



VENTANAS A LA ATMÓSFERA

La combinación de ambos instrumentos, entonces, son las ventanas de los meteorólogos y meteorólogas del SMN para saber rápidamente cómo se encuentra la atmósfera sobre el territorio nacional. **Estos datos se utilizan para emitir los productos del Sistema de Alerta Temprana (SAT): alertas, advertencias y avisos a corto plazo.** Estos productos poseen un rol fundamental a la hora de cumplimentar la misión del SMN: proteger la vida y los bienes de la población.

UN RADAR HACIA EL FUTURO

En los próximos años, hay perspectivas positivas para ambos instrumentos. En cuanto a los radares, se encuentra en marcha el proyecto de radarización de la Argentina, llamado Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME). Este es financiado por el Ministerio de Obras Públicas de la Nación y ejecutado por la empresa INVAP SE. Desde 2013 ya se instalaron 11 radares a lo largo y ancho del país y antes de 2026 se instalarán 10 más. Además, Argentina se encuentra planificando junto a otros países de Latinoamérica el primer satélite meteorológico geoestacionario. Los radares y los satélites han permitido

Los datos medidos por los satélites y los radares tienen múltiples aplicaciones socioproductivas. Ambos instrumentos son utilizados en el SMN para hacer estimaciones de la precipitación que cae sobre el territorio nacional. **Los datos satelitales, además, permiten analizar propiedades del suelo, como la vegetación, el nivel de humedad, la detección de incendios, las inundaciones, la presencia de ceniza volcánica, entre muchos otros.** Por otro lado, las aplicaciones de los datos de radar abarcan desde la estimación de la velocidad del viento y el tamaño del granizo hasta el estudio de la migración de aves, por citar algunos ejemplos.

grandes avances en las ciencias de la atmósfera y todas sus aplicaciones para con la sociedad. La combinación de estas dos fuentes de información junto a otras, como los reportes de redes sociales o la creciente red de estaciones meteorológicas automáticas, permitirán tener un mejor monitoreo de la atmósfera. Además, la combinación de la información medida por los radares con los modelados numéricos en alta resolución que opera el SMN para la predicción de la atmósfera contribuirá a tener pronósticos más precisos. Por último, la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a la meteorología nos permite suponer que en los próximos años seguiremos avanzando a grandes pasos, combinando todas estas fuentes complementarias de información de tal manera que se mejorarán tanto el diagnóstico como el pronóstico del tiempo. ■

« CAMBIO CLIMÁTICO »

ENTENDER A TRAVÉS DE LOS REGISTROS

Seguramente escuchaste hablar de cambio climático. Pero, ¿de qué forma las mediciones meteorológicas del pasado nos pueden ayudar a vislumbrar su presente y su futuro? En esta nota, analizamos los registros a largo plazo para entender mejor los cambios del clima a nivel global y en nuestro país.



Por Juan Rivera y Leandro Díaz



LA INCLUSIÓN DE REGISTROS MÁS ANTIGUOS PODRÍA PERMITIR UNA CUANTIFICACIÓN MÁS PRECISA DEL GRADO DE CALENTAMIENTO RESPECTO A LOS VALORES DE TEMPERATURA DE PRINCIPIOS DEL SIGLO PASADO.

El clima del planeta está mostrando cambios sustanciales en las últimas décadas como consecuencia de las actividades humanas, lo cual se evidencia, por ejemplo, en aumentos de 1,1 °C en la temperatura global y de 0,2 metros en el nivel del mar desde principios del siglo XX, así como en el retroceso de glaciares en todo el mundo. Argentina no es ajena a esta problemática, teniendo en cuenta que 7 de los últimos 10 años fueron los más cálidos del período 1961-2021, lo que evidencia un calentamiento sostenido que ha dado como resultado una mayor frecuencia de olas de calor y otros fenómenos extremos. En cuanto a las variaciones en la precipitación, la extensión del país hace difícil establecer una tendencia de largo plazo en la lluvia acumulada, dado que compensa regiones que registran déficits (como la zona cordillerana) con otras que donde hay excesos (el Litoral).

La cuantificación de los cambios en el clima del país es posible gracias a la existencia de registros de larga data, pertenecientes al SMN.

La cuantificación de los cambios en el clima del país es posible gracias a la existencia de registros de larga data, pertenecientes al SMN. Se cuenta con 8 estaciones que fueron declaradas por la Organización Meteorológica Mundial como centenarias, las cuales poseen más de 100 años de registros de temperatura, precipitación y otras variables meteorológicas relevantes para la caracterización climática. Si bien numerosos productos de observación remota como radares y senso-

res satelitales han surgido en los últimos 40 años, lo que permite mejoras significativas en los pronósticos meteorológicos, los sistemas de alerta temprana y el monitoreo de la atmósfera, estos registros no poseen la longitud suficiente para cuantificar el cambio climático regional desde una perspectiva histórica.

Los registros meteorológicos de largo plazo se utilizan como insumo para generar bases de datos globales, como la del Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones (GPCC, por sus siglas en inglés) o la de la Unidad de Investigación Climática (CRU), entre otras. Este tipo de productos es un insumo base para el análisis del cambio climático observado y el estudio de validación de los modelos climáticos globales y regionales disponibles. Estos son los que luego permiten detectar y atribuir los cambios en el sistema climático, así como proyectar lo que puede suceder en el futuro.

Si bien la distribución de estaciones meteorológicas es heterogénea a lo largo del país, se destaca la presencia de estaciones con registros centenarios de temperatura y precipitación en varias regiones de Argentina, incluida la Antártida, con los registros de la estación Orcadas (de 1904 a la actualidad). **La mayor densidad de estaciones con registros de largo plazo se ubica en la región centro-este del país, la más poblada y donde se llevan a cabo las principales actividades productivas.** También es la zona en la que se da la mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos en el país, como olas de calor y de frío, sequías, inundaciones y tormentas severas.

