

METEOROS

Nº9 **METEOROS**[®]
Con vos en el tiempo

Año 14 | Diciembre 2022
ISSN papel: 0539-47166
ISSN en línea: 2591-4812



Servicio
Meteorológico
Nacional
Argentina

METEOROS°

Revista de Meteorología

Año 14 | N° 9
CON VOS EN EL TIEMPO
150° aniversario del SMN

Diciembre 2022

STAFF

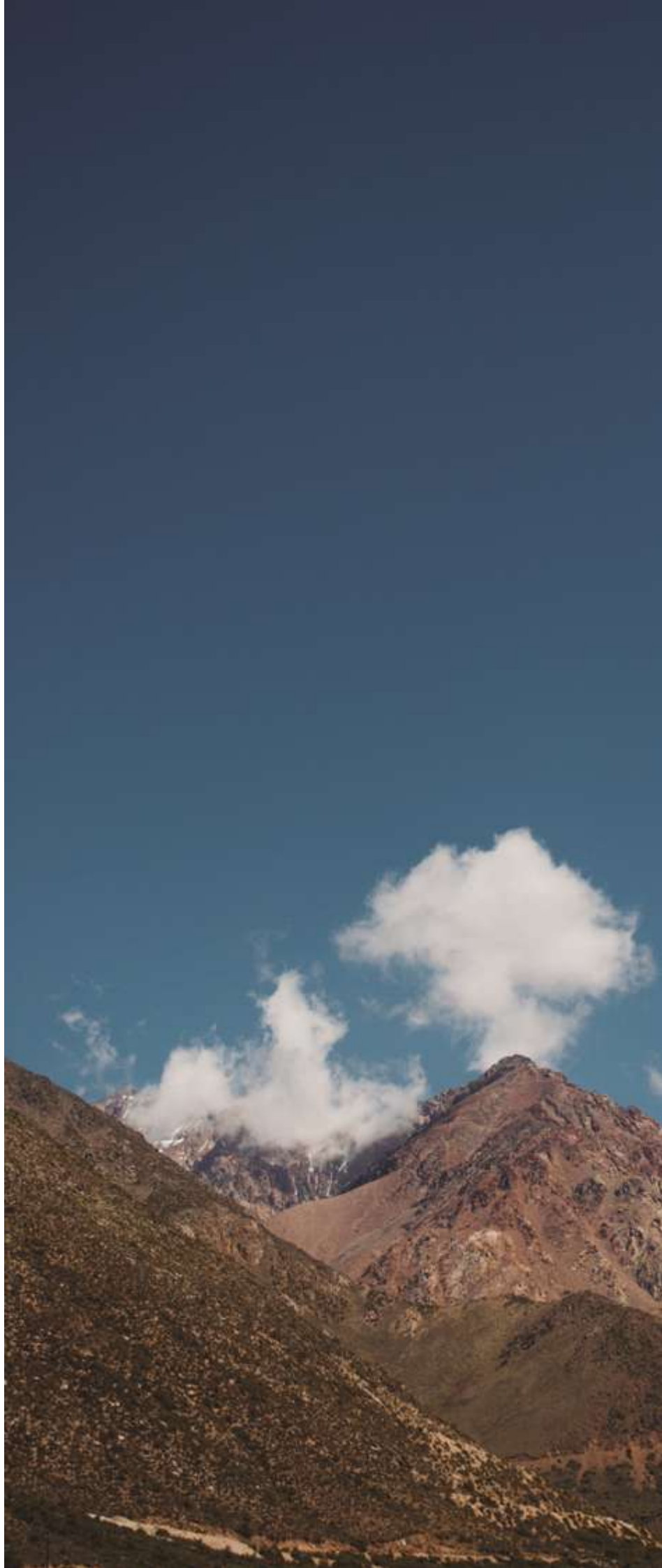
**Directora del Servicio
Meteorológico Nacional**
Dra. Celeste Saulo

Edición General
Yamila Bêgné
Valentina Rabanal

Comité Editorial
Laura Aldeco
Yamila Bêgné
María Eugenia Bontempi
Carolina Cerrudo
Daniel D'Amen
Mariela de Diego
Ramón de Elía
Cindy Fernández
Valentina Rabanal
María Alejandra Salles

Diseño editorial
Guadalupe Cruz Díaz

Fotografía
Agustina Sánchez



SUMARIO

OBSERVACIÓN

YA NUNCA ME VERÁS COMO ME VIERAS

↘ pag. 6

DESDE EL SOL AL CENTRO DE LA TIERRA, CON PARADA EN LA TROPÓSFERA

↘ pag. 14

AL SUR DEL SUR

↘ pag. 22

NUESTRAS REINAS

↘ pag. 27

DESDE LEJOS SÍ SE VE

↘ pag. 30

OJOS EN EL CIELO Y EN LA TIERRA

↘ pag. 36

ENTENDER A TRAVÉS DE LOS REGISTROS

↘ pag. 43

MUCHO MÁS QUE UNA PUESTA DE SOL

↘ pag. 48

PRONÓSTICO

LA MAGIA DEL PRONÓSTICO Y LA CIENCIA DETRÁS DE ESCENA

↘ pag. 52

MUCHO MÁS QUE EL CORTO PLAZO

↘ pag. 58

EL TIEMPO EN EL TIEMPO

↘ pag. 64

DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

↘ pag. 72

CON EL CORAZÓN APUNTANDO AL SUR

↘ pag. 78

CON VOS EN EL TIEMPO

EL SMN Y SUS DESAFÍOS EN EL TIEMPO

↘ pag. 84

MÁS ALLÁ DE LAS FRONTERAS

↘ pag. 88

SEGUIR APRENDIENDO, SIEMPRE

↘ pag. 92

EL CAM Y SU APOORTE A LA ACTIVIDAD PROFESIONAL Y CIENTÍFICA DE LA METEOROLOGÍA EN ARGENTINA

↘ pag. 96

EL DCAO ANTE EL 150° ANIVERSARIO DEL SMN

↘ pag. 99

COMUNICACIÓN

TRANSMITIR EL PASADO PARA PREDECIR EL FUTURO

↘ pag. 102

OCASIONAL CAÍDA DE GRANIZO

↘ pag. 108

TOMA DE DECISIÓN

LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL PRONÓSTICO

↘ pag. 112

LOS PUENTES QUE NOS UNEN

↘ pag. 118

LO QUE EL AGUA SE LLEVÓ Y NOS DEJÓ

↘ pag. 122

LA VULNERABILIDAD SOCIAL COMO BRÚJULA

↘ pag. 128

UN SERVICIO DE CARA A LOS USUARIOS

↘ pag. 132



Celeste Saulo

EDITORIAL

Celeste Saulo

Directora del Servicio Meteorológico Nacional

Profesora Asociada de la Universidad de Buenos Aires

Investigadora Independiente del CONICET

Vicepresidenta 1ra de la Organización Meteorológica Mundial

Estamos frente a un año especial para el Servicio Meteorológico Nacional y, como no puede ser de otro modo, un año especial para la Meteoros°. Una vida institucional de 150 años no puede menos que llevarnos a la reflexión y, también, por qué no, a la emoción. Este número nos permite experimentar ambas cosas, sin pretender cubrir exhaustivamente una historia vasta, cubierta de hitos, avances, contextos cambiantes, momentos de luces y de sombras.

Al recorrer la revista, descubrirán artículos que transitan los más diversos intereses: historia, meteorología, desafíos científicos de hoy y de ayer, cambio climático, sucesos extraordinarios, historias de vida, políticas públicas, curiosidades y el impacto de nuestra labor en distintos ámbitos. Esta Meteoros° refleja, como un espejo, la esencia del Servicio Meteorológico Nacional: un actor con una misión clara –observar, pronosticar, comunicar–, que se combina con variadas y múltiples inquietudes que responden a la vocación de servir a una sociedad, diversa y cambiante, con herramientas basadas en la ciencia y en la tecnología. Ese hilo conductor puede rastrearse desde la misma creación del organismo: la ciencia como base para todo el quehacer institucio-

nal y el propósito de contribuir al progreso, el desarrollo productivo y la protección de todas las personas. **Honrar esa visión es lo que nos permitió transitar 150 años y, seguramente, nos dará un rol en la transformación del país, la región y el mundo.** Hoy estamos llamados a contribuir a una agenda global, en la cual todos los países del mundo acordaron que no hay desarrollo sin inclusión ni equidad, que no hay progreso si pocos son los que avanzan muy rápido, dejando atrás a la mayoría, y que no hay espacio para consumir los recursos naturales sin velar por su preservación y su recuperación. Seguramente, Sarmiento, creador de esta institución, no imaginaba que aquellas acciones fundacionales del Servicio Meteorológico Nacional fueran las que hoy nos permitirían conocer cómo está cambiando el clima en nuestro país. Tampoco se hubiera podido imaginar que todos los países irían a acordar compromisos para que el clima –alterado por la intervención humana, la explotación de recursos y el consumo desmedido por parte de unos pocos– no se degrade aún más. Probablemente, tampoco hubiera pensado que este organismo iba a tener un rol protagónico en la reducción de riesgos de desastres, que,

lamentablemente, se encuentran en franco aumento. Pero lo cierto es que este servicio meteorológico fue creado para contribuir en la búsqueda de soluciones a los problemas que aquejan a la sociedad en su conjunto. Lo hizo, lo hace y continuará haciéndolo.

De cara al futuro, existe un enorme desafío que los invito a considerar. Fue el más alto nivel de decisión política, un presidente, quien suscribió que debía crearse un servicio meteorológico nacional, ante la propuesta fundamentada que le acercara un científico de alta reputación, como fue Benjamín Gould. Por supuesto, la historia no se congela. Muy por el contrario, fluye, irrumpe, amenaza y cuestiona. Sin embargo, sigue siendo imprescindible que los más altos niveles de decisión junto con los sectores productivos, la academia, el sector privado y la sociedad civil reconozcan la importancia de un servicio meteorológico fortalecido, que pueda dar respuestas a las necesidades del presente y a los desafíos del futuro. Si nos vemos con los ojos de la historia, es difícil advertir qué puede devenir en los próximos 150 años. Lo que se delinea como más probable es que sólo las instituciones resilientes, innovadoras y conscien-

tes de las necesidades de su sociedad podrán sostenerse en el tiempo. No por la mera permanencia, sino porque tienen la capacidad de adaptarse a nuevos contextos, atender nuevas demandas y continuar garantizando el acceso a la seguridad y el bienestar de las personas.

Espero que disfruten de esta Meteoros° del 150° aniversario. En quienes contribuyeron con cada artículo y en las historias que narran, se puede descubrir la pasión que marcó a cientos de personas que pasaron por el Servicio Meteorológico Nacional y también por los organismos que transitaban, codo a codo, esta historia. La bautizamos como el número de oro. Será responsabilidad de todos y de todas que sigamos transitando un camino en el que la meteorología y todas las ciencias que confluyen en la provisión de servicios a la sociedad ganen protagonismo, eficiencia y sigan dando respuestas a los problemas del conjunto. Es la deuda que tenemos con quienes crearon y sostuvieron este servicio y, más aún, con las generaciones futuras. ■

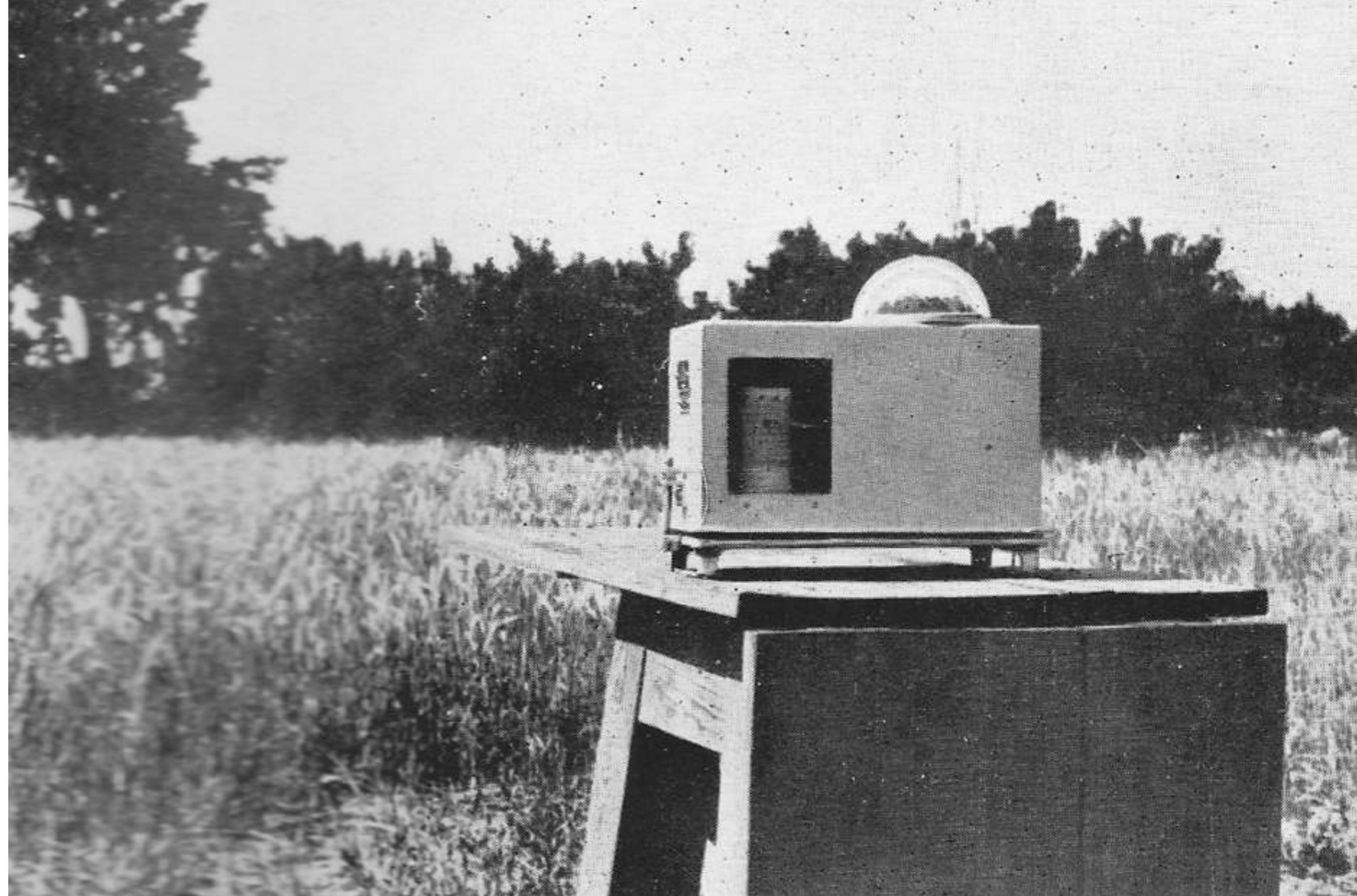
◀ PRIMERAS OBSERVACIONES ▶

YA NUNCA ME VERÁS COMO ME VIERAS

↳ Por Yamila Bêgné

El astrónomo norteamericano Benjamin Gould marcó un antes y un después en las observaciones meteorológicas en Argentina. Desde los primeros datos aislados hasta los Anales de la Oficina Meteorológica Argentina, recorreremos esa historia.

CON ESTOS INSTRUCTIVOS, QUE SARMIENTO INCLUSO REMITIÓ AL CONGRESO DE LA NACIÓN, GOULD LOGRA PONER EN ACCIÓN AQUELLO QUE, EN LA LEY QUE PROMULGÓ LA FUNDACIÓN DE LA OMA, SE ANUNCIABA COMO SUS OBJETIVOS: “FORMAR UN SISTEMA REGULAR DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS EN TODA LA REPÚBLICA, [...] HACER EJECUTAR CONVENIENTEMENTE DICHAS OBSERVACIONES Y ELABORAR SUS RESULTADOS, DISPONIÉNDOLAS PARA SU PUBLICACIÓN REGULAR”



“Lo que sabemos o lo que creemos afecta el modo en que vemos las cosas”, escribe el gran John Berger en el arranque de su libro más paradigmático: *Modos de ver*. Esto que Berger postula sobre la visión para analizar, en su libro, distintas obras de arte, vale también para la observación científica: aquello que sabemos sobre el mundo condiciona lo que podemos llegar a estudiar. Benjamin Apthorp Gould, astrónomo norteamericano que convocó Domingo Faustino Sarmiento, allá por 1971, para presidir el Observatorio Nacional Argentino (hoy, observatorio astronómico de Córdoba), lo sabía perfectamente, aunque lo hubiera dicho de otra manera: para observar fenómenos meteorológicos, necesitamos saber, ante todo, cómo hacerlo. Es decir: necesitamos sistematizar esos modos de ver y precisamos pautas y criterios para lograr observaciones meteorológicas ajustadas.

Por eso, cuando el 4 de octubre de 1872 se crea, por su impulso, la Oficina Meteorológica Argentina (OMA), que luego llegaría a ser nuestro Servicio Meteorológico Nacional (SMN),

lo primero que hace Gould, inspirado quizás en *Directions for Meteorological Observations and the Registry of Periodical Phenomena*, de la Smithsonian Institution, es publicar una guía, *Instrucciones para hacer las observaciones meteorológicas*, en la que provee reglas claras para unificar criterios, métodos y resultados y, de ese modo, lograr sistematizar las observaciones que, de allí en más, hicieran sus colaboradores en todo el país. Así, **con estos instructivos, que Sarmiento incluso remitió al Congreso de la Nación, Gould logra poner en acción aquello que, en la ley que promulgó la fundación de la OMA, se anunciaba como sus objetivos: “formar un sistema regular de observaciones meteorológicas en toda la República, [...] hacer ejecutar convenientemente dichas observaciones y elaborar sus resultados, disponiéndolas para su publicación regular”.**

Es, entonces, a partir de la creación de la OMA, y también a partir de estas *Instrucciones*, que las observaciones meteorológicas en territorio nacional dejarán de proveer datos aislados

para pasar a conformar un cuerpo de conocimiento estable, accesible y sistemático, que se irá publicando en los *Anales* de la Oficina. Pero vamos por partes: este cuadro sobre las primeras observaciones meteorológicas en Argentina tiene muchos detalles que mirar.

OBSERVACIONES ANTES DE GOULD: TRES CASOS

En tiempos del Virreinato, el español y primer director de la Escuela de Náutica, Pedro Cerviño, entre sus variadas tareas de cartografía y enseñanza de geometría y matemáticas, asumió también la de realizar y publicar observaciones meteorológicas. Lo hizo en el segundo periódico publicado en el Río de la Plata, el *Semanario de agricultura, industria y comercio*, que comenzó a circular el 1º de septiembre de 1802 y que Cerviño redactaba en colaboración con

su fundador, Juan Hipólito Vieytes. En los números 174 y 175 de la revista, correspondientes al 15 y al 22 de enero de 1806, Cerviño da a conocer los resultados de las mediciones que había realizado a lo largo del año anterior. En el artículo titulado “Extracto de las observaciones Meteorológicas hechas en Buenos Ayres, desde el 18 de enero hasta el 31 de diciembre del año 1805”, Cerviño aporta detalles de temperaturas máximas (“el mayor grado de calor fue de 24 grados el 14 de febrero al mediodía”) y mínimas (“el mayor grado de frío fue de 4 grados sobre el cero el 11 de junio a las 6 de la mañana”). También, de “afecciones de la atmósfera”, en las que incluye un listado de “días claros”, “días nublados”, “días de lluvia” y “días de truenos y relámpagos”. Redacta, además, un resumen, en el que precisa datos sobre amplitud térmica.

