “Los modelos numéricos pueden advertir que existe una zona donde las condiciones atmosféricas son favorables para la formación de tornados, pero eso no significa que puedan determinar con precisión el punto exacto donde se desarrollará un fenómeno que puede tener el tamaño de una cuadra o incluso menos”, detalla el investigador.

Ahí es donde, según Valenzuela, los radares adquieren un papel fundamental. “Si nosotros tenemos un modelo numérico que nos dice, acá están las condiciones, el radar va a estar mirando hacia allá”, explica y utiliza una analogía con la torre de Sauron de El Señor de los Anillos: “el sistema recibe una señal sobre dónde concentrar su atención y dirige hacia ese lugar su capacidad de observación”, añade.

Dificultad adicional: la geografía

El académico agrega que, mientras en amplias zonas de Estados Unidos los radares pueden observar horizontalmente a grandes distancias gracias a una topografía relativamente plana, en Chile la cordillera y los sistemas montañosos pueden bloquear rápidamente la señal. Por eso, advierte, no basta con replicar modelos utilizados en otros países. “Es un desafío y va a requerir diseño”, señala.

La discusión adquiere especial relevancia cuando se habla de sistemas de alerta temprana. La instalación de radares más avanzados no significa necesariamente que Chile podrá saber con horas de anticipación dónde ocurrirá un tornado. La experiencia internacional muestra que la ventana de respuesta puede ser mucho más breve. “Aunque sea el mejor radar del mundo, no va a ser del orden de horas, sino que más bien del orden de minutos”, enfatiza Valenzuela.

En Estados Unidos, señala el académico, incluso una alerta de cinco minutos puede ser suficiente para que las personas alcancen a refugiarse en lugares preparados para este tipo de eventos.

El desafío para Chile, entonces, no consiste únicamente en pronosticar mejor. También implica desarrollar una cadena completa que permita observar, detectar, comunicar y reaccionar frente a un fenómeno extremo.

Una oportunidad

El investigador destaca que Chile comienza a avanzar precisamente en esa dirección. Un proyecto Fondecup Mayor, presentado por la Universidad de Valparaíso y en el que participa la Universidad de O'Higgins como institución asociada, permitirá trabajar con un radar de menor alcance, pero con una alta resolución espacial.

La investigación tendrá también un objetivo que va más allá de adquirir tecnología: aprender a utilizarla. "Chile está altamente retrasado en esta tecnología", sostiene el académico, anticipando que podrían ser necesarios algunos años para comprender plenamente las capacidades, fortalezas y limitaciones del instrumento.

Ese aprendizaje puede ser determinante para una futura decisión de inversión pública, porque permitirá establecer con mayor precisión qué tipo de radares necesita el país, dónde deberían ubicarse y cómo incorporar los datos que generan a los sistemas de alerta temprana.

La discusión, por tanto, no es solamente tecnológica. "Es también una discusión sobre prevención", finaliza el académico.

Los eventos meteorológicos extremos registrados durante 2026 vuelven a poner a prueba la capacidad de Chile para anticiparse a fenómenos de alto impacto.

Los sistemas frontales de 2026, en el inicio del invierno, volvieron a poner a prueba la capacidad del país para anticipar eventos meteorológicos de alto impacto. Para el académico del Instituto de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad de O'Higgins (UOH) e investigador del CR2, Raúl Valenzuela, uno de los principales desafíos está en fortalecer la observación: "Chile necesita mejores herramientas para detectar fenómenos que pueden desarrollarse en escalas de apenas cientos de metros y que dejan pocos minutos para reaccionar", detalla.

Los sistemas frontales -a la fecha- han dejado algo más que registros de precipitaciones, viento o nieve. Ponen sobre la mesa la real capacidad que tiene el país para anticiparse a los fenómenos meteorológicos extremos y transformar la información científica en decisiones oportunas para proteger a la población.

Para el Dr. Valenzuela parte de la respuesta está en fortalecer una infraestructura que Chile todavía tiene de manera muy limitada: los radares meteorológicos Doppler de carácter escaneador.