AL RESCATE DE LOS DATOS

No todos los registros meteorológicos disponibles se encuentran en un formato fácilmente utilizable para investigaciones de cambio climático. Registros previos a la década de los 50 de algunas estaciones aún permanecen en libretas de papel con las anotaciones de puño y letra del observador de turno, porque esta era la forma en que la información se almacenaba en esa época. Aun cuando estos registros en muchos casos representan información meteorológica de un período limitado de años, el conocimiento del clima pasado es sumamente relevante para poner en contexto los eventos meteorológicos recientes en una perspectiva histórica.

Esta situación se repite en otros países del mundo, lo cual motivó que en los últimos años hayan surgido iniciativas para el rescate de estos datos, que en muchos casos involucraron la participación ciudadana. Un ejemplo exitoso fue el estudio liderado por Ed Hawkins, publicado en marzo de 2022, que involucró la digitalización de millones de registros mensuales de precipitación del Reino Unido, en el cual más de 16 mil personas participaron voluntariamente para extender los registros meteorológicos hasta 1677. Este tipo de iniciativas podría replicarse en Argentina, lo que permitiría incrementar la cantidad de registros disponibles de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, de forma tal de cuantificar de mejor manera el clima pasado en el país.

HORIZONTES FUTUROS

Si bien en los últimos años han surgido numerosos productos que mejoran la caracterización de los procesos atmosféricos, los registros basados en datos instrumentales de temperatura y precipitación en estaciones meteorológicas son esenciales para la cuantificación del cambio climático, tanto regional como global.

Del mismo modo, permitiría cuantificar la fluctuación de la precipitación en un contexto centenario, cuya tendencia en el largo plazo posee una influencia distinguible asociada a las actividades humanas. Además, mantener los sitios de medición existentes e incorporar nuevas estaciones meteorológicas facilitará una mejor comprensión de los fenómenos meteorológicos regionales, contribuyendo de este modo a una mejor cuantificación del cambio climático en el país, lo que permite dar sustento a las políticas nacionales de adaptación, respuesta y mitigación.

ÁREAS DE VACANCIA

Así como se destacó la buena distribución de estaciones meteorológicas con registros climáticos de alta calidad en el centro y este de Argentina, es necesario hacer foco en dos regiones con escasos registros meteorológicos: la Patagonia y la Cordillera de los Andes. A lo largo de la Patagonia, la mayor parte de las estaciones meteorológicas disponibles comienzan sus registros durante la segunda mitad del siglo XX, las cuales se ubican principalmente en regiones costeras o de estepa. En el caso de la zona cordillerana, las pocas estaciones disponibles fueron abandonadas o desmanteladas hacia fines de la década de 1970. Teniendo en cuenta que en regiones montañosas del planeta se ha observado un calentamiento mayor al de regiones bajas, lo cual genera una reducción de los glaciares y otros cuerpos de hielo, es necesario mejorar el sistema de observación sobre la Cordillera de los Andes. Esto es fundamental si se piensa en su extensión latitudinal y la población que depende de los recursos originados en esta cadena montañosa. Frente a esta problemática, Ricardo Villalba, investigador del Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), reflexiona: “Las precipitaciones níveas en la cordillera de los Andes constituyen el principal suministro de agua para algo más de los 15 millones de personas que vivimos en ambas vertientes al pie de los Andes. Aún hoy, los registros de nieve son esporádicos, fragmentarios y en su mayoría no homogéneos. Es imperioso contar con un programa nacional que nos brinde información confiable de largo plazo sobre la variabilidad de este recurso vital para los ecosistemas naturales y el desarrollo de las actividades socioeconómicas a lo largo de la Cordillera”. La falta de datos meteorológicos en áreas montañosas no sólo es una problemática de los Andes: sólo 211 estaciones meteorológicas a nivel global se ubican a más de 3 mil metros de altura.

DESAFÍOS EN LA COMUNICACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Diversos conceptos asociados al clima suelen confundirse por los usuarios y los tomadores de decisión, lo cual genera algunos desafíos para la comunidad científica al momento de hablar de cambio climático. Por ejemplo, es común que nos olvidemos momentáneamente del calentamiento global cuando alguna región del país es afectada por una irrupción de aire polar. No obstante, el aumento en la temperatura global genera también cambios en el comportamiento de los sistemas de presión y vientos, lo que puede provocar en algunos casos estos fenómenos extremos fríos a pesar de las tendencias generalizadas a mayores temperaturas e intensidad en los fenómenos extremos cálidos. Carolina Vera, vicepresidente del Grupo de Trabajo I del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) e investigadora del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), aclara: “Actualmente comunicar las causas de la ocurrencia de un determinado evento extremo que impacta en nuestra sociedad implica necesariamente considerar la interacción entre la variabilidad natural del clima y el cambio producido por las actividades humanas. Lograr un mejor entendimiento de estas múltiples causas le da a la sociedad mayores herramientas para reducir los impactos y enfrentar el cambio climático”. **La existencia de registros climáticos de largo plazo es imprescindible para determinar las características de la variabilidad natural y contrastar con la componente climática asociada a los cambios generados por la actividad humana.**

Juan Rivera es investigador del CONICET en el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) y autor principal del Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)

Leandro Díaz es investigador del CONICET en el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA, UBA-CONICET) y docente en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO, FCEN-UBA).

LA EXISTENCIA DE REGISTROS CLIMÁTICOS DE LARGO PLAZO ES IMPRESCINDIBLE PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VARIABILIDAD NATURAL Y CONTRASTAR CON LA COMPONENTE CLIMÁTICA ASOCIADA A LOS CAMBIOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD HUMANA.