Ya en épocas de Rivadavia, desde el Observatorio Astronómico y Meteorológico del Convento de Santo Domingo, Octavio Mossotti, astrónomo y físico italiano, también se abocó a la meteorología. Además de im-



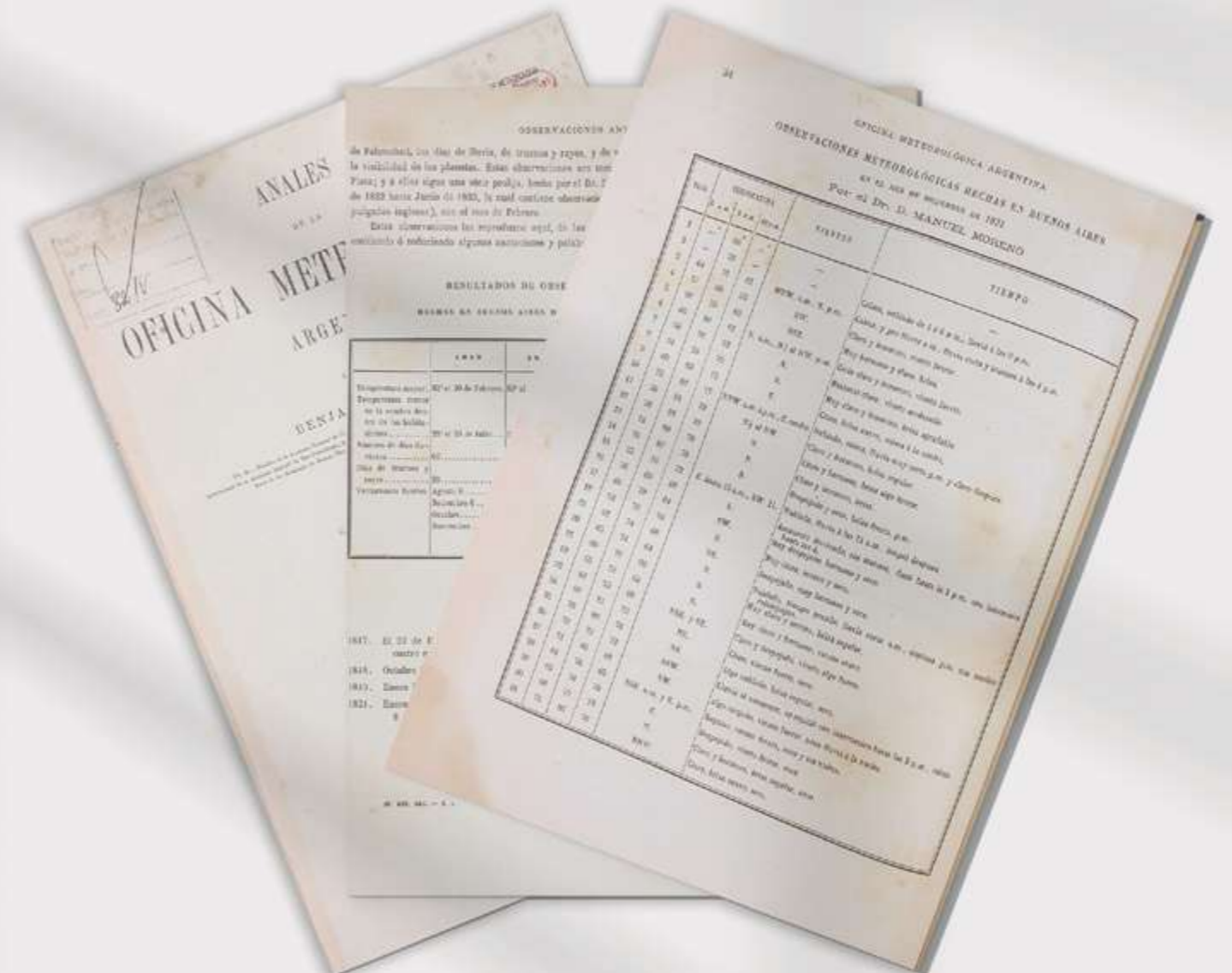
En tiempos del Virreinato, el español y primer director de la Escuela de Náutica, Pedro Cerviño, entre sus variadas tareas de cartografía y enseñanza de geometría y matemáticas, asumió también la de realizar y publicar observaciones meteorológicas.

portantes observaciones astronómicas, como la del cometa Encke o la del eclipse parcial de Sol del 20 de enero de 1833, realizó observaciones meteorológicas continuas durante siete años. Aunque muchos de estos datos se han perdido, se conservan las mediciones que llevó adelante entre 1831 y 1834 porque fueron publicadas más tarde, en 1878, en los *Anales* de la Oficina Meteorológica. Es por esta publicación, que ya encabezaba y escribía Gould, que sabemos que, a partir de agosto de 1832, las instalaciones del observatorio pasaron del convento al “mirador de una casa, numerada entonces 24, en la calle de Mayo”. Sabemos también que Mossotti contaba con un barómetro “que estaba graduado en el sistema métrico” y con un termómetro que medía en grados Fahrenheit. El instrumental estaba compuesto también por un higrómetro que “representaba el peso, en granos ingleses, del vapor existente en un pie cúbico del aire”; vale aclarar aquí que el grano es la unidad mínima en el sistema inglés de medidas. Finalmente, el estado de la atmósfera, nos cuenta Gould, Mossotti lo catalogaba en “tres clases: claros o serenos, turbios o con nubes, y nublados enteramente o con lluvia”.

En el mismo tomo I de los *Anales*, y bajo la categoría de “Observaciones antiguas”, Gould menciona a otros observadores que lo precedieron y que, aunque con mediciones todavía no del todo sistemáticas, dieron los primeros pasos en la consolidación de la meteorología en nuestro país. Se trata de Woodbine Parish, Manuel Moreno, Kennedy y, entre otros, **Manuel Eguía, cuyas mediciones Gould destaca especialmente, ya que se extienden entre 1856 y 1875**, “cuando lamentablemente la falta de vista de este caballero le obligó a abandonar la obra tan importante que había continuado por el espacio de veinte años”. “El cuidado y buen éxito de sus observaciones han sido tales”, concluye Gould, “que con el solo estudio de ellas puede determinarse el clima de Buenos Aires, las constantes numéricas que lo caracterizan, los límites normales de su variación, y casi todo lo que se necesita para su descripción esmerada y prolija”.

LAS INSTRUCCIONES DE GOULD

Ya a la cabeza del observatorio y la OMA, Gould se encarga de publicar su guía para observadores. En su escrito, comienza por establecer un patrón para la periodicidad de las observaciones: “se harán tres veces al día; a las 7 de la mañana, a las 2 de la tarde y a las 9 de la noche”. Detalla también el instrumental básico: termómetro, psicrómetro, barómetro. Y, también, qué mediciones deberán incluirse: dirección, fuerza del viento, nubosidad y lluvias desde la última observación.



Anales de la Oficina Meteorológica Argentina (OMA)

El segundo apartado de sus *Instrucciones*, Benjamin Gould lo dedica a describir con gran meticulosidad todo lo necesario para la disposición de los instrumentos: desde su ubicación ideal hasta los pasos para su mejor emplazamiento. En el caso del termómetro, por ejemplo, especifica que “estará al aire libre, en un espacio abierto y lejos de obstáculos que impidan la libre circulación del aire. Siempre estará frente al sur; estará a la sombra y a una distancia de por lo menos 30 centímetros de toda muralla u objeto próximo”.

Más adelante, el escrito se adentra en los “modos de hacer la observación”. Instrumento por instrumento, Gould especifica el proceder para cada uno. Volviendo al ejemplo del termómetro, describe, entre otros puntos, que “el ojo debe colocarse a la misma altura de la cima de la columna de mercurio, anotando los grados y décimas de grados [...] La observación se hará sin pérdida de tiempo, teniendo cuidado de que el termómetro no sea afectado por el calor del cuerpo del observador”. Gould luego pasa a precisar la manera de registrar las observaciones, en las “hojas provistas para los registros”, que “tienen casillas para recibir las observaciones principales”. Agrega también la importancia de consignar, en la

primera hoja del mes, una reseña de los instrumentos utilizados, que incluya su clase, fabricante, número y su ubicación. Por último, el texto aborda las “observaciones suplementarias”, con instructivos para el buen uso de anemómetros y de “termómetros de máxima y mínima e irradiación solar”.

LOS ANALES Y LA ACCESIBILIDAD DE LOS DATOS

Disponer, observar, describir, sí. Pero también comunicar los hallazgos. **En el primer tomo de los Anales de la OMA, de 1878, Gould pasa revista de la historia de la institución que dirige, las observaciones que lo antecedieron y los informes anuales.** El tomo, dedicado al clima de Buenos Aires, lo describe siguiendo los parámetros que el mismo Gould había dado en sus *Instrucciones*. Por eso, no solo detalla valores, sino que también los analiza para lograr una relación global. Es más, Gould describe tanto los propios datos como también aquellos que

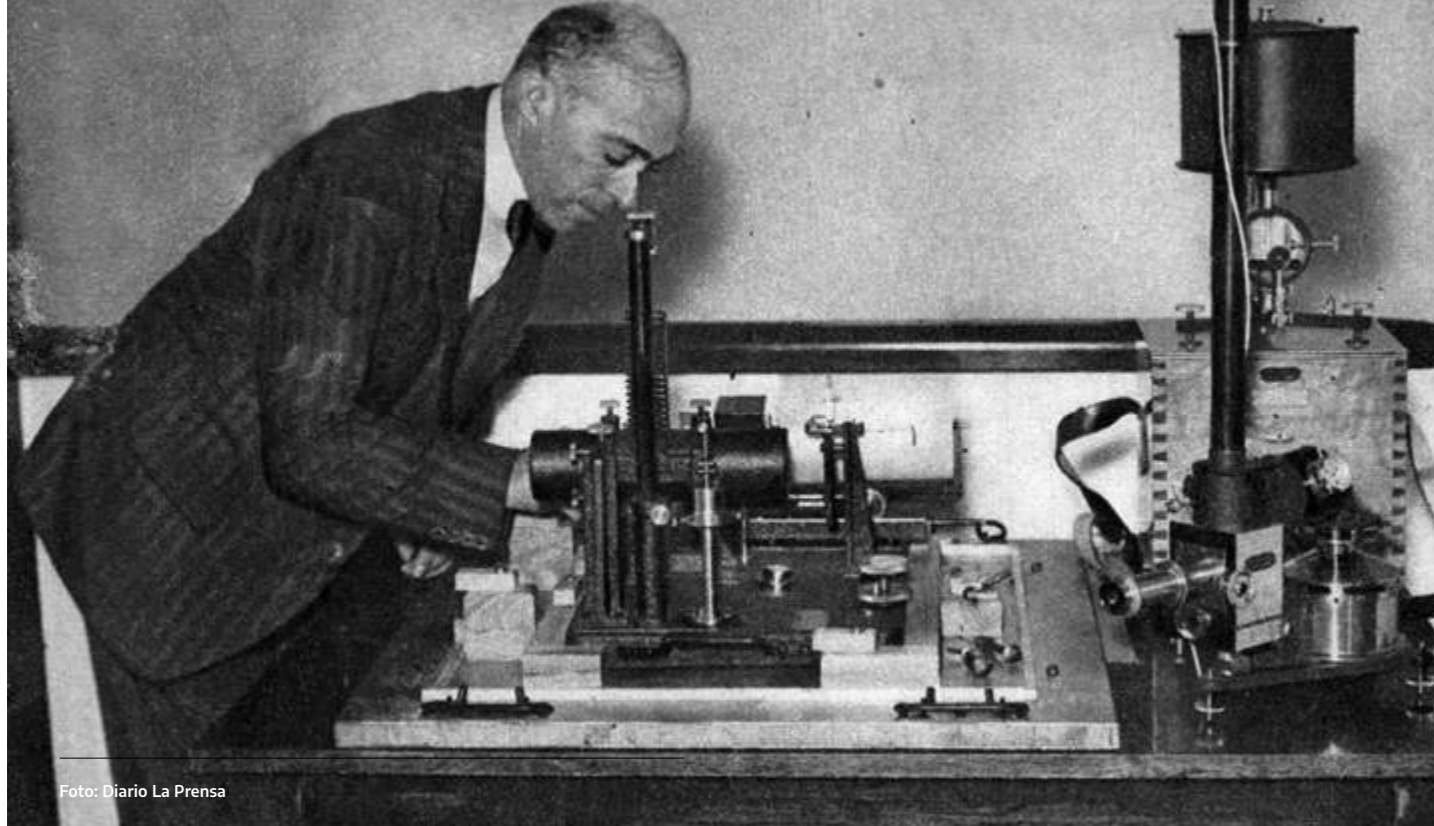


Foto: Diario La Prensa

había denominado “antiguos”, especialmente aquellos de Eguía: los analiza, los sistematiza y, finalmente, los integra también a su descripción final del clima de la provincia.

Así, el volumen incluye un capítulo sobre temperatura, con “arreglo de las observaciones por décadas de días”, “representación de la marcha media” y, entre muchos otros ajustes, las “correcciones locales para observaciones hechas en distintos puntos”. En sus más de 500 páginas, contiene también apartados sobre presión, humedad, nubosidad, lluvia, vientos, conmociones atmosféricas, períodos en los fenómenos observados. También, un anexo de gráficos, con, por ejemplo, hermosos trazos de rosas termométricas y barométricas de los vientos, y un resumen final, en el que Gould sintetiza “los resultados más importantes de este estudio”, con valores medios normales, variaciones anuales y diurnas, frecuencia de los vientos y direcciones medias, entre otros muchos datos.

“La vista llega antes que las palabras”, escribía también John Berger en su *Modos de ver*. La preeminencia de la vista, la importancia del acto de mirar, y la relevancia de quien observa tampoco fueron ajenas a Benjamin Gould, ese norteamericano que, habiendo llegado para mapear las estrellas australes, se quedó también para sentar las bases de nuestra meteorología. Quizás por eso, en ese mismo primer tomo de los *Anales*, y antes de comenzar con la exposición de los datos, dedica unas líneas a resaltar el trabajo de aquellos que se pusieron al hombro la tarea de observar, medir y registrar: “Actualmente (febrero 1877) hay 32 personas distribuidas por toda la República, y aún en territorios adyacentes, las que están practicando tres observaciones diarias en las horas que se le indicaron, animadas solamente por el amor a la ciencia, el patriotismo y el deseo de contribuir al adelantamiento de los conocimientos humanos”. Observar para conocer, conocer para volver a observar: aquello que, 150 años después, seguimos haciendo día a día. ■

Fuentes consultadas

CERVIÑO, Pedro. “Extracto de las observaciones meteorológicas hechas en Buenos Ayres, desde el 18 de enero hasta el 31 de diciembre del año 1805”. Semanario de agricultura, industria y comercio, n° 174 y 175, 15 y 22 de enero de 1806.

GOULD, Benjamin. *Anales de la Oficina Meteorológica Argentina*. Tomo I, Buenos Aires, Imprenta de Pablo E. Coni, 1978.

GOULD, Benjamin. *Instrucciones para observaciones sistemáticas*. Segunda Edición, Buenos Aires, Imprenta de Pablo E. Coni, 1875.

MINNITI, Edgardo, PAOLANTONIO, Santiago. “Oficina Meteorológica Argentina”. *Córdoba estelar*, Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba, 2013.

PAOLANTONIO, Santiago. *El observatorio astronómico del convento de Santo Domingo*. Disponible en <https://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/santo-domingo/>

“LA VISTA LLEGA ANTES QUE LAS PALABRAS”, ESCRIBÍA TAMBIÉN JOHN BERGER EN SU *MODOS DE VER*. LA PREEMINENCIA DE LA VISTA, LA IMPORTANCIA DEL ACTO DE MIRAR, Y LA RELEVANCIA DE QUIEN OBSERVA TAMPOCO FUERON AJENAS A BENJAMIN GOULD, ESE NORTEAMERICANO QUE, HABIENDO LLEGADO PARA MAPEAR LAS ESTRELLAS AUSTRALES, SE QUEDÓ TAMBIÉN PARA SENTAR LAS BASES DE NUESTRA METEOROLOGÍA.

◀ ORIGEN DE LOS OBSERVATORIOS ▶

DESDE EL SOL AL CENTRO DE LA TIERRA, CON PARADA EN LA TROPÓSFERA

— Un observatorio es un lugar adecuado para realizar observaciones y, aunque cuando hablamos de ellos es fácil pensar en las estrellas, en Argentina existen de otros tipos. En esta nota, te los presentamos.

→ *Por Silvana Ricci*

Foto: Silvana Ricci

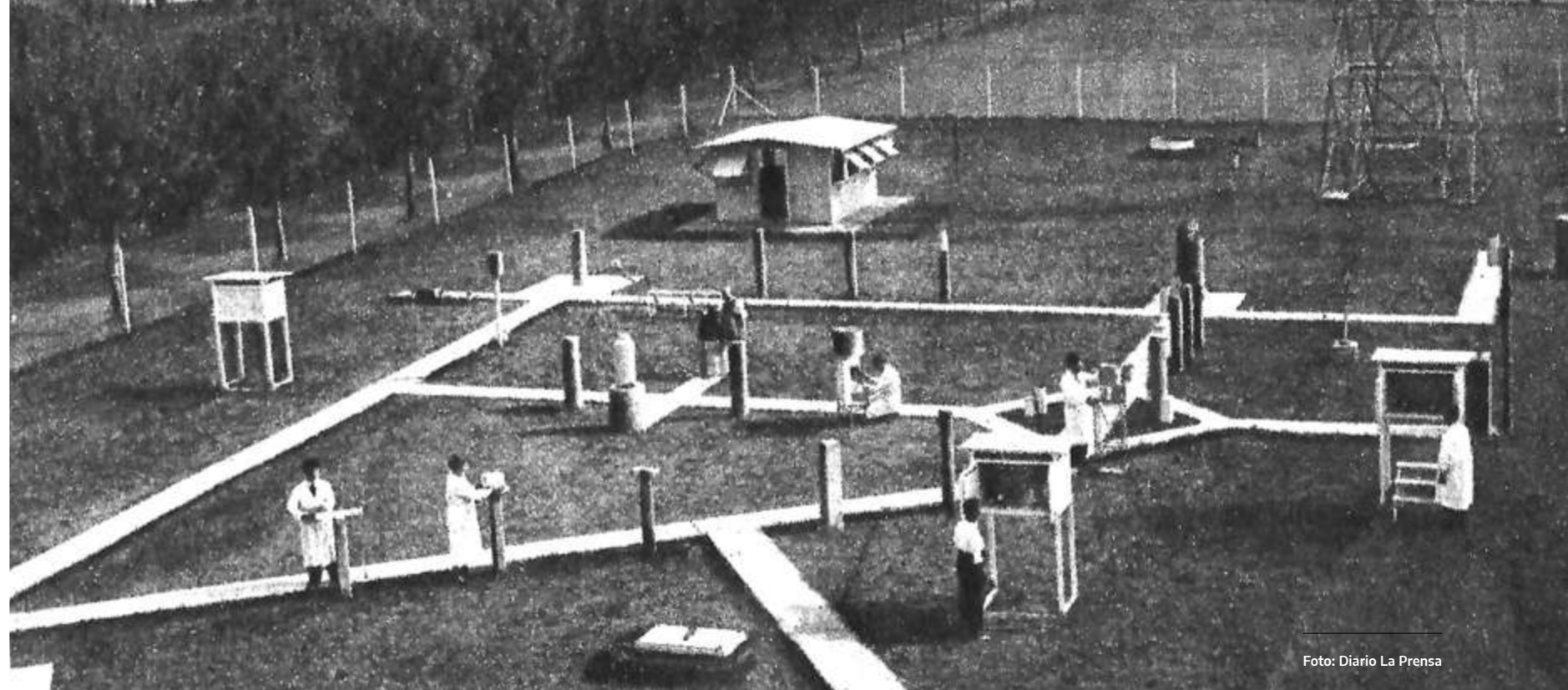


Foto: Diario La Prensa

EL PRIMERO

Ya conocen la historia de la creación de la Oficina Meteorológica Argentina (OMA), con Benjamin Gould. La edificación de la oficina, que hoy es monumento histórico nacional, fue en 1885. En 1904, luego de trasladar la OMA a Buenos Aires, Thomas Gaylord Rector, que trabajó junto a Gould y luego con W. Davis, ocupó el lugar de jefe de la estación de Córdoba. Más tarde pasaría a llamarse Observatorio Regional Córdoba, y ahora lo conocemos como Observatorio Meteorológico de Córdoba (OMC).

En 1988, se inaugura dentro del OMC el museo del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y, entre sus directores, Clara Padovan fue la primera mujer. Allí se aloja instrumental de los observatorios y estaciones meteorológicas del SMN y archivos históricos. La OMA y luego el OMC albergaron instrumentos para las mediciones meteorológicas, magnéticas, de radiación y gases atmosféricos, y fue el primer lugar de la Argentina que alojó sismógrafos. Estos registraron 62 temblores antes de ser enviados a Pilar (Córdoba).

EL OBSERVATORIO MAGNÉTICO MÁS ANTIGUO DE LATINOAMÉRICA

La OMA, con Gould, ya había comenzado con la realización de mediciones del campo magnético terrestre (geomagnetismo), pero el crecimiento de la ciudad de Córdoba llevó a buscar un sitio más alejado, y es así como llegaron a Pilar.

En 1904, el primer director del observatorio geofísico y de la oficina meteorológica de Pilar fue el estadounidense Luis Shultz. Este edificio, además de resistir dos tornados, contaba con sectores para alojar instrumental, como la Casa variómetros, la Casa de fluxómetro y la de observaciones absolutas. Se sumaban también las de los sismógrafos, irradiancia y radiación solar, la Casa de telescopio (para observar manchas y féculas del disco solar), la Casa de electricidad atmosférica, la Casa de la Estación Meteorológica (EM) y finalmente la Casa de Carpintería, donde fabricaban sus propios muebles. En 1909 se inician las observaciones de altitud utilizando barriletes.

El observatorio llegó a tener un plantel de casi 50 personas. Desde sus inicios hasta 1945 fue centro de toda actividad geofísica y desde allí se publicaron las cartas magnéticas de Argentina entre 1908 y 1970. Fue nombrado observatorio sub-patrón de América y patrón de América Latina.

ALTO EN LA QUIACA

En el Observatorio Heliofísico de La Quiaca, las actividades meteorológicas se iniciaron en 1901, y una década después comenzaron lentamente a realizarse mediciones geomagnéticas. En 1912 formó parte de la red de observaciones heliométricas junto a Córdoba y Pilar. Se realizaban observaciones del Sol con telescopio, de electricidad atmosférica, de ionización, y en

1916 se instala un sismógrafo. En 1923 comenzó a llamarse Observatorio Geofísico y durante los diez años posteriores llevó a cabo mediciones de la constante solar.

OBSERVAR DESDE AGRONOMÍA

En septiembre de 1904, el director de la OMA, Davis, que se encontraba instalado en Buenos Aires desde hacía tres años, le manifestó al ministro de Agricultura, Wenceslao Escalante, que poseían instrumental perfeccionado y moderno para instalar en una estación de primer orden y solicitaba los recursos para la construcción de un edificio.

Comenzó realizando meteorología de superficie, pero con los años se fue sumando instrumental de sismología, aerología, geomagnetismo, electricidad atmosférica, contaminación atmosférica, piranógrafos para medir radiación solar y un espectrómetro Dobson. Se realizaron ozonsondeos, fue receptor de imágenes satelitales y albergó el Centro Regional de Formación, reconocido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para capacitar a nivel sudamericano. Con el incremento de las actividades científicas, el edificio fue cambiando su fisonomía y, con el crecimiento demográfico de la zona, muchas de las actividades se fueron trasladando a otros sitios.