Actualmente -explica- la experiencia nacional se ha desarrollado principalmente con radares perfiladores, instrumentos que observan de manera fija la atmósfera y permiten estudiar cómo varían las condiciones con la altura. El problema aparece cuando se necesita identificar fenómenos que no solo requieren información vertical, sino también saber exactamente dónde se están desarrollando y cómo se desplazan.

“Nosotros lo que necesitamos son radares Doppler escaneadores”, plantea el investigador. Estos instrumentos pueden rotar en 360 grados y modificar su elevación, permitiendo observar la atmósfera en distintas direcciones y detectar, entre otros elementos, señales de rotación.

La diferencia resulta especialmente importante frente a fenómenos como los tornados, cuya escala puede ser extremadamente pequeña. Raúl Valenzuela explica que algunos de los tornados observados recientemente en el sur de Chile podrían tener dimensiones cercanas a los 100 metros por 100 metros. Un radar convencional de vigilancia, en cambio, puede trabajar con píxeles de alrededor de 500 por 500 metros.

El resultado es que el fenómeno puede quedar literalmente oculto dentro de la imagen. “El píxel de la imagen tiene que ser más pequeño que el objeto que quiere detectar”, explica el académico, quien compara el problema con una imagen médica: si

el elemento que se busca identificar es más pequeño que la resolución del instrumento puede quedar escondido dentro de un píxel y pasar inadvertido.

Esta diferencia entre predecir condiciones y detectar un fenómeno resulta fundamental. “Los modelos numéricos pueden advertir que existe una zona donde las condiciones atmosféricas son favorables para la formación de tornados, pero eso no significa que puedan determinar con precisión el punto exacto donde se desarrollará un fenómeno que puede tener el tamaño de una cuadra o incluso menos”, detalla el investigador.

Ahí es donde, según Valenzuela, los radares adquieren un papel fundamental. “Si nosotros tenemos un modelo numérico que nos dice, acá están las condiciones, el radar va a estar mirando hacia allá”, explica y utiliza una analogía con la torre de Sauron de El Señor de los Anillos: “el sistema recibe una señal sobre dónde concentrar su atención y dirige hacia ese lugar su capacidad de observación”, añade.

Dificultad adicional: la geografía

El académico agrega que, mientras en amplias zonas de Estados Unidos los radares pueden observar horizontalmente a grandes distancias gracias a una topografía relativamente plana, en Chile la cordillera y los sistemas montañosos pueden bloquear rápidamente la señal. Por eso, advierte, no basta con replicar modelos utilizados en otros países. “Es un desafío y va a requerir diseño”, señala.

La discusión adquiere especial relevancia cuando se habla de sistemas de alerta temprana. La instalación de radares más avanzados no significa necesariamente que Chile podrá saber con horas de anticipación dónde ocurrirá un tornado. La experiencia internacional muestra que la ventana de respuesta puede ser mucho más breve. “Aunque sea el mejor radar del mundo, no va a ser del orden de horas, sino que más bien del

orden de minutos”, enfatiza Valenzuela.

En Estados Unidos, señala el académico, incluso una alerta de cinco minutos puede ser suficiente para que las personas alcancen a refugiarse en lugares preparados para este tipo de eventos.

El desafío para Chile, entonces, no consiste únicamente en pronosticar mejor. También implica desarrollar una cadena completa que permita observar, detectar, comunicar y reaccionar frente a un fenómeno extremo.

Una oportunidad

El investigador destaca que Chile comienza a avanzar precisamente en esa dirección. Un proyecto Fondecup Mayor, presentado por la Universidad de Valparaíso y en el que participa la Universidad de O’Higgins como institución asociada, permitirá trabajar con un radar de menor alcance, pero con una alta resolución espacial.

La investigación tendrá también un objetivo que va más allá de adquirir tecnología: aprender a utilizarla. “Chile está altamente retrasado en esta tecnología”, sostiene el académico, anticipando que podrían ser necesarios algunos años para comprender plenamente las capacidades, fortalezas y limitaciones del instrumento.

Ese aprendizaje puede ser determinante para una futura decisión de inversión pública, porque permitirá establecer con mayor precisión qué tipo de radares necesita el país, dónde deberían ubicarse y cómo incorporar los datos que generan a los sistemas de alerta temprana.

La discusión, por tanto, no es solamente tecnológica. “Es también una discusión sobre prevención”, finaliza el académico.