DE LA EXPEDICIÓN ESCOCESA A ORCADAS

En 1903, una expedición antártica escocesa se instala en las Islas Laurie de las Orcadas del Sur y comienza a realizar mediciones meteorológicas y magnéticas. El Sr. Bruce, quien estaba al mando, viajó a Buenos Aires a fines de 1903 y propuso al gobierno nacional realizar actividades científicas allí por la falta de datos en la región del mar de Weddell. A raíz de esto, el entonces presidente Roca decretó autorizar al director de la OMA para recibir la instalación ofrecida por el Sr. Bruce en las islas Orcadas del Sur, y establecer un observatorio. El personal se compondría de empleados del Ministerio de Agricultura, y de los que pudiera suministrar el Ministerio de Marina. Ese personal sería reemplazado anualmente.

En enero de 1904, el buque *Scotia* partió desde Buenos Aires hacia la primera expedición argentina a las islas Orcadas. A finales de 1905, se enviaron casa-habitaciones de madera, construidas y equipadas especialmente para resistir las bajas temperaturas y albergar los variómetros magnéticos instalados a principios de ese año.



EN TIERRAS TUCUMANAS

Luego de haberse puesto en funcionamiento en julio de 1931, el Observatorio Regional Tucumán muda sus instalaciones en 1946 a terrenos fiscales, también en la capital. El primer jefe fue Enrique Beckedahl. Estaba conformado por dos edificios. El principal, dedicado a instrumental de meteorología en planta baja, y sismógrafos en subsuelo. El segundo edificio estuvo destinado a la aerología y la electricidad del aire. El observatorio también contaba con una estación de superficie y un nefoscopio. Considerado modelo en Sudamérica por el nivel de las mediciones, cierra sus puertas en 1976 y en mayo de 1978 se traslada su instrumental a Buenos Aires.

ALTO EN LOS ANDES

Las condiciones meteorológicas sobre los Andes presentaban dificultades para la aeronavegación y dentro del plan de protección de las distintas rutas aéreas se resolvió la instalación del Observatorio Meteorológico y Aerológico en Mendoza, en el Cristo Redentor, en marzo de 1934. Ubicado a 3832 metros, en el paraje La Cumbre, fue el primero construido a tal altura. El personal abocado a ese sitio debía permanecer en el lugar por tres meses y, cuando finalizaba su estadía, eran relevados y a los tres meses regresaban al observatorio. Se registran datos meteorológicos hasta el 30 de abril de 1984. Luego de ese periodo, por falta de personal, fue cerrado.

CON ESTILO CALIFORNIANO

“Se habilitará hoy y su acto estará incluido en la fiesta de la Vendimia”, así lo anunciaba un diario de la época de la ciudad de Mendoza, en marzo de 1945. Y con precisión informaban que a las 11 horas quedaba habilitado el Observatorio Regional de Mendoza, que fue construido en el terreno cedido por el gobierno de la provincia, dentro del Parque General San Martín.

El Director General de Arquitectura de la Nación, José A. Hortal, y la Dirección de Meteorología, Geofísica e Hidrología (así se denominaba en la época al SMN) encomendó a Rafael N. Orlandi la creación del edificio, que consta de un sótano para los relojes y el recinto para los sismógrafos y péndulos. Posee también dos pórticos, una torre anemométrica y un pórtico para electricidad atmosférica, el despacho del jefe del observatorio y la sala de instrumentos. Se realizaban observaciones meteorológicas y de radiación y, en 1967 mediante un convenio firmado con el gobierno de la provincia, dotan de personal capacitado para utilización y medición de movimientos telúricos.

DE AMÉRICA AL COSMOS

El Observatorio Nacional de Física Cósmica, en San Miguel (Buenos Aires), fue fundado en diciembre de 1935 y funcionó hasta 2016. Su primera administración estuvo a cargo del Colegio Máximo de los Jesuitas y en 1979 pasó a depender del SMN. Dedicó sus instalaciones al estudio de la irradiancia y la radiación solar, y en física solar fue el segundo de América. También se realizaron estudios de variaciones magnéticas en relación con los movimientos telúricos. Además de poseer cúpulas para los telescopios, también contaba con una estación meteorológica de superficie.

FUE PARA JULIO DE 1906, EN LOS TERRENOS FISCALES DEL BARRIO DE AGRONOMÍA (ENTRE LO QUE HOY SON LAS FACULTADES DE VETERINARIA Y AGRONOMÍA DE LA UBA), QUE SE EDIFICÓ, Y SE LO LLAMÓ OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES (OCBA).

DESDE DÓNDE OBSERVAMOS HOY

Hoy en día, el **observatorio meteorológico y geofísico de La Quiaca** y el **observatorio central de Buenos Aires** continúan con la responsabilidad de obtener datos del estado del tiempo. Fueron nombradas *estaciones centenarias* por la OMM y ambas prosiguen con el registro de datos de radiación solar y pertenecen a la red de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) desde la década del 90. A su vez, realizan mediciones de la columna total de ozono con los espectrómetros Dobson.

El **observatorio meteorológico Mendoza** continúa registrando datos de radiación solar y de meteorología sinóptica. Comparte el edificio con la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) por un convenio firmado en 2005.

El **observatorio meteorológico Tucumán** reabrió sus puertas en marzo del 2017. Forma parte de la red de lidares de SAVERnet (Japón-Argentina-Chile), red de lidares latinoamericana LALInet, red de radiación solar GeoUV y red internacional de fotómetros solares de la NASA-Aeronet. Y cuenta con una estación meteorológica automática.

El **observatorio magnético y la estación meteorológica Orcadas**, también declarada *estación centenaria*, miden ininterrumpidamente parámetros geomagnéticos y meteorológicos, y muestran la evolución y el comportamiento de esta región situada cerca del polo magnético y lejos de las perturbaciones antropogénicas los 365 días del año.

En el **observatorio geofísico y meteorológico de Pilar**, la estación magnética continúa registrando de manera constante y capacitando al personal que invernará en Orcadas, como se hace desde 1904. Fue nombrada *estación centenaria* por la OMM. Desde 1995 pertenece a la red VAG, con sensores de radiación y un analizador del ozono troposférico. Desde el 2017 el observatorio se encuentra dentro de la red de estaciones meteorológicas automáticas del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME). Desde ese mismo año forma parte de la red de lidares junto al Observatorio de Tucumán y pertenece a la red global *Pandonia*. En el 2018, fue parte del Proyecto *RELÁMPAGO* acogiendo gran parte de instrumental de la Universidad de Colorado, el Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (NCAR por sus siglas en inglés), la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA por sus siglas en inglés), Universidad de Alabama, Universidad Nacional de Córdoba y la Universidad de Buenos Aires. Mediante un convenio con la Municipalidad de Pilar, se está trabajando con los archivos históricos para la apertura del Museo del Observatorio.

Actualmente, el **observatorio meteorológico y museo de Córdoba** continúa generando datos y divulgando el estado del tiempo a la comunidad. Fue nombrada *estación centenaria* por la OMM. El museo reabrió sus puertas el 23 de marzo del 2022 con el comienzo de los festejos por los 150 años del SMN. Su tarea de divulgación continuará la línea del tiempo mostrando el pasado, presente y futuro de esta institución, de aquellos que la pensaron y el arduo trabajo de las personas que la compusieron y componen. ■

Fuentes consultadas

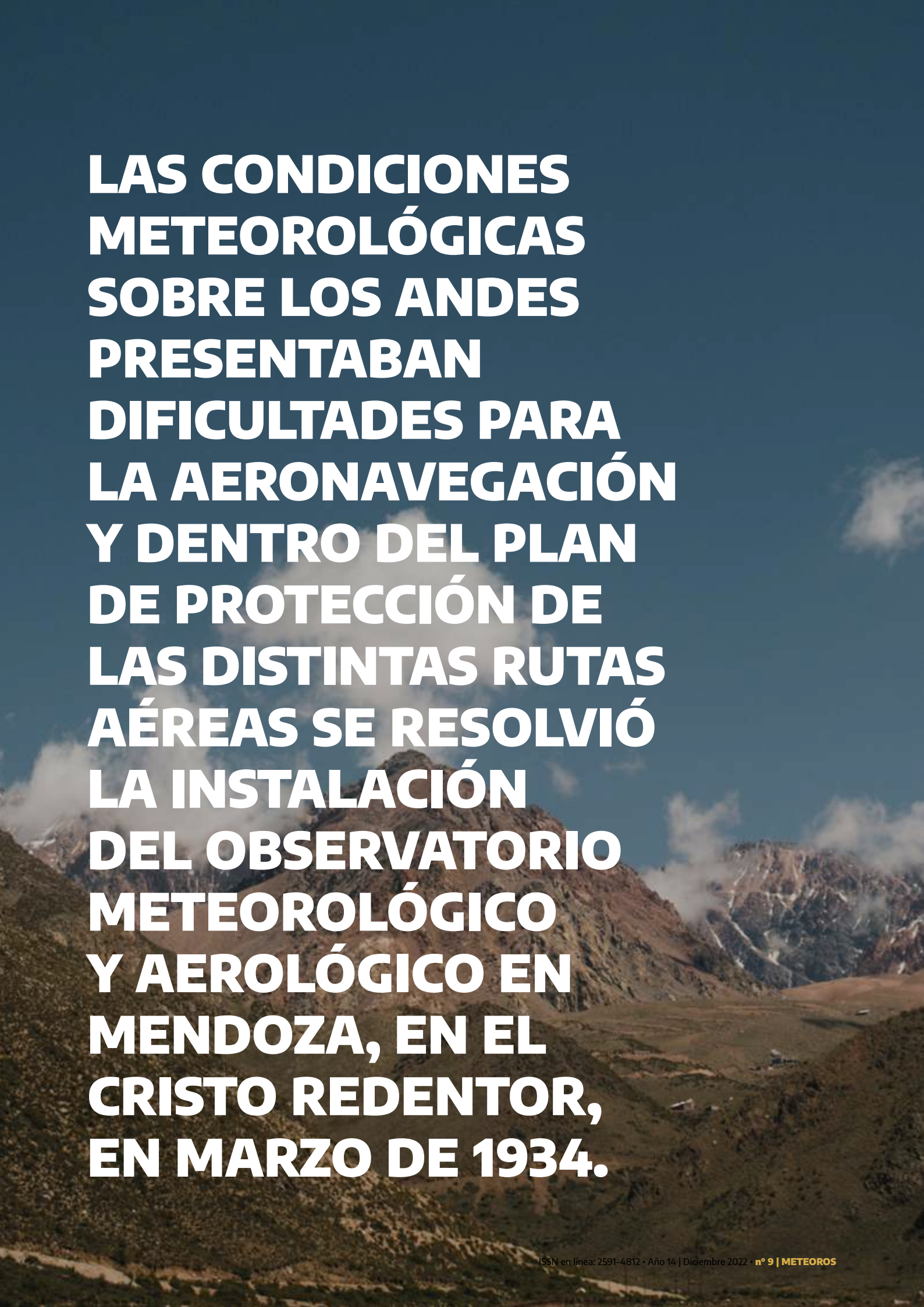
MINNITI, Edgardo, PAOLANTONIO, Santiago. *Córdoba Estelar. Desde los sueños a la Astrofísica Historia del Observatorio Nacional Argentino*, Universidad Nacional de Córdoba, 2013.

GROSSI GALLEGOS, Hugo. "Historia de las mediciones de la irradiancia en Argentina". Disponible en https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/images/e/ed/Historia_de_la_medici%C3%B3n_de_la_irradiancia_solar_en_Argentina_-_Hugo_Grossi_Gallegos.pdf

Revista del centro de arquitectos, constructor de obras y anexos, Nro. 127, 1937.

"Hitos en la historia del Observatorio Astronómico y del Museo Astronómico". Disponible en <http://secretarias.unc.edu.ar/moa/institucional/historia/hitos-en-la-historia-del-observatorio-astronomico-y-del-museo-astronomico>

MINNITI, Edgardo. "Thomas Gaylord Rector". Disponible en <https://historiadelastronomia.files.wordpress.com/2015/03/rector.pdf>



LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS SOBRE LOS ANDES PRESENTABAN DIFICULTADES PARA LA AERONAVEGACIÓN Y DENTRO DEL PLAN DE PROTECCIÓN DE LAS DISTINTAS RUTAS AÉREAS SE RESOLVIÓ LA INSTALACIÓN DEL OBSERVATORIO METEOROLÓGICO Y AEROLÓGICO EN MENDOZA, EN EL CRISTO REDENTOR, EN MARZO DE 1934.



« ANTÁRTIDA »

AL SUR DEL SUR

↓
Por Daniel Agüero

—
En el ingreso de Argentina al escenario antártico internacional, los aportes de la Oficina Meteorológica Argentina y su director fueron centrales. En esta nota, recorreremos los primeros pasos de nuestro país hacia el continente blanco.



MIRANDO AL SUR

Hacia finales del siglo XIX y principios del XX, las regiones polares representaban la “última frontera”. Fue por eso que los Congresos Internacionales de Geografía de Londres (1895) y Berlín (1899) recomendaron en sus conclusiones finales una ofensiva exploratoria y científica sobre el continente blanco, que se tradujo en una serie de expediciones nacionales, conocidas en su conjunto como la Expedición Antártica Internacional.

Durante la llamada “Edad Heroica de las exploraciones polares” (1895-1922), varios de esos viajes con destino al corazón de la Antártida, su polo sur geográfico, recalaban en el puerto de Buenos Aires y generaron gran interés en la prensa y el público, a la vez que recibieron toda clase de colaboración gubernamental por parte de distintas administraciones nacionales.

Durante la llamada “Edad Heroica de las exploraciones polares” (1895-1922), varios de esos viajes con destino al corazón de la Antártida, su polo sur geográfico, recalaban en el puerto de Buenos Aires y generaron gran interés en la prensa y el público, a la vez que recibieron toda clase de colaboración gubernamental por parte de distintas administraciones nacionales. Esa ayuda se materializó, por mencionar solo unos pocos ejemplos, en víveres, carbón y re-

paraciones para la expedición de Jean Baptiste Charcot (Francia), alojamiento y cuidados en el Jardín Zoológico de Buenos Aires para perros polares y ponis siberianos, más el contraste de instrumental en el observatorio geofísico de Pilar (Córdoba), para la del Dr. Wilhelm Filchner (Alemania). Además, se facilitó la transmisión de señales horarias precisas desde la isla Observatorio (archipiélago de Año Nuevo, isla de los Estados) para la de Ernest Shackleton (Reino Unido) y la posibilidad latente de rescate para todas ellas. De todas las expediciones, será la expedición antártica nacional escocesa (1902-1904), al mando de William Speirs Bruce y a bordo del Scotia, la que marcará un punto de inflexión en nuestra historia antártica.

LA OMA RUMBO AL “GRAN SUR”

El naciente interés nacional por la Antártida no se limitó a colaborar con expediciones internacionales. Se extendió también a la consideración, por parte de distintas autoridades, de una serie de solicitudes locales de expediciones hacia la Antártida, algunas provenientes de particulares y otras fomentadas a través del actual Instituto Geográfico Nacional, que, por diversos motivos, no llegaron a concretarse.

A estos antecedentes pueden añadirse la creación del observatorio meteorológico y magnético en la isla Observatorio y el exitoso y dramático rescate por parte de la tripulación de la corbeta Uruguay, al mando del teniente de



En noviembre de 1903, habiendo dejado una dotación mínima para continuar las observaciones científicas, el Scotia recalca en el puerto de Buenos Aires con el fin de reaprovisionarse. Durante la estadía, Bruce negoció un acuerdo con el gobierno nacional, por el que ofertaba el observatorio de Omond House a Argentina.

navío Julián Irizar, de la expedición sueca del Dr. Otto Nordenskjöld (1901-1903), de la que formó parte el oficial José María Sobral. **Estos hechos influyeron en una mayor consideración nacional sobre esas regiones y generaron así una creciente concientización sobre la necesidad de un efectivo ejercicio de soberanía en esas altas latitudes.**

William Speirs Bruce, biólogo, oceanógrafo, pero sobre todo explorador polar escocés, organizó, sin recibir el aval de la Royal Geographical Society de Londres, la expedición antártica nacional escocesa de 1902-1904. Su objetivo principal era invernar en la zona del mar de Weddell, lo más cercano posible al polo sur geográfico, pero el estado del campo de hielo marino lo obligó a un cambio de planes. Decidió, entonces, hacerlo en la isla Laurie de las Orcadas del Sur para abordar un programa de investigación a nivel meteorológico y magnético. **En noviembre de 1903, habiendo dejado una dotación mínima para continuar las observaciones científicas, el Scotia recalca en el puerto de Buenos Aires con el fin de reaprovisionarse. Durante la estadía, Bruce negoció un acuerdo con el gobierno nacional, por el que ofertaba el observatorio de Omond House a Argentina.**

Por nota dirigida al ministro de Agricultura, el 17 de diciembre de 1903, el por entonces director de la OMA, Walter Gould Davis, consideró las siguientes conclusiones respecto del ofrecimiento de la compra-venta: “Habiendo hablado hoy largamente con el profesor Bruce, jefe de la expedición escocesa, que ha hecho investigaciones magnéticas, climatológicas y

oceanográficas en la región antártica desde principios de este año, e impuesto, hasta cierto punto, de la naturaleza de los estudios efectuados durante el año, he reconocido la importancia inestimable que los resultados ya obtenidos tienen para la climatología de aquella región”.

Asimismo, admite que “los grandes cambios experimentados en los elementos atmosféricos, al alejarse a corta distancia de la extremidad sur de este continente, demuestran que nuestras hipótesis o supuestos conocimientos de las condiciones que imperan en aquella tierra incógnita son bastante erróneos”.

Sostiene también que “(...) la República Argentina fue invitada por varios centros científicos oficiales a cooperar en las observaciones meteorológicas por el establecimiento de estaciones al sur de los 30° de latitud en tierra firme y en las islas de Año Nuevo y Shetland.

La aceptación, por parte de esta República, de las indicaciones de las sociedades europeas, queda demostrada por el observatorio magnético y meteorológico instalado en la isla de Año Nuevo con resultados beneficiosos y por la red de estaciones meteorológicas que se hallan funcionando en todo el país hasta sus últimos confines australes. Pero, para llenar por completo el programa trazado, falta todavía la estación en una de las islas Shetland o en las Orkneys del sur”.

Finalmente, Davis recomienda: “Ahora se tiene la oportunidad de llenarlo mediante el ofrecimiento del profesor Bruce, de llevar en su viaje de regreso del Scotia, cuatro argenti-



Foto: Lucas Merlo

nos a la región polar, para seguir en la serie de observaciones iniciadas por él en el mes de enero en bahía Scotia, en la isla Orkneys del sur, donde se ha construido una pequeña casa de piedra que se halla ocupada actualmente por el personal científico de la expedición, punto de observación que formará el eslabón de conexión en la cadena meteorológica, ligando las observaciones del continente suramericano con las que efectuará la expedición escocesa durante el año próximo en las regiones situadas dentro del círculo polar, hecho, cuyo enorme valor científico V. E. apreciará”.

Estas sugerencias convencieron al ministro Escalante, quien a su vez ofició a su par del Ministerio de Marina una nota por la que confirmaba lo anteriormente expresado por Davis y que finalmente se tradujo en el decreto del 2 de enero de 1904, firmado por el presidente Julio A. Roca, que en su artículo 1ro expresaba: “Autorízase al jefe de la Oficina Meteorológica Argentina (OMA) para recibir la instalación ofrecida por el Sr. Williams S. Bruce en las Islas Orcadas del Sur y establecer un observatorio meteorológico y magnético en las mismas”.

PRESENTE Y FUTURO

El compromiso de parte de Argentina a través de la OMA de proseguir con las observaciones meteorológicas y magnéticas iniciadas en la isla Laurie de las Orcadas del Sur tuvo un gran significado tanto para la historia antártica argentina como para la del organismo. A partir de ese hito, el SMN se encuentra presente en cada una de las seis estaciones permanentes en el continente blanco. En la actualidad, la actividad técnico-científica es altamente valorada por la comunidad científica internacional. El aporte del SMN fue, es y será de suma relevancia tras 118 años de presencia ininterrumpida en la región antártica. ■

Fuentes consultada

- Boletín Centro Naval. Tomo XXI. Buenos Aires, Taller Tipográfico de la Escuela Naval Militar. 1903–1904
- Davis, Walter G. *Anales de la Oficina Meteorológica Argentina*. Observaciones hechas en la Isla Laurie, Orcadas del Sur, en el año 1904. Volumen XVI. Buenos Aires, Talleres Publicación Oficina Meteorológica Argentina. 1905
- Scottish National Antarctic Expedition. *Report of the Scientific Results of the VOYAGE OF S.Y. SCOTTIA during the years 1902, 1903 and 1904*. Volume II PHYSICS. Edinburgh. The Scottish Oceanographical Laboratory. 1907
- Valette L. H. *Viaje a las islas Orcadas australes. Anales del Ministerio de Agricultura*, Tomo III, número 2. Buenos Aires, Talleres Publicación Oficina Meteorológica Argentina. 1905
- Ibarguren, Carlos. *La historia que he vivido*. Buenos Aires, Editorial Sudamericana, 1999

« ESTACIONES CENTENARIAS »

NUESTRAS REINAS

¿Sabías que el SMN cuenta con estaciones que iniciaron sus observaciones a finales del siglo XIX o comienzos del siglo XX y que aún se mantienen activas? Aquellas que llevan cien o más años realizando mediciones continuas nos transmiten un relato único de nuestra reciente historia climática. Constituyen nuestro pasado y marcaron la dirección para el futuro: por eso son nuestras joyas.

↓
Por Rocío Seijas

Foto: AGN

Observatorio La Quiaca Jujuy

Comenzó a funcionar el 12 de julio de 1902. Si bien tuvo pequeñas interrupciones, entre finales de 1907 y octubre de 1908, la estación cuenta con registros de 117 años completos de precipitación y 63 años de datos digitalizados de temperatura.

Ceres Santa Fe

Se instaló el 27 de septiembre de 1896 y los datos se remontan al 1º de octubre del mismo año. No hubo interrupciones, por lo que cuenta con registros de 129 años completos de precipitación mensual y 91 años de temperatura.

Observatorio Pilar Córdoba

En 1907 se abrió una nueva estación (ver abajo Córdoba observatorio) en la provincia de Córdoba. Los primeros datos se obtuvieron en febrero de 1913. Cuenta con registros de 115 años completos de precipitación mensual y con 9,4 años de precipitación diaria y de temperaturas.

Monte Caseros Corrientes

Se inició el observatorio en 1904. También sufrió algunos cambios en su locación, que están en proceso de homogeneización. Esta estación contiene datos de precipitación desde abril de 1904 y temperaturas máxima y mínima desde enero de 1931.

Santiago del Estero Santiago del Estero

En 1873 se inició el observatorio, con cambios de ubicación mínimos, casi sin modificar sus coordenadas. Contamos con registros diarios de precipitación desde octubre de 1873 y de temperatura máxima y temperatura mínima desde enero de 1931.

San Luis San Luis

Comenzó su registro en 1874 y, aunque sufrió algunas mudanzas, que están en proceso de homogeneización, contiene datos de precipitación desde mayo de 1874 y temperatura máxima y temperatura mínima desde enero de 1931.

Malargüe Mendoza

El 26 de septiembre de 1914 abrió sus puertas en la provincia de Mendoza. Cuenta con registros de 90 años completos de precipitaciones diarias y temperatura y 105 años de precipitación mensual.

Orcadas Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

Antártida e Islas del Atlántico Sur. En 1904 nace la estación meteorológica Orcadas. Cuenta con 68 años digitalizados de precipitación y de temperatura.

Las estaciones centenarias son nuestras perlas y están reconocidas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), pero para que esto pudiera suceder se verificaron las fechas de inicio de cada estación meteorológica y se identificaron estaciones que comenzaron sus observaciones hace por lo menos cien años y se mantienen activas.

Para ser propuestas y reconocidas como *centenarias*, las estaciones deben cumplir ciertos criterios, como haber sido fundadas hace al menos cien años, claro, y mantenerse en funcionamiento en la actualidad; también, que los períodos de inactividad no superen el 10 % del tiempo (salvo en momentos de conflictos o eventos extremos) y que no hayan sufrido reubicaciones que afecten las características climatológicas.

Estas emblemáticas estaciones suponen un patrimonio de gran valor en la vigilancia y la adaptación al cambio climático. Aquí están, ellas son nuestras *reinas centenarias*.

ESTACIONES CENTENARIAS

*El mapa no está en escala

◀ GEOMAGNETISMO ▶

DESDE LEJOS SÍ SE VE

¿Oíste hablar del campo *magnético terrestre*? ¿Conocés el trabajo que desde hace más de 100 años lleva adelante el SMN en torno al *geomagnetismo*? Nuestra cotidianeidad está impregnada de tecnología que nos ayuda a organizarnos, distendernos, trabajar, comprar sin tener que movernos de casa. ¿Sabés cómo podría afectar una tormenta solar nuestra tecnología?

↓
Por María Inés Gil y Sabrina Juárez

UNA DE LAS FUNCIONES DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN) ES EL ESTUDIO Y MEDICIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE (CMT). EL CMT ES EL ESCUDO PROTECTOR NATURAL DE NUESTRO PLANETA, QUE SE GENERA EN EL NÚCLEO EXTERNO DE LA TIERRA, ACTUANDO COMO UN GRAN IMÁN QUE DESVÍA LAS PARTÍCULAS ELÉCTRICAS PROVENIENTES DEL SOL.

Comencemos por el principio. Desde prácticamente su comienzo como Oficina Meteorológica Argentina (OMA), una de las funciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el estudio y medición del Campo Magnético Terrestre (CMT). El CMT es el escudo protector natural de nuestro planeta, que se genera en el núcleo externo de la Tierra, actuando como un gran imán que desvía las partículas eléctricas provenientes del Sol al alcanzar el entorno terrestre.

El geomagnetismo es el área científica que se ocupa del estudio del CMT, tanto de su generación como de su variación espacial y temporal por medio de registros. El registro de estas variabilidades se obtiene en observatorios magnéticos permanentes (OMP). En ellos, se registran la intensidad total (F) del CMT y las variaciones temporales de sus componentes horizontales (H, X, Y), vertical (Z) y

declinación (D) en puntos fijos de la superficie terrestre, que sirven como valores de referencia para la aeronavegación, la prospección de recursos naturales, el estudio de las relaciones entre el Sol y la Tierra, etc.

Durante los siglos XIX y XX se establece y consolida a nivel global la existencia de una red de observatorios, que en aquella época aportó datos indispensables para la aeronáutica y la geología. Desde entonces, nuestro país ha contribuido con datos de observatorios que aún hoy permanecen operativos, como en Pilar, Orcadas y Cipolletti. John Riddick, del Servicio Geológico Británico (BGS, por sus siglas en inglés), uno de los creadores e impulsores del proyecto de digitalización de nuestros OMP, destaca “*el funcionamiento continuo de los observatorios magnéticos y la importancia de las series de datos de larga duración, típicas en Pilar y Orcadas, donde se tienen más de 100 años de datos continuos*”.



Foto: Silvina Righetti

UN POCO DE HISTORIA

Desde sus inicios, el SMN es pionero en esta disciplina, tanto en Sudamérica como en el sector antártico. Las primeras observaciones magnéticas datan de 1882, aunque estas no eran sistemáticas y estaban a cargo del personal del observatorio de Córdoba. Se conocen también mediciones aisladas, de 1852 y 1853. Lo irregular de esas primeras mediciones hizo surgir la necesidad de establecer un OMP, alejado de las perturbaciones antrópicas como las edificaciones con alto contenido de material ferromagnético, cables de alta tensión, vías férreas, antenas de comunicación, transportes, etc. Por lo que se tomó la decisión de construir el observatorio en la ciudad cordobesa de Pilar, a 50 kilómetros de la capital.

Este observatorio comenzó a funcionar en julio de 1904. Gracias a la regularidad y calidad de los datos, ha llegado a alcanzar la categoría de observatorio patrón para el centro y sur de América. Hasta 1945, fue núcleo de toda actividad geofísica y colaboró enormemente en la elaboración de la primera carta isógona del país en 1908. Asimismo, y como parte de la conquista de territorios casi inaccesibles, como el continente blanco, en febrero de 1904 se fundó el primer observatorio magnético en la isla Laurie, en el archipiélago Orcadas del Sur. Desde entonces, en ambos lugares contamos con **registros de datos magnéticos de forma prácticamente ininterrumpida hasta el día de hoy.**

En 1902 se crea el observatorio geomagnético y meteorológico de La Quiaca, en la provincia de Jujuy. Durante 1919 y 1920, se construyen las

casillas geomagnéticas y recién en 1927 se incorpora a la red de OMP con mediciones fundamentales para el trazado de las cartas magnéticas. Este OMP se mantuvo en servicio completo hasta 1983, y parcialmente hasta 1992, momento en que cesaron las actividades relacionadas con el geomagnetismo. Por último, en 2015 entra en funcionamiento la estación magnética Cipolletti, que registra la intensidad total del CMT, contribuyendo así al conocimiento de la evolución espacial y temporal del mismo en sitios de interés geomagnético.

EL TRABAJO DE HOY, EN TIEMPO REAL

En el marco del proyecto INDIGO (siglas en inglés de Observatorio Geomagnético Digital de Intermagnet) de la BGS, el SMN recibió nuevos equipos y, para noviembre de 2010 las instalaciones del observatorio Pilar fueron renovadas y comenzaron a efectuar registros digitales de todas las componentes del CMT con una mayor precisión y frecuencia en la toma de los datos (cada 1 minuto), que pueden ser analizados casi en tiempo real. Lo mismo se implementó para Orcadas en 2012. Mientras que en Cipolletti, desde sus comienzos, se registra únicamente la intensidad total del CMT cada 5 minutos.

Gracias al cumplimiento de estándares de calidad de los datos, el observatorio Pilar ha logrado ser aceptado como miembro de la Red Magnética Internacional en Tiempo Real (INTERMAGNET, por sus siglas en inglés)

en 2012, mientras que Orcadas se suma en 2013. El área de geofísica, por su parte, verifica y analiza los datos, además de emplearlos principalmente en el estudio de las variaciones a corto y largo plazo, para fines operativos o de investigación.

Complementariamente, todos los años se selecciona y capacita a una persona como observador u observadora de geomagnetismo para la campaña antártica anual, que representa al SMN en Orcadas. A su vez, los inspectores y técnicos en geomagnetismo destinados a las campañas antárticas de verano registran la intensidad total del CMT en las distintas bases, como Marambio, Carlini, Esperanza, Petrel y San Martín.

Todas estas actividades permiten contribuir a la confección del Modelo Internacional de Campo Geomagnético de Referencia (IGRF por sus siglas en inglés) publicado cada cinco años por la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (IAGA, por sus siglas en inglés), además de mantener nuestros registros en el hemisferio sur, para el estudio de la evolución de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS), donde los efectos estudiados por la meteorología espacial o *Space Weather* se ven intensificados.

EL FUTURO YA LLEGÓ

Es muy importante profundizar en el estudio de las tormentas magnéticas, que se dan simultáneamente en todo el globo terrestre,

aunque en las zonas polares o regiones como la AMAS pueden tener mayor impacto sobre los dispositivos tecnológicos, comunicaciones, sistemas de geoposicionamiento, redes eléctricas, gasoductos, oleoductos, satélites, aeronaves y hasta en sus tripulaciones y astronautas.

La meteorología espacial (también conocida como space weather) se refiere a las variaciones desde el espacio exterior hasta la superficie terrestre que puedan afectar tanto los sistemas tecnológicos en órbita y en la Tierra, como poner en peligro la vida o salud humana.

Dentro de las perspectivas a futuro, Christopher Turbitt (BGS) nos comenta que las principales preguntas que estimulan las actividades en torno a la meteorología espacial son: *¿Cuáles son los efectos de una tormenta magnética en nuestras tecnologías e infraestructura? ¿Cuáles son los extremos en la magnitud de las tormentas magnéticas? ¿Cuáles son las tasas de recurrencia de las grandes tormentas magnéticas? ¿Cuál es el posible impacto económico de la pérdida o el daño de sistemas clave como GNSS (Sistema Global de Navegación Satelital, por sus siglas en inglés), distribución de electricidad, sistemas de comunicaciones?*

Ahora ya conocés un poco más sobre cómo la actividad solar puede influir e impactar en nuestra infraestructura y tecnología y la importancia de estudiar el Campo Magnético Terrestre. Te invitamos a conocer aún más.



ESQUEMA DE LAS COMPONENTES DEL CAMPO MAGNÉTICO

Los OMP cuentan con un magnetómetro de precesión protónica para registrar la intensidad total del campo (F), un magnetómetro triaxial fluxgate para registrar las componentes ortogonales -horizontal (H), vertical (Z) y declinación (D)- y un teodolito magnetométrico que permite determinar inclinación (I) y D por medio de una observación absoluta del meridiano magnético del lugar.

¿QUÉ ES UNA CARTA ISÓGONA?

Del griego isos (igual) y gonios (ángulo), es un mapa que representa líneas que unen puntos de igual declinación magnética (ángulo comprendido entre la dirección del Norte magnético y el Norte geográfico). Acompañadas de una brújula, se utilizan como herramienta de orientación que permite encontrar el Norte geográfico de un sitio particular.

TORMENTA SEVERA G4

La tormenta magnética más intensa del ciclo solar 24 (enero 2008 a diciembre 2019) tuvo lugar del 6 al 10 de septiembre de 2017. Es una de las 20 tormentas más grandes de los últimos 50 años pero su impacto no fue tan severo, ya que solo se conocieron bloqueos en las comunicaciones de radio. Eso sucedió cuando las explosiones de rayos gamma X y de partículas eléctricas, dirigidas parcialmente hacia la Tierra, alcanzaron la parte superior de la atmósfera terrestre ionizándola y provocando un fuerte apagón de radio de onda corta sobre Europa, África y el Océano Atlántico. Pero también, para maravillarnos, pintaron el cielo de verde con increíbles auroras polares.

Fuentes consultadas

Servicio Meteorológico Nacional. *133 años de meteorología en el país*. <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/180>
Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea. Comando de Regiones Aéreas. *Boletín Informativo* N° 41. "Geomagnetismo"
Campbell, W. H. (2001). *Earth Magnetism. A Guided Tour through Magnetic Fields. Complementary Science Series*. xxi + 151 pp. San Diego: Harcourt-Academic Press (Elsevier Science). ISBN 0 12 158164 0.
Revista Meteoros, edición N°3 (2014). Repositorio Institucional del SMN (<http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1146>)

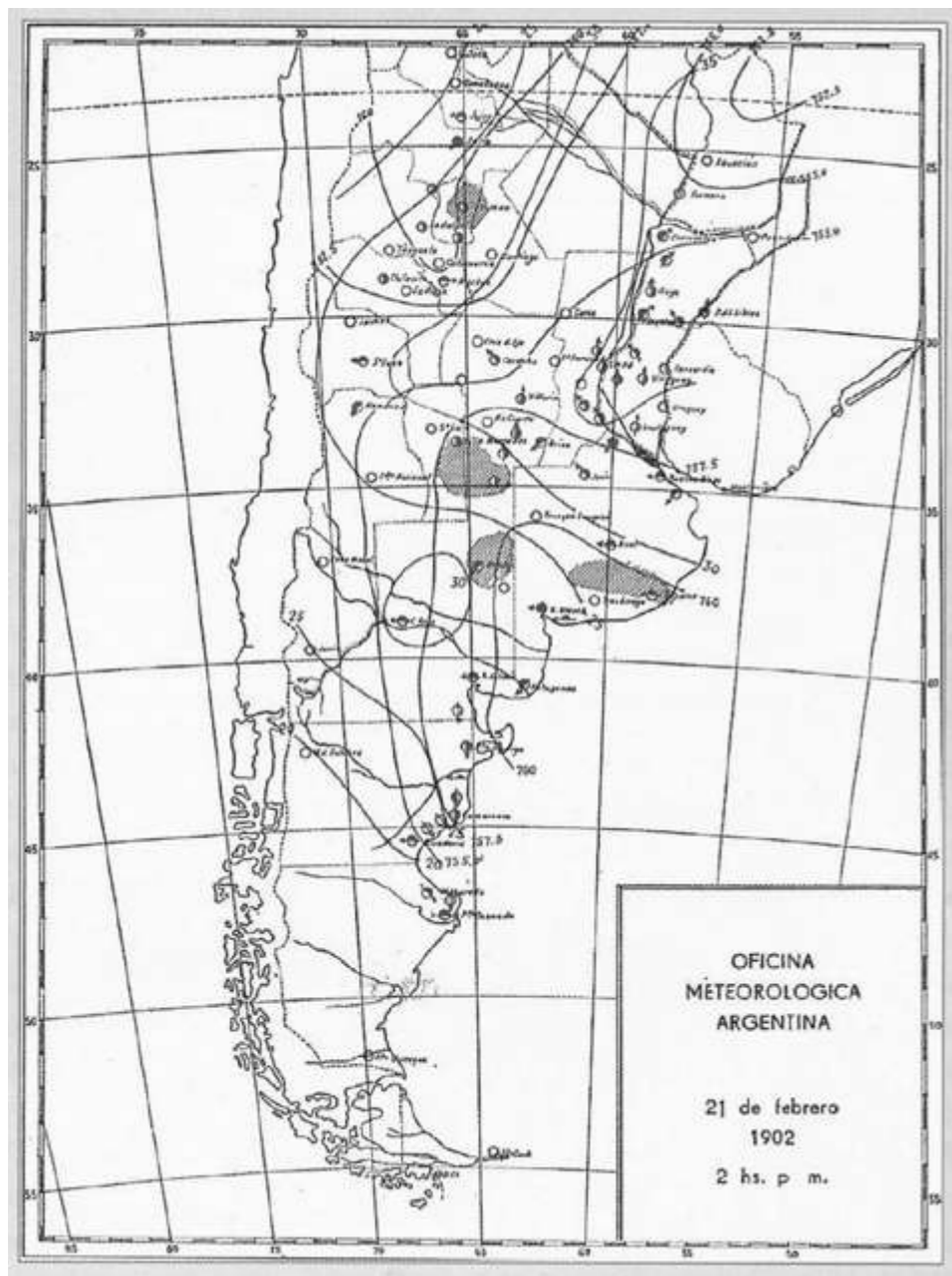
« RADARES Y SATÉLITES »

OJOS EN EL CIELO Y EN LA TIERRA

➤ Por Pedro Lohigorry

Si nos ponemos en los zapatos de un pronosticador o de una pronosticadora que trabajaba antes de 1950, nos damos cuenta de que no contaba con la mayoría de las fuentes de información que tenemos hoy en día. En esta nota, nos vamos a concentrar en dos instrumentos de observación fundamentales para la meteorología actual: los satélites y los radares meteorológicos.





Primera carta del tiempo de la Argentina. Sobre el mapa del país se indican los datos medidos en distintas estaciones meteorológicas del SMN. Las líneas curvas muestran el análisis de los datos de presión y temperatura. Quienes se encargan del pronóstico utilizan este tipo de análisis para determinar los sistemas meteorológicos que afectan las distintas regiones del país.

Todo pronóstico empieza por un diagnóstico. La definición de la Real Academia Española nos explica que diagnosticar es “recoger y analizar datos para evaluar problemas de diversa naturaleza”. La mayoría de las profesiones comienza con esta práctica. Por ejemplo, al ser atendidos por un médico o una médica, primero nos realiza un examen físico y además nos indica una serie de análisis clínicos (sangre, radiografías, ecografías, etc.). Para un abogado o abogada, lo primero que hará será entender, a través de preguntas, los detalles del caso a tratar. En meteorología, para poder hacer un diagnóstico, hacen falta observaciones de la atmósfera. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) tiene decenas de estaciones

meteorológicas, muchas de ellas funcionando desde hace más de 100 años, en donde personal capacitado registra a cada hora la temperatura, el viento, la presión, entre muchas otras variables. Al graficar todas estas mediciones en un mapa, se pueden diagnosticar los sistemas meteorológicos que se encuentran en desarrollo. Por ejemplo, una sudestada en el Río de la Plata se revelaría con un sistema de baja presión en las provincias del Litoral y vientos del sudeste más lluvias y lloviznas sobre el noreste de la provincia de Buenos Aires. Como veremos a continuación, los satélites y los radares meteorológicos nos aportan enormes cantidades de datos adicionales para el diagnóstico de la situación meteorológica.

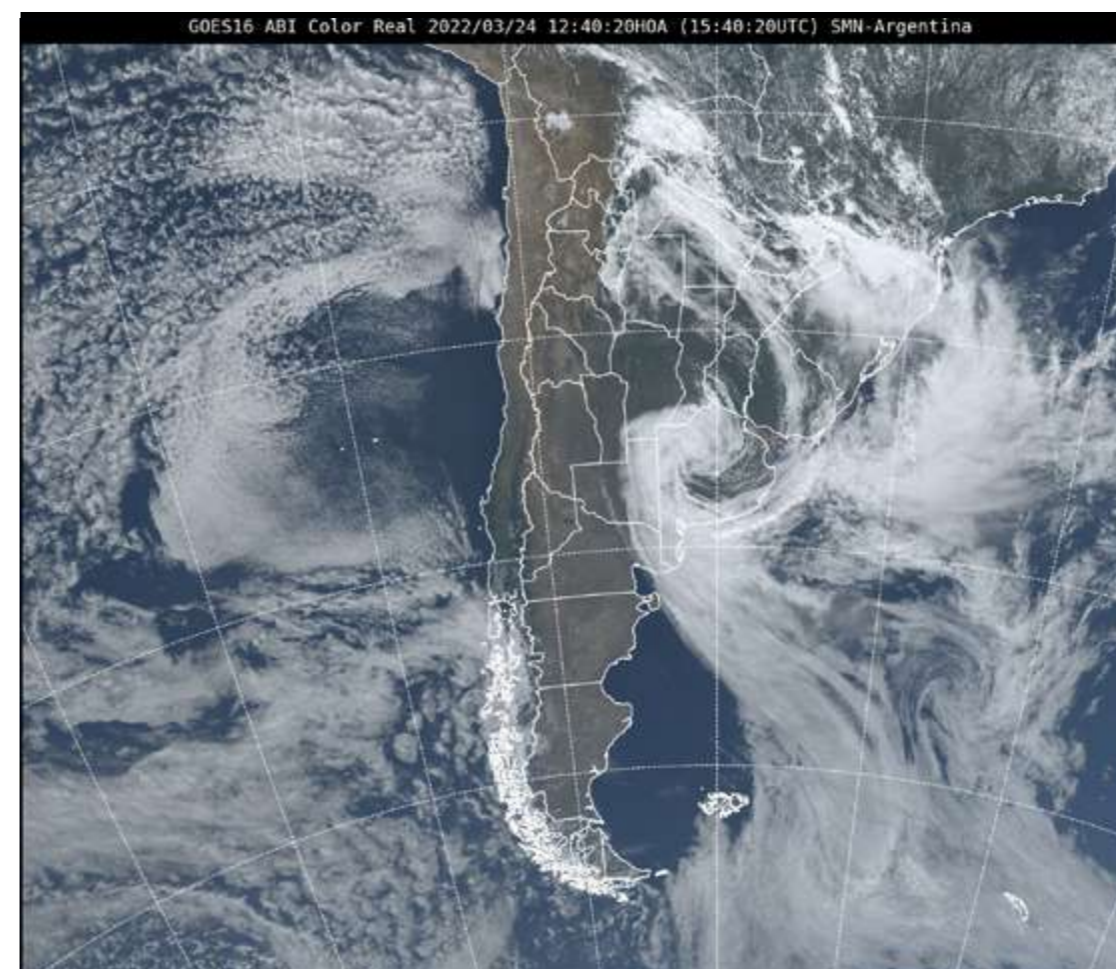
SATÉLITES: NUESTROS OJOS EN EL ESPACIO

¿Alguna vez, mirando el cielo, viste pasar un satélite? Si tu respuesta es sí, es muy probable que hayas visto pasar uno meteorológico. El primero de este tipo de satélites fue lanzado por Estados Unidos en 1960. Desde ese entonces, su uso en meteorología creció enormemente.

La combinación de todas las mediciones permite generar imágenes que nos hacen posible distinguir las nubes, los océanos, los lagos y los ríos, las montañas, las zonas con nieve en el suelo, los distintos tipos de cobertura del suelo: campos sembrados, bosques y hasta ciudades y pueblos. Al animar estas imágenes también se puede observar cómo se desplazan las masas de aire frío y cálido, si las tormentas están creciendo o decreciendo. Es decir, los satélites son las ventanas del SMN al país: con un rápido golpe de vista, permiten conocer qué sistemas meteorológicos están afectando a la Argentina. Estos productos también están disponibles para el uso de toda la población.

Los satélites meteorológicos básicamente toman imágenes de porciones del planeta desde el espacio. Estas mediciones se realizan en distintos colores del espectro electromagnético, como el azul, verde y rojo, pero también en la región del infrarrojo y de las microondas.

Imagen satelital generada a partir de los datos medidos por el satélite GOES 16 el 24 de marzo de 2022 a las 12:40 Hora Oficial Argentina. Un rápido análisis permite distinguir el sistema de baja presión sobre el centro del país. Además, se observan cielos despejados en la Patagonia y en la región de Cuyo y un frente frío extendiéndose sobre las provincias del Noreste argentino.



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.

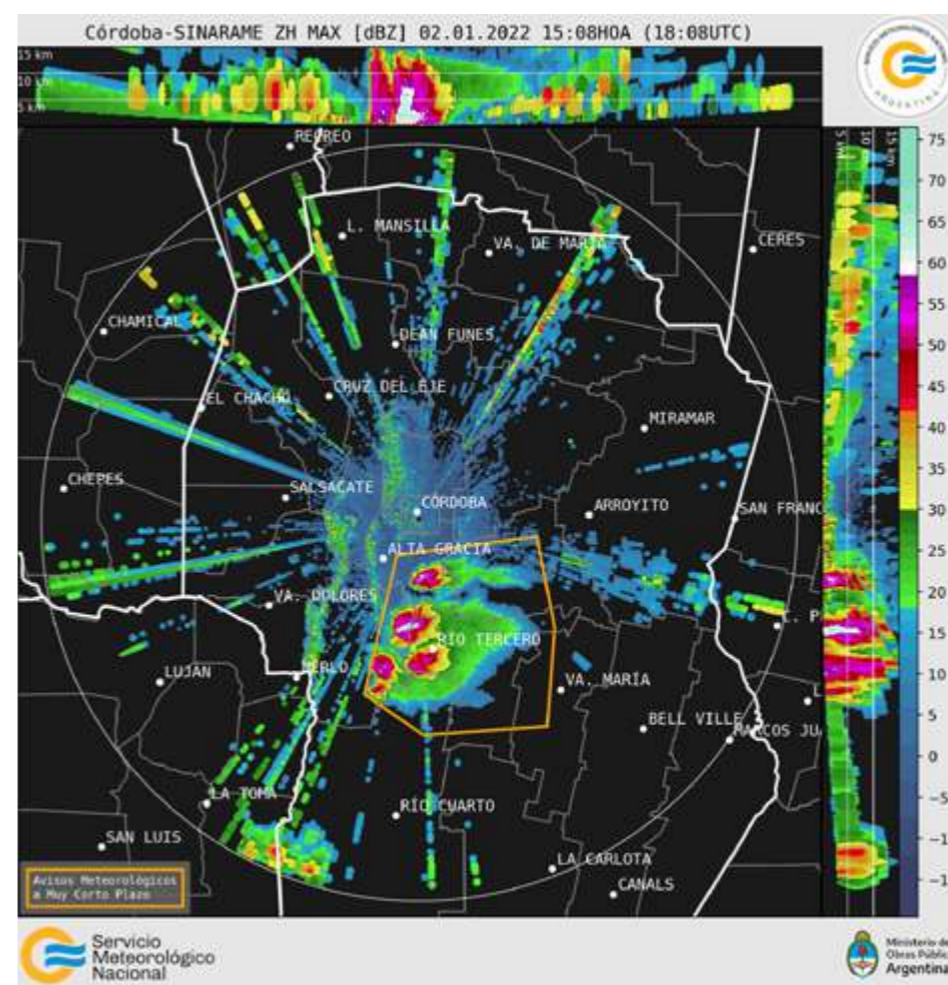


RADARES: NUESTROS OJOS EN LA TIERRA

Los radares meteorológicos tienen una cobertura mucho más limitada que los satélites dado que mayormente se encuentran en la superficie terrestre. El radar observa su entorno tomando fotos de una manera sofisticada: emite pulsos electromagnéticos que viajan en todas direcciones. Cuando estos pulsos se encuentran con lluvia, granizo, aves, insectos, árboles, edificaciones, entre otras cosas, devuelven una parte de la energía emitida, lo que usualmente se llama eco. Al emitir energía, el radar puede medir dentro de las nubes, lo que le permite hacer una “radiografía” de las tormentas. Además, como se sabe cuánta energía emitió y cuánto tiempo demoró en recibir el eco, se puede generar una imagen con toda esta información. Al animar estas imágenes se observa la ubicación y la evolución de las lluvias y tormentas hasta 240 kilómetros del radar. Los productos de radar generados por el SMN también están disponibles en la página web.

¹ Aunque existen radares montados en satélites.

² Cobertura aproximada del radar.



Producto generado a partir de los datos medidos por el radar meteorológico ubicado en la ciudad de Córdoba. Se observan tormentas severas al sur de la capital provincial en colores rojos, violetas y blanco. El polígono naranja indica el área alertada por el Aviso meteorológico a Corto Plazo que se emitió desde el SMN a raíz de estas tormentas.



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.

« RADIO OCULTAMIENTO »

MUCHO MÁS QUE UNA PUESTA DE SOL

Te presentamos el método que está revolucionando la manera de conocer el estado de nuestra atmósfera: el radio ocultamiento GPS. En esta nota, te contamos cómo se utiliza la información del ocultamiento del Sol, la Luna, y los satélites para obtener información meteorológica.

↓
Por Rocío Seijas

LA IDEA BÁSICA DE UN RADIO OCULTAMIENTO ES OBSERVAR CÓMO LAS ONDAS DE RADIO EMITIDAS POR LOS SATÉLITES QUE SIRVEN PARA HACER FUNCIONAR EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) SE PROPAGAN EN LA ATMÓSFERA.

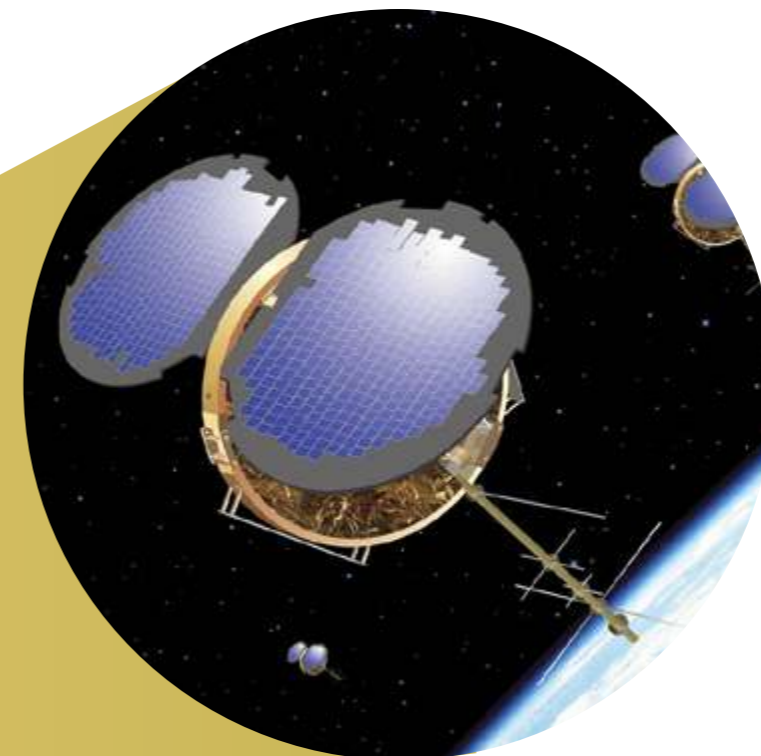
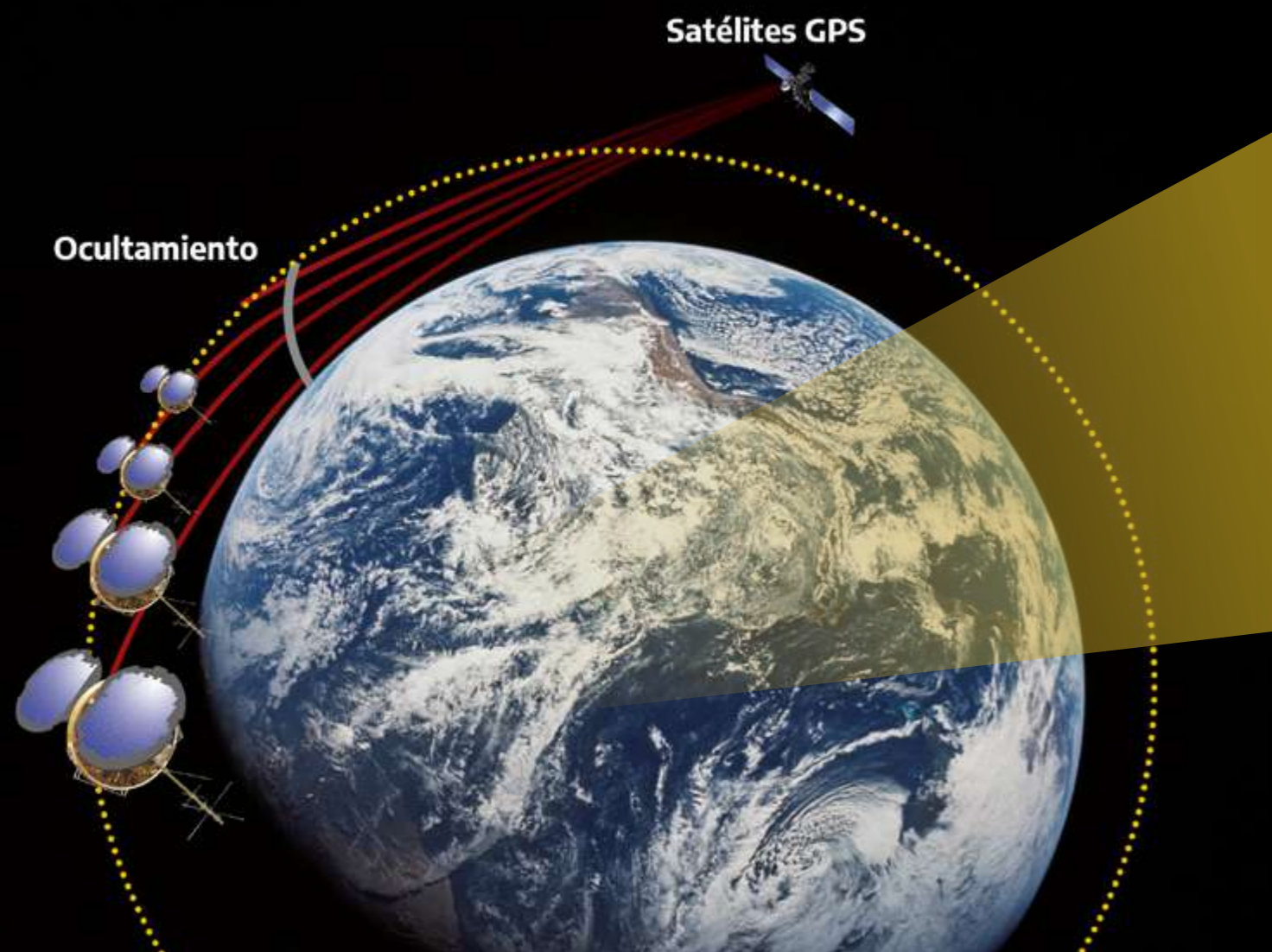
¿Sabías que además de darnos un lindo atardecer, el ocultamiento del Sol se puede usar para obtener algunos datos meteorológicos? El principio del radio ocultamiento satelital sirve para observar la atmósfera terrestre y el clima, aprovechando los ocultamientos bajo el horizonte tanto del Sol, de la Luna y de las estrellas como de los satélites artificiales de órbita baja (LEO, por sus siglas en inglés). En este último caso, se utilizan señales cruzadas entre satélites de baja altura y satélites de gran altura (GPS), o entre satélites GPS y un receptor en tierra.

La idea básica de un radio ocultamiento es observar cómo las ondas de radio emitidas por los satélites que sirven para hacer funcionar el Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) se propagan en la atmósfera. La trayectoria del rayo está asociada a una onda de radio entre un satélite de baja órbita y un satélite GPS, mientras se están ocultando mutuamente por interponerse la Tierra entre ambos, atraviesa la atmósfera y se desvía debido al espesamiento de la

atmósfera en las capas bajas. El ángulo de desviación del rayo se obtiene a partir de un cambio en el retraso de la señal GPS recibida por el satélite de órbita baja. En resumen, a partir de perfiles atmosféricos verticales y **de un modelo atmosférico, se obtienen indirectamente diversos parámetros: desde temperatura, presión, vapor de agua, aerosoles y agua líquida de las nubes hasta densidad electrónica ionosférica.**

¿ENTONCES, CÓMO FUNCIONA?

El GPS, el que tenemos cargado en el celular y en el auto, fue concebido para, a partir de posiciones familiares de sus satélites, determinar otras desconocidas de un receptor en tierra, mar, aire o en el espacio. La señal GPS está marcada con el tiempo en que es transmitida, de manera que un receptor sincronizado puede determinar lo que tarda en viajar dicha señal. La atmósfera terrestre degrada la señal introduciendo un error



en la determinación de posiciones. Este error, de acuerdo a su propósito original, es aprovechado para obtener información de propiedades de la atmósfera. La exactitud del sistema se basa en el hecho de que la señal está precisamente controlada por relojes atómicos.

¿DE QUÉ MANERA SE VIENE UTILIZANDO ESTE MÉTODO?

Ahora que ya sabemos qué estamos haciendo con este sistema, no nos queda más que delinear sus usos más recientes, esos que marcarán el futuro de esta técnica. Algunas de sus aplicaciones en la tropósfera demuestran que las observaciones son buenas para resaltar errores o sesgos del modelo numérico de pronóstico del tiempo, ya que la mayoría de las observaciones de radiación satelital requieren correcciones.

También tienen funciones de ponderación más nítidas en la vertical en comparación con las

radiancias y, por lo tanto, poseen buenas propiedades de resolución vertical. Con el radio ocultamiento GPS se pueden “ver” estructuras verticales que están en el “espacio nulo” del satélite, los resplandores. Por eso, a través de esta valiosa técnica podemos probar operadores de observación de refractividad y ángulo de flexión para estimar el contenido de información y la resolución vertical de las medidas.

El radio ocultamiento GPS también se utilizó para generar un estudio, con especial énfasis en Sudamérica y en particular la región de Cuyo, que fue llevado a cabo por diversas instituciones, como la Universidad Nacional de La Plata, la Universidad del Comahue y el CONICET, el Laboratorio Maggia. Gracias a este minucioso estudio, se demuestran patrones climatológicos globales y regionales, obtenidos con datos derivados de esta técnica. Luego, se analiza el efecto de un importante aspecto dinámico en la distribución de energía y cantidad de movimiento en la atmósfera baja y media: las ondas de gravedad interna y, en particular, las ondas de montaña. Según

el trabajo llevado a cabo por el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, se utiliza esta técnica con el fin de obtener una adecuada información de la distribución de ondas en la región de Cuyo. Los datos experimentales de radio ocultamiento GPS y de simulaciones numéricas, a escala regional en la zona de Cuyo y global, provenientes de los perfiles de radio ocultamiento, se complementan mediante simulaciones numéricas.

Si bien los perfiles verticales ya están siendo utilizados, hasta el momento solo se había probado su eficacia para las variables de la atmósfera media y alta. Los resultados obtenidos sobre la tropósfera permiten pensar que **esta técnica es capaz de distinguir, además, procesos meteorológicos promediados en el espacio o en el tiempo.** Mientras tanto, el comportamiento de la humedad en capas bajas queda bien descrito por los perfiles tanto en escala sinóptica como en climatológica y su evolución temporal resulta satisfactoria para ambas escalas.

Pero este no es el único estudio que hay en el país con esta técnica. Investigadores del CONICET e integrantes del Laboratorio MAGGIA, de la Universidad Nacional de La Plata, han desarrollado, probado y puesto en operación un sistema de monitoreo continuo de la atmósfera, combinando observaciones en tiempo real provistas por más de 100 satélites de posicionamiento global. El sistema produce mapas del estado de ionización instantáneo de la capa atmosférica conocida como ionósfera. Los datos satelitales son re-

cogidos por más de 200 estaciones de monitoreo, distribuidas por Centro y Sudamérica, el Caribe, África, Europa y la Antártida, las cuales son administradas por diversas agencias públicas (por ejemplo, por el Instituto Geográfico Nacional de Argentina).

Estos mapas pueden ser utilizados para mejorar la exactitud del posicionamiento satelital con receptores GPS/GNSS, así como también pueden ayudar en el pronóstico del estado de las altas capas de la atmósfera, especialidad conocida como “meteorología espacial” (*Space Weather* en inglés).

De ahora en más, cuando veas un atardecer, o sigas el movimiento de la Luna, también sabrás que nos cuentan mucho más de lo que nosotros soñamos. ¿Dónde nos llevará esta técnica en el futuro? Lo que sí sabemos es que vamos en camino a descubrirlo. ■

Esta técnica es capaz de distinguir, además, procesos meteorológicos promediados en el espacio o en el tiempo.

« HISTORIA DE LOS MODELOS »

LA MAGIA DEL PRONÓSTICO Y LA CIENCIA DETRÁS DE ESCENA

Todas las mañanas, al encender la radio o el televisor, se nos hace evidente cuán importante es estar al tanto del estado del tiempo. Pero, ¿qué mecanismos e historias operan detrás de un pronóstico? ¿Qué curiosidades y misterios se esconden también? Desde los distintos modelos meteorológicos hasta detalles que parecen salidos de un gabinete de mago, recorreremos estas bambalinas meteorológicas.

↓
Por Javier Salinas

Foto: Ruben Digilio



Foto: Miguel Ottaviano

No es difícil imaginar la importancia de prever ciertas situaciones en cualquier empresa u objetivo individual, grupal, familiar e incluso en misiones de diversa índole. Conocer el estado del tiempo a futuro sin dudas es clave para toda actividad social y económica. Casi no hay sector que escape a este requerimiento: desde lo más cotidiano, con la necesidad de saber cómo va a estar el día para ajustar el abrigo de nuestros hijos, hasta la previsión meteorológica que requiere un despachante de aeronaves para establecer una ruta o alternativa de aterrizaje.

Actualmente, podemos tener, en tan sólo un instante, información meteorológica a través de aplicaciones como *Windy* o *Rain Alarm* (dos apps muy populares en los smartphones, que muestran en el mapa estimaciones horarias), permitiendo que el público en general pueda, sin tener tantos conocimientos en la materia, lograr hacerse con una previsión más o menos acertada para el transcurso de los días siguientes.

¿QUÉ SE ESCONDE TRAS UN PRONÓSTICO?

El pronóstico es entonces la estimación de la evolución atmosférica en las horas, días o meses que siguen. Esto, sin duda, sería casi imposible sin el aporte de un modelo meteorológico. Pero, ¿qué se esconde tras un pronóstico?

La meteorología es un monolito estructurado en diversas ciencias, métodos y escalafones, e incluso un meteorólogo no necesariamente se encarga de hacer un pronóstico. Esta afirmación nos introduce en la complejidad que abarcan la meteorología, la elaboración de un pronóstico y un modelo meteorológico.

Cada área apoya y nutre un modelo meteorológico, pero particularmente en cada oficina de pronóstico del país se prepara una foto instantánea de las condiciones meteorológicas de un determinado tiempo y espacio, denominada “carta del tiempo”.

Esta instantánea es una especie de foto vieja que nace a partir de condiciones atmosféricas que probablemente ya hayan cambiado y, aunque rudimentaria, ya sirve para pronosticar. Las condiciones meteorológicas en superficie y en altura obedecen a principios físicos que, en teoría, pueden modelarse o preverse con antelación. El profesional encargado de realizarlo, en este caso, es quien analiza las diversas fuentes (observaciones de superficie, perfilados de radiosondeos, etc.) y modelos para elaborar un pronóstico oficial. El lector puede entonces en este punto inferir la gran ayuda que implican los sistemas informáticos para el cálculo y proyección de complejas operaciones.



PRONÓSTICOS Y MODELOS METEOROLÓGICOS

En Argentina se trabaja desde 1872 para brindar ese servicio fundamental que necesitamos todos los argentinos en nuestro día a día. Y aunque existan toda clase de “gurús” o referencias ligadas a nuestra cultura popular, como el dolor articular, la virgencita del tiempo, el presentador favorito “que siempre le pega”, la realidad es que existe detrás toda una maquinaria científica y técnica avalando en cada trazo la información oficial que brinda el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Podría decirse que el reto comenzó con las primeras ecuaciones que explican el comportamiento de la atmósfera. En sus primeras décadas, a pesar de estar en la vanguardia regional y mundial, el SMN se vio limitado en cuanto a herramientas tecnológicas. Sin embargo, **la primera carta del tiempo vio la luz a las 14:30 horas del 21 de febrero de 1902. Por esos años, los datos se transcribían sobre las entonces estaciones meteorológicas disponibles.** El pronóstico obtenido se limitaba a abarcar entre 6 y 8 horas aproximadamente y el único modelo disponible era el conocimiento científico y la experiencia que poseía la persona a cargo del pronóstico.

Impacta saber que faltaban aún más de 50 años para que se realizara el primer radiosondeo, que se llevó a cabo el 26 de septiembre de 1957 y que permitió obtener los “datos de altura”

(temperatura, humedad, viento), lo que representó sin dudas un gran avance para la fidelización y ampliación de los pronósticos, que contribuiría a futuro para la generación y posterior mejora de los modelos meteorológicos.

Luego de la Segunda Guerra Mundial, los países vencedores foguearon la necesidad de crear un organismo internacional que regulara la actividad aerocomercial: la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI). Evidentemente, fue menester mejorar la precisión, disponibilidad y cooperación de aquellos países que contaban con un servicio meteorológico. A nivel mundial, Suecia puso en práctica el primer pronóstico basado en modelos numéricos ya que en el año 1954 contaba con un ordenador rudimentario, conocido como “BESK”. Esto permitió obtener un modelo meteorológico que ampliaba y complementaba el alcance del pronóstico.

En nuestro país, el pronóstico manual se remonta a la aparición de la primera carta del tiempo (1902), pero **los modelos numéricos automatizados recién entraron en funcionamiento de manera experimental en 1983, cuando se producía una previsión a 24 horas. El SMN trabajó ya desde esa época con centros meteorológicos mundiales**, como el del Centro Europeo, lo que le permitió ampliar el alcance de las previsiones hasta 96 horas.

Un detalle no menor es que en Argentina empezaban recién en 1957 las tratativas para adquirir una computadora que sería destinada al Instituto de Cálculo, lo que se concretaría tres años después con la llegada de “Clementina”. Es



en este momento que en nuestro país comienza una etapa de automatización de procesos y ejecución de modelos, que se produce unas décadas más tarde que en los países más desarrollados.

LOS MODELOS NUMÉRICOS AUTOMATIZADOS RECIÉN ENTRARON EN FUNCIONAMIENTO DE MANERA EXPERIMENTAL EN 1983, CUANDO SE PRODUCÍA UNA PREVISIÓN A 24 HORAS.

TOQUES DE MAGIA

Como adelantamos en el título, el pronóstico también da lugar a ciertas notas místicas, que parecen provenir del reino de la magia. Existió, por ejemplo, una investigación que involucraba una base remota de Rusia en la Antártida, Vostok.

Los hombres del SMN, entre ellos el suboficial mayor D'Antiochia, supieron notar en ese tiempo, alrededor de 1970, que dicha base "presagiaba" las condiciones que luego serían dadas en el continente. Este evento sería entonces el descubrimiento e interpretación de un modelo meteorológico de la naturaleza descubierto a partir de observaciones y análisis de esa época. Hubo, incluso, un trabajo científico acerca del tema, presentado en 1979. Sin embargo, tiempo después la investigación fue abandonada misteriosamente. Tenemos entonces nuestras propias leyendas y misterios meteorológicos, que se suman al folclore cultural en torno al tiempo.

El SMN continuó creciendo y al día de hoy cuenta con una supercomputadora, conocida como *Huayra Muyu*, que posee una arquitectura de vanguardia, lo que permite realizar grandes volúmenes de cálculos a hiper velocidades. Así, se hace posible trabajar con modelos de alto desempeño, lo que a su vez repercute positivamente en la precisión de los pronósticos.

Pero la historia todavía no termina. De las primeras ecuaciones que permitían predecir el comportamiento atmosférico, llegamos ahora a llevar adelante complejas operaciones que persiguen la misma misión. La llegada de satélites y radares complementan hoy esta realidad compleja que contrasta con aquel humilde y valiente inicio de nuestro querido SMN, que mantiene intacto el compromiso con los argentinos y argentinas, con la ciencia y con la primera charla de la mañana. ■

EL SMN CONTINUÓ CRECIENDO Y AL DÍA DE HOY CUENTA CON UNA SUPERCOMPUTADORA, CONOCIDA COMO HUAYRA MUYU, QUE POSEE UNA ARQUITECTURA DE VANGUARDIA, LO QUE PERMITE REALIZAR GRANDES VOLÚMENES DE CÁLCULOS A HIPER VELOCIDADES.



« PRODUCTOS ESPECÍFICOS »

MUCHO MÁS QUE EL CORTO PLAZO

↓
Por Laura Aldeco

– Si bien los productos más populares del SMN son los relacionados con el pronóstico diario y los alertas, también se realiza una gran cantidad de productos, algunos no tan conocidos, orientados a diferentes usuarios. Estos productos sectorizados son vitales para que los usuarios puedan hacer tareas de planificación y así optimizar sus recursos.

NO TODOS LOS TOMADORES DE DECISIÓN TIENEN LAS MISMAS NECESIDADES, Y UNA FORMA DE EMPEZAR A DAR RESPUESTA ES IDENTIFICANDO LA O LAS ESCALAS DE LOS DISTINTOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS DE LOS CUALES NECESITAN CONOCER SU ESTADO Y EVOLUCIÓN.



Imaginemos que tenemos que planificar la siembra para la próxima campaña agrícola, ¿qué productos meteorológicos no podemos dejar de tener? O imaginemos en su lugar que nos tocó organizar un evento de fin de semana al aire libre con muchos invitados, ¿nos vendría bien tener el pronóstico a 3 meses o el diario y los alertas? En estos dos ejemplos, resulta bastante claro que no todos los tomadores de decisión tienen las mismas necesidades, y una forma de empezar a dar respuesta es identificando la o las escalas de los distintos fenómenos meteorológicos de los cuales necesitan conocer su estado y evolución.

Pero, ¿qué son las escalas en meteorología? Las utilizamos para separar los fenómenos meteorológicos de acuerdo a su extensión espacial (escalas horizontal y vertical) y a su duración en el tiempo (escala temporal). Los fenómenos que ocurren en la atmósfera tienen una duración que va desde los segundos hasta los varios días y, si incluimos al océano como parte del sistema, podemos tener fenómenos con escalas temporales de meses o incluso años. En cuanto a lo espacial, pueden ir desde unos metros hasta miles de kilómetros. Como ejemplo, se puede pensar en una tormenta convectiva, que tiene una duración de minutos y una extensión espacial de unos pocos kilómetros, con lo cual entra en lo que se denomina mesoescala. Por otro lado, si se piensa en un frente frío, un fenómeno que suele gestarse en varios días y afecta áreas más grandes, de cientos de kilómetros, pertenece a la escala sinóptica. En las más grandes, como la estacional y climática, se pueden encontrar fenómenos como El Niño Oscilación del Sur

(ENOS), cuya escala temporal es de meses y la espacial, de miles de kilómetros.

En resumen, fenómenos de escalas temporales largas se corresponden con escalas espaciales grandes y viceversa. Sin embargo, eventos de diferentes escalas suelen interactuar entre sí, lo cual nos da una idea de la complejidad del sistema.

Una vez que se tienen claras las extensiones espaciales y temporales de cada fenómeno meteorológico, resulta más sencillo identificar qué tipo de producto puede necesitar cada usuario específico, de acuerdo a su área de aplicación. Seguramente al sector aeronáutico no le resulta de mucha utilidad conocer el pronóstico trimestral, pero le resulta imprescindible el monitoreo y el pronóstico de aquello que pueda afectar al vuelo, es decir fenómenos de la mesoescala y/o de la escala sinóptica. Por otro lado, es importante tener en cuenta que no a todos los usuarios les va a servir saber el estado y el pronóstico de todas las variables meteorológicas, sino que pueden necesitar de algunas más específicas. Por ejemplo, el sector agrícola necesita variables que ayuden a describir el estado del suelo.

METEOROLOGÍA A MEDIDA

Además del pronóstico diario a corto plazo, un producto que es transversal a diferentes usuarios es el pronóstico trimestral.

Todos los meses, el SMN realiza una predicción de precipitación y temperatura para los próximos tres meses, como un promedio, indicando qué condiciones son las más esperadas (superior a lo normal, normal o inferior a lo normal). Este servicio se presenta en un evento, llamado reunión de tendencia climática, en el cual participan los usuarios interesados, quienes también hacen aportes desde sus distintas especialidades. Este pronóstico es útil para los sectores energético, agrícola, hídrico y turismo, entre varios, ya que los ayuda a tomar decisiones que pueden optimizar sus recursos (ver nota "Pronóstico Estacional: entre el tiempo y el clima". *Meteoros*. Número Pronóstico).

Pero como cada tomador de decisión tiene necesidades particulares, además de los ya mencionados, **el SMN desarrolló productos específicos orientados a cada usuario.** Por ejemplo, los relacionados con el estado del suelo están orientados al sector agropecuario, que además de contar con el pronóstico en diferentes plazos, necesita conocer la evolución de variables específicas, como evapotranspiración, almacenaje de agua, balance hídrico, humedad en el suelo, entre otras. Para estos usuarios se realizan monitoreos decádicos (promedios de 10 días), mensuales y trimestrales de las variables mencionadas, además de un monitoreo satelital de la cobertura vegetal con índices de vegetación. También se realiza diariamente un pronóstico en modo texto para las diferentes regiones agrícolas del país. A su vez, el SMN mantiene reuniones mensuales con diversos organismos e instituciones, llamada Mesa nacional

de monitoreo de sequías, coordinadas por la Red de Organismos Científico Técnicos para la Gestión del Riesgo de Desastres (GIRCyT). En estas reuniones, el SMN aporta información meteorológica como el monitoreo del Índice de Precipitación Estandarizado (IPE), entre otros productos.

Si vamos al sector de recursos hídricos, la variable estrella es la precipitación.

No solo es de interés la lluvia registrada en nuestro país, sino también la que ocurre en Paraguay, Brasil, Bolivia y Uruguay, dentro de la región perteneciente a la cuenca del Plata. Entre el SMN y el Consejo Hídrico Federal (COHIFE), que nuclea a los responsables de la hidrología de cada provincia, organizan mensualmente reuniones. En dichos encuentros se presentan productos de monitoreo y de pronóstico de precipitación a plazos que van desde un día hasta dos semanas para las diferentes cuencas. Otro usuario con el que se interactúa de forma rutinaria es el Instituto Nacional del Agua (INA), al cual desde el SMN se le envían datos observados y simulaciones hechas con un modelo hidrológico, cuyas salidas son utilizadas para realizar su propio monitoreo y pronóstico hidrológico.

Respecto al sector de energía, se elaboró un producto específico, consensuado con los usuarios: el monitoreo de los períodos cálidos y fríos que tienen lugar en las ciudades más densamente pobladas del país. Estos se establecen por umbrales de temperatura, tanto bajas como altas, a partir de los cuales aumenta el consumo energético.



En cuanto a los sectores marino y aeronáutico, el SMN brinda apoyo a ambos en forma de pronósticos sectorizados. En el caso del primero, se provee pronósticos diarios para el área denominada MetArea VI, para brindar apoyo a la seguridad de las embarcaciones que navegan por nuestros mares. Este área se extiende desde 20°O hasta 67,3°O, y desde 35,1°S hasta las costas antárticas. En cuanto al sector aeronáutico, uno de los productos que se producen es un pronóstico que se envía a través de un informe, donde describe las condiciones meteorológicas significativas y fenómenos potencialmente peligrosos para la navegación aérea, llamado PRONAREA. En ambos casos, el plazo de interés es corto, es decir el pronóstico entre las próximas horas y los siguientes días (ver nota “Mayday: Cuando algo no sale bien”. *Meteoros*. Número Transporte).

Por otro lado, hay productos que se generan o se activan en situaciones especiales, como por ejemplo una erupción volcánica. En este sentido, el SMN tiene a cargo uno de los nueve Centros de Aviso de Cenizas Volcánicas (VAAC por sus siglas en inglés) que existen en todo el globo, dado que hay una gran cantidad de volcanes que se concentran en Sudamérica, con la mayoría de ellos ubicados entre las fronteras de Chile y Argentina. Junto con distintos observatorios vulcanológicos de la región, el VAAC Buenos Aires realiza el monitoreo y pronóstico de evolución de las nubes de cenizas volcánicas cuando un volcán entra en erupción. El principal usuario de estos productos es la aviación civil y comercial, ya que la presencia de partículas en el aire puede afectar gravemente las aeronaves (ver nota “Un adversario en los aires”. *Meteoros*. Número Transporte).

Aquí se describieron solo algunos de los productos específicos, que el SMN elabora para diversos usuarios y en diferentes escalas. Tanto para los productos que se llevan a cabo de forma rutinaria como para los pedidos específicos por un evento particular, desde el organismo se hacen esfuerzos continuamente para satisfacer las necesidades de los tomadores de decisión.

Usuarios	Productos/variables	Escalas
Agrícola	Balance hídrico, humedad del suelo, índice de vegetación, evapotranspiración, temperatura y precipitación	Estacional, subestacional, sinóptica
Energético	Períodos cálidos y fríos	Estacional, subestacional, sinóptica
Hídrico	Precipitación en las principales cuencas	Estacional, subestacional, sinóptica
Marino	Pronóstico a corto plazo sobre plataforma continental y mar argentino para MetArea VI	Sinóptica
Aeronáutico	Pronóstico de fenómenos que afectan a la navegación aérea (PronArea). Pronóstico VAAC en caso de haber actividad	Sinóptica, mesoescala

PRUEBA SUPERADA: EL SMN EN LOS JJOO DE LA JUVENTUD

Algunos productos o servicios no se realizan asiduamente, sino que se gestan por algún requerimiento particular, como por ejemplo los Juegos Olímpicos de la Juventud (YOG por sus siglas en inglés), que en 2018 se realizaron por primera vez en Buenos Aires. Con el objetivo de proveer pronósticos personalizados para brindar apoyo durante este evento, en 2017 el SMN firmó un convenio con el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, a cargo de la organización de los mismos. Gracias a un trabajo conjunto, se llegó a un consenso con los referentes deportivos de las diferentes disciplinas, quienes brindaron información acerca de qué fenómenos meteorológicos afectan más a cada una de ellas y a partir de qué umbrales, ya que son determinantes a la hora de decidir si se realiza o no una actividad. Como resultado, se generaron pronósticos a siete días, con resolución horaria para el día 1 de plazo, tri-horaria para los días 2 y 3 y cada 12 horas para los días 4 al 7. Los pronósticos se actualizaban dos veces por día, y se incluían las variables relevantes para cada disciplina, para todas las sedes del YOG. Sumado a esto, a primera hora de la mañana la persona a cargo del pronóstico enviaba un mensaje de voz a los organizadores comentando la situación y condiciones meteorológicas esperadas para el día en curso. Además, el pronóstico iba acompañado de colores de acuerdo a los valores de la variable pronosticada: verde, amarillo, naranja y rojo. Por otro lado, para facilitar la vigilancia con sensores remotos, se regionalizó el radar de Ezeiza a un área que abarcara todas las sedes. Para facilitar la visualización de estos productos, se desarrolló una página web destinada a los usuarios. La experiencia fue muy positiva para los organizadores del evento y resultó todo un desafío para las áreas Coordinación de Pronósticos Regionales (CPR) y Coordinación de Pronósticos Inmediatos (CPI), del cual salieron más que airosos.

Más información: <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/983>





« OFICINA DE PRONÓSTICO »

EL TIEMPO EN EL TIEMPO

↓
Por Nicolás Rivaben

—
La mejora continua de los pronósticos no sólo viene de la mano de más y mejor tecnología, mayor conocimiento de los fenómenos implicados, sino también del trabajo colaborativo e interdisciplinario orientado a la comunicación del riesgo. La meteorología del futuro llega con nuevos aliados.

¿SABIÁS QUE?

Ningún vuelo que se realice en la República Argentina puede salir sin los pronósticos "TAF" de las Oficinas Meteorológicas de Aeródromo (OMA) ni tampoco sin las alertas meteorológicas aeronáuticas (SIGMET) emitidas por las Oficinas de Vigilancia Meteorológicas (OVM). Cualquier piloto que desee volar hacia y desde la República Argentina debe saber las condiciones meteorológicas futuras en vuelo mediante la información brindada por los pronosticadores aeronáuticos de todo el país



El pronóstico del tiempo siempre ha sido el lado más conocido de la meteorología. Pero, ¿qué cambios ha tenido con el correr de los años? Como en todo camino, siempre hay un comienzo.

Desde principios del siglo XX, se recolectaban datos de todo el país a través del sistema telegráfico de los ferrocarriles y se enviaban a la antigua central de comunicaciones. Allí se juntaba toda la información que procedía de las estaciones meteorológicas de superficie y, luego, de los primeros lugares de radiosondeo: Ezeiza, Córdoba, Resistencia, Mendoza y Comodoro Rivadavia.

Ya a mediados de la década del 40, con el nombre de Servicio Meteorológico Nacional, se establece el camino definitivo del dato y se sentarán las bases de los sistemas futuros de pronóstico, utilizando las modernas líneas telefónicas de entonces.

HACER EL PRONÓSTICO, MÁS QUE UN DESAFÍO

Conocer el estado de la atmósfera siempre ha sido un desafío. ¿Pero cómo se hacía antes, sin computadoras, ni internet ni modelos numéricos? En primer lugar, debemos empezar por el inicio: las comunicaciones; desde el telégrafo hasta internet.

Un ejemplo de este gran salto tecnológico es el que relata Claudio Mattio, en su momento pronosticador nocturno. Su primer trabajo fue en el

Centro Regional de Telecomunicaciones: “Todo funcionaba a través de 30 teletipos que concentraban los datos de las cinco regiones de vuelo y del sur de Sudamérica. En 1987 ingresó la primera computadora, dando lugar al inicio de la era del silencio en el séptimo piso del SMN”.

Un piso más abajo, una serie de oficinas constituían el centro neurálgico del organismo en esos años, y recibían los datos de comunicaciones. **Jorge Leguizamón, técnico meteorólogo y recién llegado al SMN a mediados de los 70, precisaba: “Era puro movimiento ese piso y requería gran esfuerzo de muchas personas en conjunto para cumplir con los tiempos.** Incluso era un desafío obtener las imágenes satelitales para el pronóstico cada tres horas. Solo para eso se necesitaban al menos tres personas para poner a calibrar la imprenta y los puntos de latitud y longitud contra accidentes notables, como patrones geográficos reconocibles en el sur de Bolivia”.

Siguiendo el análisis de Leguizamón, el proceso de pronóstico estaba a cargo de cuatro oficinas bien diferenciadas:

↳ **Antártida:** Implicaba la labor de personas a cargo del pronóstico y auxiliares para realizar el ploteo de la carta hemisférica y análisis circumpolar, a fin de detectar las ondas de Rossby y los patrones de circulación asociados que tuvieran impacto en el sur de Sudamérica, utilizando los datos de las estaciones antárticas. También se realizaba el pronóstico para las bases del continente blanco.

YA A MEDIADOS DE LA DÉCADA DEL 40, CON EL NOMBRE DE SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL, SE ESTABLECE EL CAMINO DEFINITIVO DEL DATO Y SE SENTARÁN LAS BASES DE LOS SISTEMAS FUTUROS DE PRONÓSTICO, UTILIZANDO LAS MODERNAS LÍNEAS TELEFÓNICAS DE ENTONCES.

↳ **Satélite:** El área técnica procesaba las imágenes de los primeros satélites GOES y satélites polares. Se utilizaban grandes imprentas con acetato y ácido. El grillado era artesanal y debía hacerse con mucha precisión.

↳ **Central de análisis:** Era una de las entidades más importantes del pronóstico. El pronosticador o la pronosticadora principal realizaba el análisis de superficie regional, mientras que auxiliares hacían las cartas a distintas alturas (850, 700, 500 y 250 hPa), utilizando datos de radiosondeo.

↳ **Pronóstico de superficie:** Lo realizaban las personas a cargo del pronóstico con más experiencia. Consistía en el ploteo y graficado de líneas de igual presión, separadas entre sí cada 3 hPa, buscando fenómenos de mesoescala. Además, realizaban alertas meteorológicas las 24 horas así como los pronósticos para la navegación marítima y fluvial. El pronóstico se hacía de manera gráfica, utilizando las técnicas de pronóstico isalobárico (tendencias de presión) y por extrapolación, lo que permitía establecer el movimiento de los sistemas en un plazo de un día.

Cabe destacar, además, que en esta época el trabajo estaba fuertemente jerarquizado y se distinguían tres clases:

↳ **Clase 1 (M1):** profesionales que analizaban los mapas de superficie cada 5 hPa a nivel regional. Con los mapas de 500 hPa y de 1000 hPa, elaboraron las cartas de espesores, la carta más difícil de elaborar en esa época.

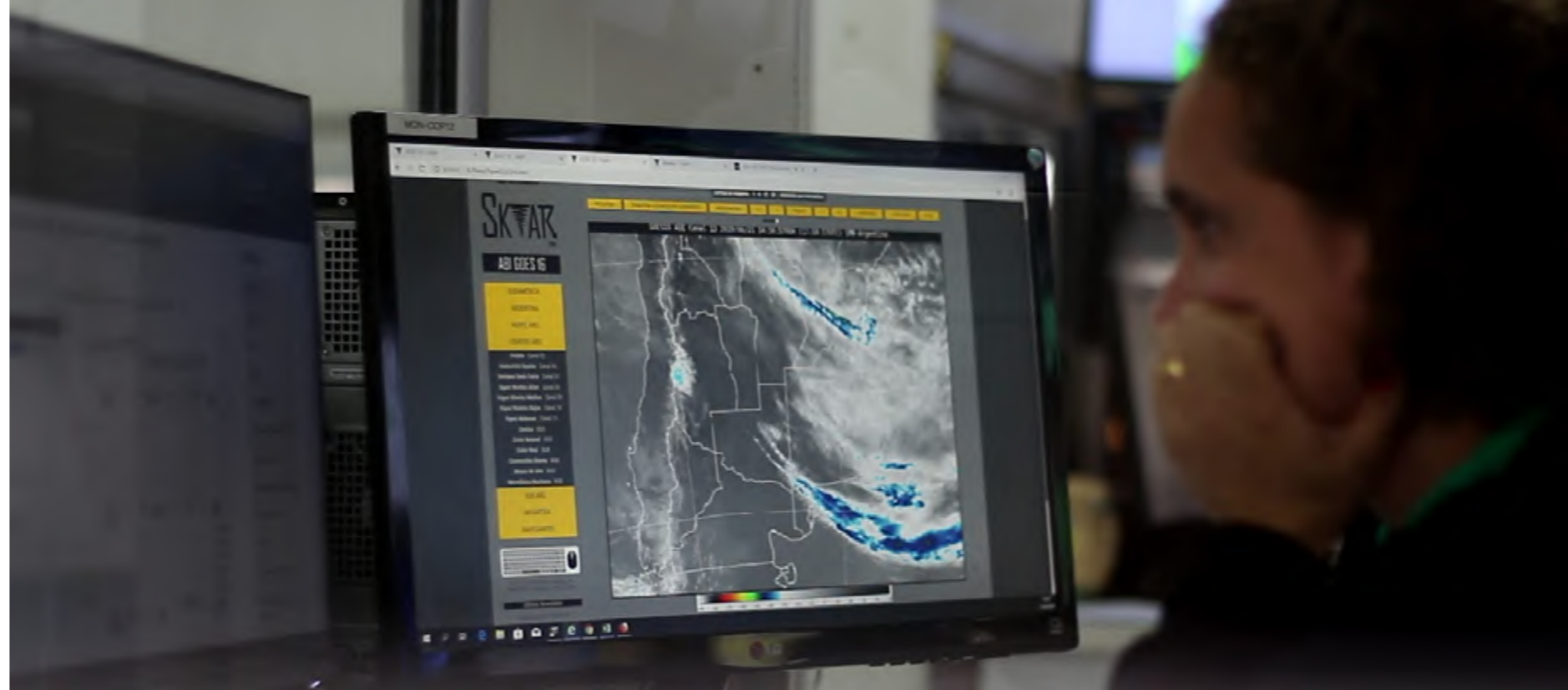
↳ **Clase (M2):** pronosticadores y pronosticadoras auxiliares, a cargo de las cartas de 850, 700, 500 y 250 hPa.

↳ **Clase (M3):** auxiliares de pronóstico.

Adriana Gutiérrez, auxiliar de pronóstico, cuenta: “Éramos la mano derecha del pronosticador. Todo lo que se indicaba, lo ejecutábamos nosotros, desde la provisión de insumos hasta la difusión de los pronósticos en inglés”.

Por otra parte, la técnica de pronóstico era muy difícil de llevar a cabo. “La oficina de pronóstico de superficie, sin la ayuda de los modelos numéricos, para pronosticar más allá de 24 horas, era jugar a los dados”, recordaba Alicia Cejas, coordinadora de Pronósticos Regionales. Todo se hacía por interpolación y extrapolación gráfica.

En ese entonces, era fundamental la experiencia: se usaban todo tipo de índices y dichos para tratar de comprender las situaciones meteorológicas. Entre las más conocidas se encontraban:



↘ La *curva de D'Antiochia*, creada por el pronosticador antártico Roberto D'Antiochia. Consistía en analizar la serie de temperatura de la estación rusa Vostok y ver cuándo se alcanzaba un mínimo. Cuando el mínimo era muy marcado, se esperaba que 10 días después llegara una irrupción polar muy fría a la zona central del país.

↘ "Isobara que cruza por Marambio y Buenos Aires, irrupción de aire antártico". Tal como dice el dicho, si en el análisis de las cartas de superficie encontrábamos que una isobara unía Marambio con Buenos Aires, era de esperar una serie de días muy fríos en la región.

↘ Análisis del milibar por milibar. Consistía en el análisis de las cartas utilizado una separación muy pequeña, en torno a 1 hPa (1 milibar), para encontrar discontinuidades de mesoescala que permitieran la formación de sistemas convectivos de mesoescala, como las líneas de inestabilidad y fenómenos descubiertos más tarde (entre los que se encuentran los bow-echos).

"El gran cambio se inició a fines de los 80, cuando se instaló la primera computadora, una Burroughs, utilizando el programa COBOL, para graficar las cartas y correr el primer modelo barotrópico de dos niveles", precisaba Mattio. A partir de 1995, se implementaron los ploteos semiautomatizados que permitieron eliminar mucha carga de trabajo a la oficina.

A partir de este salto tecnológico, el sexto piso fue reconvertido en dos grandes departamentos como indica Gustavo Techoueyres, ex-pronosticador de altura de la antigua Central de Análisis y actual pronosticador de Coordinación de Pronósticos Regionales.:

↘ **Procesamientos Automatizados:** concentraba toda la labor de la antigua Central de análisis, realizaba las cartas, base de datos, desarrollos y ejecutaba los modelos numéricos requeridos para pronóstico.

↘ **Centro Meteorológico Nacional (CMN):** absorbía a la antigua oficina de pronóstico de superficie y satélite, denominada División Vigilancia Meteorológica por Sensores Remotos (VMSR). A partir de 1998, el CMN se encargó del Centro de Avisos de Cenizas Volcánicas (VAAC) y desde 2010 hasta 2019 estuvo a cargo de VMSR.

En 2019, el sector de sensores remotos se convierte en la Coordinación de Pronósticos Inmediatos (CPI) y todo el área de pronósticos para el usuario quedó englobada dentro de la Coordinación de Pronósticos Regionales (CPR). Ambas coordinaciones quedan dentro de la Dirección de Pronóstico del Tiempo y Avisos que hereda las áreas de sensores remotos y pronóstico para los usuarios.

NUEVAS TECNOLOGÍAS AL SERVICIO DEL PRONÓSTICO

Con la llegada de las primeras computadoras, se producen avances tecnológicos muy grandes en lo que concierne al pronóstico. Es entonces donde aparecen los primeros modelos numéricos:

↘ **Modelo ARPE:** oriundo de Australia, fue adaptado a nuestra región por el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA-CONICET). A mediados de 1998 comenzó a correrse en forma experimental utilizando como inicialización el análisis objetivo extendido a 10 niveles desarrollado en el Departamento de Procesos Automatizados del Servicio Meteorológico Nacional, basado en datos convencionales propios del SMN y no convencionales provistos por el Centro Mundial de Washington, corregidos en tiempo real en el mencionado Departamento. A partir del 1 de enero de 1999, el modelo reemplazó definitivamente al modelo regional baroclínico de 5 niveles que se utilizaba como operativo hasta ese momento.

↘ **Modelo ETA:** Denominado así por la coordenada vertical 'eta', fue desarrollado por el Instituto Hidrometeorológico de Yugoslavia y la Universidad de Belgrado (Mesinger and Janjic, 1974). A partir de 1980 fue adaptado para utilizar un esquema de advección horizontal de Arakawa (Janjic 1984). Luego fue adaptado e implementado en el SMN por el Dr. Héctor Ciappesoni en el nuevo Departamento de Procesos Automatizados (DPA) del SMN.

Luego, hacia 2012 se produce un nuevo salto en pronóstico con la adopción del uso del modelo Investigación y Pronóstico Meteorológico (WRF por sus siglas en inglés) en su versión SMN, un modelo numérico de muy alta resolución, que permite pronosticar actividad convectiva y las distintas variedades de tormentas de hasta 48 horas en el noreste del país. En 2017 se extiende a todo el país a 72 horas, reemplazando al antiguo modelo ETA y a partir del 2019, con la adquisición de un Centro de Cómputos de Alto Rendimiento (HPC) a través del proyecto CyTAlerta, se ejecuta un sistema de pronóstico por ensambles en alta resolución.

El último hito del pronóstico fue la adopción del Sistema de Alerta Temprana (SAT), que utiliza, en tiempo real, varios modelos numéricos de diferentes centros, además del WRF, y sus respectivos ensambles (ver nota "Un sistema de alerta adaptado a las necesidades de la población". *Meteoros*. Número Pronóstico y la "Nota técnica SMN N°124"). ■

PRONÓSTICOS EN EL AIRE

El pronóstico con los pies en la tierra siempre es un desafío. Pero, ¿y el pronóstico de los cielos?

El pronóstico es un elemento clave en la industria aeronáutica y su desarrollo ha ido de la mano de los avances tecnológicos. Los mismos fueron similares a los del pronóstico oficial, pero su organización está descentralizada a través de regiones de vuelo, cada una con su oficina meteorológica.

“Las oficinas de pronóstico son el frente de batalla del SMN en los aeropuertos”, señala Roxana Vasques Ferro, directora de Meteorología Aeronáutica (DMA). En este sentido, se distinguen cuatro tipos de dependencias del SMN en los aeródromos:

↳ **Oficinas de Vigilancia Meteorológica:** realizan la vigilancia y el alerta de fenómenos peligrosos para la navegación aérea de la región de vuelo. Se encargan de avisar a los pilotos que se encuentran en vuelo y/o despachantes de la existencia de estos peligros.

↳ **Oficinas Meteorológicas de Aeródromo:** realizan pronósticos y vigilancia de un/os aeródromo/s en particular. Avisan de la ocurrencia de fenómenos peligrosos para el despegue, aterrizaje y actividades en rampa, como maleteros y carga de combustible.

↳ **Oficinas de Información Meteorológica:** su objetivo es brindar información a los usuarios aeronáuticos locales.

↳ **Estaciones Meteorológicas Aeronáuticas:** realizan observaciones meteorológicas aeronáuticas y brindan información sobre el estado presente de la atmósfera en el aeropuerto.

“Se debe tener en cuenta que nuestro servicio es H24 los 365 días del año”, precisa Vasques Ferro. “Además tenemos uno de los 9 Centros de Avisos de Cenizas Volcánicas del mundo (VAAC por sus siglas en inglés). La misma tiene la vigilancia de los volcanes en las aerovías internacionales entre 10°S y el polo sur; y entre 10°W y 90°W”.



DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

— La mejora continua de los pronósticos no sólo viene de la mano de más y mejor tecnología, mayor conocimiento de los fenómenos implicados, sino también del trabajo colaborativo e interdisciplinario orientado a la comunicación del riesgo. La meteorología del futuro llega con nuevos aliados.

↳ Por Carolina Cerrudo



La atmósfera está en constante evolución, así como el desarrollo de las capacidades para predecirla. El pronóstico del tiempo ha logrado un gran progreso durante las últimas décadas, impulsado por la investigación, el desarrollo de una infraestructura cada vez más sofisticada, sistemas computacionales y de observación, y por las expectativas y demanda de los usuarios de la información meteorológica.

En la actualidad, nuevos desafíos se presentan de cara a los avances tecnológicos, el uso e integración de diferentes y numerosas fuentes de información, y las necesidades de los usuarios de hacer frente a amenazas múltiples. Dentro de dichos desafíos se encuentra la mejora en la predicción en distintas escalas de tiempo y en el cálculo de la incertidumbre de los pronósticos, la comunicación e interpretación de la información meteorológica, y la cuantificación de los impactos que los fenómenos meteorológicos tienen en la sociedad.

Estos nuevos desafíos vienen de la mano de cambios de paradigma en la forma de pensar y comunicar los pronósticos.

Por un lado, el uso de algoritmos de inteligencia artificial tiene el potencial de optimizar tiempos de cálculos computacionales e identificación de patrones.

Por otro lado, el concepto de *predicción sin discontinuidades* o *predicción sin costuras* propone dejar de pensar de forma aislada los pro-

nósticos de corto, mediano y largo plazo, para pasar a una provisión de productos en distintas escalas de tiempo más integrada, consistente, independientemente del método utilizado o de los tiempos de entrega involucrados. Por su parte, *los pronósticos basados en impacto* proponen un cambio de foco: ya no concentrarse únicamente en la evolución del tiempo meteorológico, sino también en incluir información sobre el impacto que ese fenómeno pronosticado tendrá en el terreno, es decir, “lo que el fenómeno meteorológico hará”.

Las mejoras en el suministro de información meteorológica deben traducirse en un mejor uso de esta información en la toma de decisiones. Esto viene dado tanto por un mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos, como también por la co-producción de los productos y servicios de forma interdisciplinaria y con los usuarios de la información.

EL APRENDIZAJE DE LAS MÁQUINAS

El avance tecnológico ha permitido que las máquinas sean capaces de imitar el razonamiento humano, lo que se conoce como inteligencia artificial. Lo que la diferencia de otros programas computacionales es que no hay que programarla específicamente para cada escenario, sino que la computadora procesa ciertos datos y aprende de ellos. Cada nuevo conocimiento adquirido en las sucesivas tareas se va acumulando.

En términos generales existen dos grandes ramas. Por un lado, se encuentra el aprendizaje automático (*machine learning*), que consiste en que las personas entrenen a las máquinas para reconocer patrones basados en datos y hacer sus predicciones. Por otro lado, el aprendizaje profundo (*deep learning*) es un subconjunto del anterior en el que la máquina es capaz de aprender por sí misma. El filtro del correo basura o las recomendaciones de Instagram o Netflix son ejemplos de la aplicación de inteligencia artificial. Gracias a la masividad que ha adquirido la utilización de redes sociales, las empresas hacen uso de esta tecnología para definir perfiles de usuarios a partir de la información que los mismos usuarios comparten.

Otro ejemplo de algoritmo de inteligencia artificial es el de reconocimiento de patrones en imágenes. A partir de un conjunto de datos de entrada, el programa aprende a clasificar la información y puede reconocer patrones concretos en futuras imágenes. Es así como luego de una cierta cantidad de fotos, Google puede etiquetar automáticamente a las personas en las fotos futuras. De forma análoga, puede aplicarse un algoritmo similar para reconocer patrones de fenómenos meteorológicos severos en imágenes de radar y satélite. **Por otro lado, esta tecnología tiene la potencialidad de corregir los errores sistemáticos de los modelos computacionales de pronóstico, contribuyendo a su mejora.**

Actualmente existen proyectos de investigación colaborativos entre el Servicio Meteorológico Nacional, la Universidad de

Buenos Aires y la Universidad Nacional del Nordeste, que tienen como objetivo el desarrollo de este tipo de herramientas. Juan Ruiz, investigador del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, explica que “en la actualidad se están realizando esfuerzos para desarrollar técnicas de inteligencia artificial para reducir y cuantificar la incertidumbre de los pronósticos junto con su costo computacional”. Y agrega que “también se está trabajando en el desarrollo de métodos de inteligencia artificial para detectar patrones de tiempo severo sobre la base de imágenes de radar meteorológico y para la estimación de precipitación, basándose en información de satélite”. Asimismo, en el contexto del proyecto PREVENIR de colaboración entre instituciones de ciencia y técnica en Argentina y en Japón, también se está contemplado la implementación de sistemas de inteligencia artificial para el pronóstico a muy corto plazo sobre la base de datos de radar.

Debido al gran aumento del volumen de la información provisto por los modelos numéricos de pronóstico y los sistemas de observación, es cada vez más difícil poder procesar en tiempo y forma dicha información. En este sentido, “la inteligencia artificial puede ayudar a identificar patrones complejos y de interés en conjuntos de datos masivos, liberando al pronosticador de tareas que cada vez consumen más tiempo y se vuelven más complejas”, destaca Ruiz, y concluye: “la inteligencia artificial es una herramienta para potenciar la labor de los pronosticadores”.



TIEMPO VS. CLIMA: DE LOS MINUTOS A LOS MESES

Históricamente, ha habido una clara división entre el tiempo meteorológico y el clima, aunque para ambos se usan herramientas numéricas similares para prever su evolución. Por un lado, la predicción del tiempo hace referencia a lo que ocurrirá en un plazo desde unas pocas horas hasta un máximo de diez días. El pronóstico del clima, por el otro, se refiere a la predicción de las fluctuaciones climáticas promediadas durante un trimestre o más.

Actualmente se está produciendo una convergencia, impulsada por las necesidades de los usuarios que naturalmente tienen lugar en un continuo de escalas de tiempo y espacio. En este sentido, la predicción *sin discontinuidades* propone la provisión de productos y servicios desde el muy corto y corto plazo (horas – diez días), hasta la trimestral, cubriendo también el período subestacional (hasta cuatro semanas). La inclusión del intervalo de tiempo subestacional contribuye a disminuir la brecha entre el tiempo y el clima.

Este cambio de perspectiva representa una gran oportunidad para ayudar a los tomadores de decisión, ya que la provisión de pronósticos con diferentes plazos de entrega es relevante para diferentes tipos de decisiones. Por ejemplo, un pronóstico estacional podría ser de utilidad para la elección de plantación de un determinado tipo de cultivo, mientras que los pronósticos subestacionales podrían ayudar a programar el riego y los pesticidas/fertilizantes.

En el contexto del sector humanitario y la gestión de riesgo de desastres, el Instituto Internacional de Investigación para el clima y la sociedad (IRI por sus siglas en inglés) y la Cruz Roja desarrollaron un enfoque llamado Ready-Set-Go (Preparados-Listos-Ya) para la integración de esta información en el proceso de toma de decisión. Dicho enfoque plantea para cada instancia un conjunto de acciones a llevar a cabo a partir de la provisión de los pronósticos en distintos plazos de tiempo:

↳ **PREPARADOS:** dado el pronóstico estacional, dispara el monitoreo de los pronósticos subestacionales y a corto plazo. Actualización de planes de contingencia, entrenamiento de voluntarios, sensibilización de la comunidad, habilitar sistemas de alerta temprana.

↳ **LISTOS:** dado el pronóstico subestacional, continuar con el monitoreo de los pronósticos a corto plazo. Alertar voluntarios, advertir a las comunidades, actividades de preparación a nivel local.

↳ **YA:** dado el pronóstico a corto plazo, desplegar voluntarios, distribuir instrucciones en las comunidades, evacuar si es necesario.

El ejemplo anterior pone en evidencia que para que esta información sea de utilidad es necesario adaptarla según las necesidades de los usuarios finales, y comunicarla de forma tal que permita su integración directa en el proceso de toma de decisiones.

HACIA UNA MEJOR PERCEPCIÓN SOCIAL DEL RIESGO

Los impactos de diversos fenómenos hidrometeorológicos provocan múltiples víctimas e importantes daños materiales en los bienes, la infraestructura y el medioambiente, que conllevan consecuencias económicas adversas para las comunidades. Muchas veces, a pesar de la emisión en tiempo y forma de los pronósticos, se producen efectos nocivos por falta de comprensión del riesgo. Uno de los motivos puede encontrarse en la brecha existente entre las predicciones de fenómenos hidrometeorológicos y la comprensión de sus posibles impactos, tanto por parte de los organismos de gestión de riesgos como por parte de la población en general.

Es así como surge la necesidad de realizar un cambio comunicacional en la provisión de los servicios de pronóstico del tiempo, dentro de un contexto más amplio, como es el caso de la comunicación del riesgo. El riesgo no sólo está dado por la peligrosidad del fenómeno meteorológico en sí, sino también por la vulnerabilidad y exposición de la población frente al fenómeno. En este sentido, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) promueve un cambio de paradigma en la prestación de servicios de los servicios meteorológicos, que consiste en el paso de la predicción meteorológica tradicional (esto es, centrada en el fenómeno meteorológico) a pronósticos y avisos que tienen en cuenta los impactos (es decir, lo que el fenómeno meteorológico va a producir en la sociedad).

El desafío comunicacional radica en poder emitir avisos que tengan en cuenta los impactos de los fenómenos. A modo de ejemplo, en lugar de decir “se prevén tormentas con fuertes ráfagas de viento superiores a 100 Km/h” se diría “se prevén tormentas con fuertes ráfagas de viento superiores a 100 Km/h, las cuales podrían ocasionar daños en los árboles y las líneas eléctricas”.

Incorporar información de impacto en los servicios meteorológicos y climáticos tiene el potencial de mejorar la comprensión sobre los efectos adversos de los fenómenos y hacer más efectiva la toma de decisión. Pero poder realizar un cambio de dichas características implica no solamente un ajuste desde el punto de vista discursivo, sino también incorporar la retroalimentación de los receptores de

la información. Diversos estudios demuestran que la inclusión de distintos tipos de información, como impactos y recomendaciones, en los sistemas de alerta temprana favorece una toma de decisión que resguarda la vida y los bienes de la población.

La mejora de la comprensión de los posibles impactos de los fenómenos hidrometeorológicos extremos es un reto tanto para los servicios meteorológicos como para sus organismos asociados (por ejemplo, los organismos de emergencias). Por este motivo, es necesario abordar el problema de forma multidisciplinaria, siendo condición necesaria una estrecha colaboración entre organismos. El cambio de paradigma comunicacional propuesto no se puede llevar a cabo sin un proceso de co-producción con los usuarios.

Involucrar a los usuarios en los procesos de elaboración de los productos o servicios contribuye a la creación de confianza entre instituciones, favorece el mejor entendimiento del mensaje y la apropiación del conocimiento, lo que conlleva a una toma de decisión mejor fundamentada. ■

EL DESAFÍO COMUNICACIONAL RADICA EN PODER EMITIR AVISOS QUE TENGAN EN CUENTA LOS IMPACTOS DE LOS FENÓMENOS.

◀ EN PRIMERA PERSONA ▶

Entrevista a Eugenia Kalnay

CON EL CORAZÓN APUNTANDO AL SUR

↓
Por Laura Aldeco

Eugenia Kalnay es una meteoróloga argentina cuyo trabajo fue fundamental para la mejora de los pronósticos numéricos del tiempo. Inició su carrera en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad de Buenos Aires (UBA), pero una serie de hechos oscuros de nuestra historia la impulsaron a emigrar muy joven y continuar su carrera en Estados Unidos. Allí fue becada en el prestigioso Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT por sus siglas en inglés), en donde se convirtió en la primera mujer en obtener un doctorado en Meteorología. Si bien intentó un retorno a su querida Argentina, los años turbulentos de

la dictadura de los 70 la hicieron desistir y volver a partir, primero a Uruguay y más tarde a los EEUU. Una vez allí, no le costó mucho insertarse en el mundo laboral del país del norte: trabajó en la Administración Nacional Aeronáutica y Espacial (NASA por sus siglas en inglés), a cargo del área de Pronóstico Numérico desarrollando un modelo de pronóstico numérico global. Años más tarde trabajó como directora del Centro de Modelado Numérico en la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés) y luego fue directora del Departamento de Meteorología de la Universidad de Maryland.

Eugenia, quien recibió numerosas distinciones, es una apasionada de la meteorología, nunca se quedó quieta y continúa trabajando en proyectos para mejorar los pronósticos del tiempo. En esta nota tenemos el honor de entrevistarla y hacer un repaso de su vida dentro de la meteorología y en sus propias palabras.



› **¿CÓMO ELIGIÓ LA CARRERA? ¿SIEMPRE LE GUSTÓ LA METEOROLOGÍA?**

En realidad, empecé a estudiar Física en la FCEN, lo que me llenó de alegría porque estudiar ciencias en la facultad me gustaba mucho. Mi mamá, que era viuda y de pocos recursos, leyó en el diario que el SMN iba a crear una competición de becas para estudiar y competir por trabajar ahí. Mi mamá correctamente pensó que sería más fácil conseguir trabajo como meteoróloga, ya que estaban buscando estudiantes de la carrera. Así que tuve la suerte de que mi mamá me haya cambiado de carrera, sin preguntarme, algo que nunca tuve que lamentar, sino todo lo contrario, el resto de mi vida. En realidad, nunca hubiera pensado que iba a salir bien en este examen muy competitivo, pero resultó, para mi gran sorpresa, ¡que salí primera en esa difícil competición!

› **¿CÓMO FUE SU EXPERIENCIA COMO ESTUDIANTE DE METEOROLOGÍA EN LA UBA DURANTE LOS 60?**

Fue maravillosa. Los profesores eran buenísimos, clarísimos, y nos enseñaban muy bien. Yo estaba muy feliz, pero todo eso cambió con el golpe militar en 1966, que lo destruyó todo. Nos fuimos de la Argentina tras esto. Después de conseguir mi doctorado en el MIT, queríamos volver al país, pero los militares todavía gobernaban, y entonces nos fuimos al Uruguay, que tenía todavía democracia. Los uruguayos también eran muy buenos con nosotros, y pasa-

mos dos años felices hasta el golpe de estado en 1973 en Uruguay. Así que con mi esposo, Alberto Rivas, y mi hijo nos volvimos a Estados Unidos, donde mi marido consiguió una pasantía en el Departamento de Lingüística, y tuvo la increíble oportunidad de que el profesor Noam Chomsky lo conociera y lo aceptara como alumno ese mismo año. ¡Así que Alberto Rivas hizo su doctorado en lingüística con Chomsky!

› **¿CÓMO FUE SU PRIMERA APROXIMACIÓN AL MODELADO NUMÉRICO?**

Empecé a trabajar en la FCEN, como ayudante en matemática y física. Me gustó mucho la oportunidad que me dio el SMN de aprender a largar desde la superficie radiosondas a sus alturas máximas. Mi primera aproximación al modelado numérico fue en la UBA, con la computadora llamada Clementina, la primera de Latinoamérica. Teníamos que escribir todos los programas en cintas de papel perforado.

› **¿QUÉ LA MOTIVÓ A IRSE A OTRO PAÍS? ¿HUBO UNO O VARIOS FACTORES DETERMINANTES?**

Nunca me hubiera ido de la Argentina si no hubiera sido por “La Noche de los Bastones Largos”. En junio del 1966, un golpe militar derrocó al presidente Arturo Illia, que había apoyado la educación y las ciencias. Los militares revocaron ilegalmente la libertad académica que el sistema universitario había tenido desde 1918. La noche del 29 de julio,

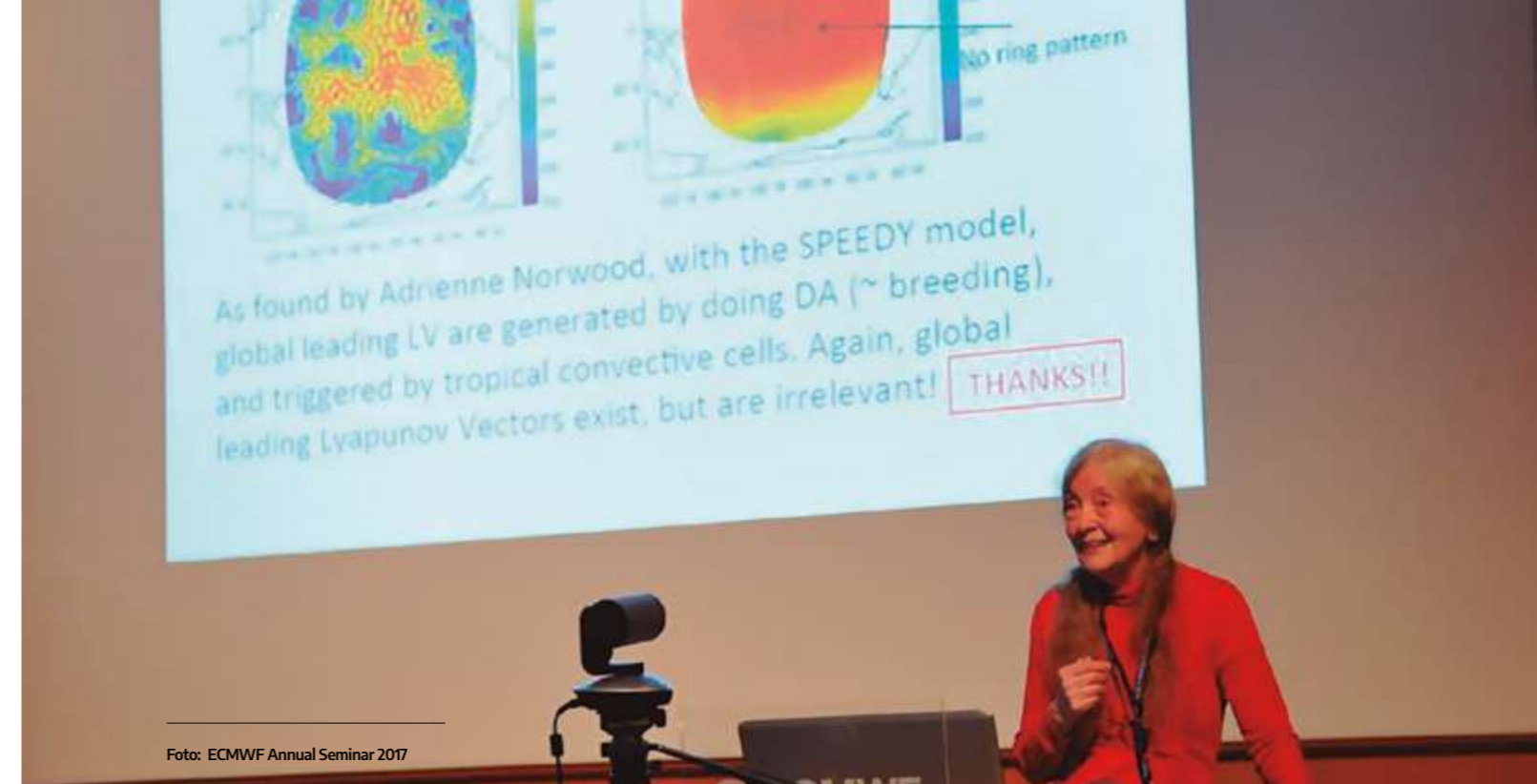


Foto: ECMWF Annual Seminar 2017

muchos estudiantes y profesores fueron a la facultad en la calle Perú para defenderla, y el decano Rolando García nos previno que la Policía Federal iba a venir y que podría ser muy violenta. A mí me dio mucho miedo, así que salí de la facultad y volví a mi casa antes de que llegara la policía, que fue muy brutal. El decano fue golpeado y decidió con sus colegas aceptar las invitaciones de Chile, Uruguay, Venezuela y otros países latinos de dar trabajo a los profesores que habían renunciado. Muchos estudiantes y profesores que se fueron se hicieron luego muy famosos en Estados Unidos y en Europa. Rolando García me aconsejó que fuera al MIT y estudiara con Jule Charney, a quien me recomendó como alumna. Si no hubiera sido por La Noche De los Bastones Largos y la dictadura militar, yo no me hubiera ido de la Argentina. Planeaba regresar cuando volviera la democracia, pero dada la próxima dictadura militar y las desapariciones, incluyendo muchos estudiantes de la facultad, no quise volver después de eso.

› **¿CÓMO FUE LA EXPERIENCIA EN EL MIT Y SER LA PRIMERA MUJER EN CURSAR UN DOCTORADO EN METEOROLOGÍA EN DICHA INSTITUCIÓN?**

Me acuerdo que en la FCEN, en Argentina, alrededor del 30% de los alumnos eran mujeres, así que me imaginé que en el MIT, en Estados Unidos, un país mucho más rico y avanzado, serían más o menos la mitad. Pero para mi gran sorpresa, fui la primera estudiante mujer que obtuvo un doctorado en Meteorología, y

también la primera mujer seleccionada como profesora en la misma disciplina del MIT. También, en esa época, en el Instituto de Cálculo de la UBA, la profesora de Matemática Rebeca Cherep de Guber era la secretaria ejecutiva, y dirigió la instalación y desarrollo de Clementina, ¡y tenía asistentes que eran hombres! Similarmente, la jefa de programación que dirigía la aplicación de Clementina era una mujer, Cecilia Berdichevsky, y también tenía como asistentes a varios hombres. Esta situación era imposible de imaginar en Estados Unidos en esa época. Además, el primer lenguaje de computación en la Argentina fue escrito por mujeres. Argentina estaba mucho más adelantada con respecto a los derechos de las mujeres.

Creo que Argentina era mucho más avanzada que los Estados Unidos en el tema de educación de los estudiantes. En Buenos Aires, en general nos ayudábamos los unos a los otros en estudiar y entender los materiales para que todos saliéramos bien en los exámenes. En contraste, me sorprendió ver que en MIT los estudiantes eran más competitivos y no se ayudaban entre sí.

Además de ser la primera mujer estudiante, fui también la primera estudiante que quedó embarazada. Tenía miedo de que los profesores se enojaran conmigo porque yo ya había sido becada dos años como estudiante. Fui a almorzar con Norm Phillips, un profesor muy famoso, y decidí contarle. Se quedó callado por unos minutos y después me dijo: “Entonces, desde ahora vas a ser creativa de dos maneras diferentes”, lo que fue increíblemente reconfortante para mí.

› **LUEGO TRABAJÓ EN LA NASA Y MÁS ADELANTE EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO DE ESTADOS UNIDOS, EN CARGOS ALTOS EN AMBOS LUGARES. ¿CÓMO FUERON AMBAS EXPERIENCIAS?**

Trabajé en la NASA, en el Centro de vuelo espacial Goddard, bajo la dirección del Dr. Milton Halem, quien fue mi mentor y generosamente me enseñó lo que debía aprender para dirigir la sección de pronóstico numérico. Él me invitó a que trabajara el nuevo modelo global (de cuarto orden) que yo le había propuesto pensando que sería más eficiente.

Ahí desarrollé un modelo atmosférico global de cuarto orden (y no de segundo, como se usaba en esa época). Yo tenía la esperanza de que el nuevo modelo fuera no solo más rápido sino también más correcto que el modelo de Arakawa. Como esperaba, resultó ser más preciso en los pronósticos, pero también más eficiente: era unas dos veces más rápido que el de Arakawa.

Después, me fui a la NOAA, donde me invitaron a dirigir el grupo que desarrollaba las mejoras en los modelos usados para el pronóstico operacional. El modelo de cuarto orden fue luego usado por la NASA durante 10 años para testear el impacto de observaciones de satélites en ambos hemisferios y para experimentos de pronóstico.

› **DESDE QUE SURGIERON LOS PRIMEROS MODELOS NUMÉRICOS HASTA EL DÍA DE HOY, HAN TENIDO AVANCES A PASOS AGIGANTADOS, PERO SABEMOS QUE TODAVÍA FALTA. ¿QUÉ ES LO QUE SE NECESITA PARA MEJORARLOS AÚN MÁS?**

Creo que lo más importante en este momento es agregar la asimilación de observaciones en la superficie de los océanos, de manera que se incorporen todas las observaciones posibles sobre las superficies terrestres, marítimas y de la atmósfera que son accesibles. Tengo dos excelentes estudiantes que están trabajando en esto: Cheng Da, que viene de China y me bromeó que se sintió obligado a estudiar asimilación de datos (que en inglés se escribe "DA") porque su apellido es Da, y una estudiante, Chu-Chun Chang, quien estudió en Taiwán con una de mis primeras excelentes alumnas, Shu-Chih Yang. Estos dos alumnos han encontrado mejoras significati-

vas de pronóstico agregando asimilación de observaciones sobre el océano.

› **¿QUÉ MOMENTOS DE SU CARRERA RECUERDA CON ESPECIAL AFECTO? ¿POR QUÉ?**

Recuerdo con especial afecto a mis profesores, compañeros, y amigos en la facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Tuve la suerte de tener profesores (y especialmente profesoras, quienes eran la mayoría en Meteorología), incluyendo al increíble Rolando García. Me siento especialmente agradecida a la Argentina por haberme dado una educación científica excelente y completamente gratuita. En contraste, en Estados Unidos, los alumnos reciben una buena educación, pero cuyo costo es enorme y crece más con el tiempo, de manera que resulta demasiado cara para muchos, y así los estudiantes terminan de graduarse con una deuda enorme que tienen que pagar por el resto de sus vidas. Es difícil para mí entender cómo el gobierno de los Estados Unidos puede permitir que se cargue a los estudiantes jóvenes con deudas enormes que los castigan simplemente por haber estudiado. Esto no ocurre en Argentina, ni en países de Europa, como, por ejemplo, Alemania.

› **SI BIEN EMIGRÓ MUY JOVEN, ¿EXTRAÑA ALGO DE NUESTRO PAÍS?**

¡Sí, por supuesto! Lo extraño mucho: incluyendo los bifés, y especialmente el compañerismo y la ayuda mutua entre los estudiantes, los profesores y los colegas científicos.

› **EN EL 2009 RECIBÍ EL PREMIO DE LA ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, ¿CÓMO SE SINTIÓ AL RECIBIR EL GALARDÓN?**

Recibí en 2009 el premio de la OMM, el más alto que hay en meteorología. Por supuesto, me dio gran alegría, y con esa alegría le dediqué el premio al Dr. Rolando García, a quien Jule Charney identificó como la persona más responsable del enorme éxito que el programa de FGGE (First GARP Global Experiment, Primer Experimento de Pronósticos del tiempo) había tenido en el mundo entero, y a quien tuve el honor de tener como profesor en Argentina y en el Uruguay, donde nos acogieron muy generosamente. En mi conferencia al

aceptar el premio, propuse por primera vez la necesidad de incluir al sistema humano en los modelos del sistema de la Tierra, debido a que los impactos de los humanos ahora dominan los procesos físicos del planeta.

› **¿EN QUÉ ESTÁ TRABAJANDO ACTUALMENTE?**

Además de trabajar en asimilar los datos de los océanos, con mi ex alumno (Dr. Safa Motes-harrei), y otros colegas y estudiantes, estamos estudiando el impacto que el sistema humano tiene sobre el sistema terrestre. Este impacto aumenta rápidamente, afectando el cambio de clima y muchas otras cosas. Nuestro primer modelo del sistema acoplado de los seres humanos y la naturaleza fue publicado con el nombre HANDY (Human And Nature DYnamics) y ha tenido mucha publicidad.

› **¿QUÉ LES DIRÍA A LOS JÓVENES QUE HOY PIENSAN EN ESTUDIAR METEOROLOGÍA, PERO NO SABEN SI VAN A TENER UN CAMPO AMPLIO DE INVESTIGACIÓN O QUÉ APORTE PUEDEN LLEGAR A HACER EN ESTA RAMA DE LA CIENCIA?**

Les diría que se animen a estudiar Meteorología y la ciencia climática, ya que es una disciplina sobre la cual nunca se van a encontrar con alguien que les pregunte: "¿Y esto para qué sirve?" Todo el mundo sabe que es una ciencia extraordinariamente útil, ya que permite hacer pronósticos del tiempo, y que con el pasar de los años los mismos se hacen cada vez más precisos. Similarmente, con el cambio de clima que los seres humanos están causando, la climatología se va a hacer más importante. Estas dos ciencias podrían ayudar, por ejemplo, a aumentar la producción agrícola o prepararnos para eventos extremos climáticos o del tiempo.

También le agradecemos a María Eugenia Dillon por hacer el nexo con Eugenia Kalnay.

EL SMN Y SUS DESAFÍOS EN EL TIEMPO

↓
Por Daniela Castro

El 150 aniversario de la creación del organismo es un momento oportuno para reflexionar acerca del camino transitado y también para pensar y definir sus desafíos a futuro, en el tiempo. Esos desafíos recorren dos rumbos: la soberanía y el desarrollo de la Argentina, y el cambio climático.

UN POCO DE HISTORIA

El antecedente del SMN es la Oficina Meteorológica Argentina (OMA), creada a través de la ley N° 559, el 4 de octubre de 1872, a instancias del Poder Ejecutivo cuya presidencia era ejercida por Domingo Faustino Sarmiento. La OMA, en aquel momento, dependía del Observatorio Nacional Argentino, situado en Córdoba, y fue una de las primeras en el mundo. El objetivo estuvo centrado en dos ejes: "formar un sistema regular de observaciones meteorológicas en toda la República" (artículo 1) y "hacer ejecutar convenientemente dichas observaciones y elaborar sus resultados, disponiéndolas para su publicación regular, con los comentarios y explicaciones conducentes" (artículo 2). Un hito para destacar en la historia institucional del SMN lo representa la creación del observatorio magnético de la estación Orcadas en la Antártida en 1904.

Posteriormente, y durante décadas, el SMN estuvo en la órbita de la Fuerza Aérea Argentina, donde funcionó hasta 2006, momento en que se dispuso su transferencia al Ministerio de Defensa, como organismo descentralizado.

Desde el siglo XIX y hasta nuestros días, el SMN trabajó y trabaja en la realización de observaciones y en la elaboración de datos, información, pronósticos meteorológicos, perspectivas climáticas y alertas. Desde hace 150 años, **genera conocimiento para nuestro país y también para el mundo.**



Daniela Castro Secretaria de Investigación,
Política Industrial y Producción para la
Defensa, Ministerio de Defensa.

LA AGENDA DE TRABAJO HOY

El SMN es un organismo de carácter científico técnico e integra el Consejo Científico Tecnológico de la Defensa (COCITDEF) y el Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICyT), espacios donde desempeña un rol activo, aportando conocimientos y actuando bajo una lógica que apuesta a la **multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad y la interinstitucionalidad**.

Por otra parte, pero también en el marco de la interinstitucionalidad, el SMN cumple un rol fundamental en el Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil (SINAGIR), interactuando con nueve áreas de otros ministerios; en el Programa de Gestión Integral de los Riesgos en el Sector Agroindustrial Rural (GIRSAR); en el Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME) y en el Gabinete Nacional de Cambio Climático (GNCC), a fin de generar y aportar conocimientos para la toma de decisiones, que permitan implementar medidas, oportunamente, frente a eventos extremos de alto impacto para proteger a la ciudadanía y las comunidades.

Con una estructura para las observaciones de fuerte anclaje territorial -en todas las jurisdicciones y en la Antártida- y un carácter federal, **el SMN es el organismo proveedor de servicios con características de bien público**. Entre los productos y servicios que ofrece el SMN, se encuentran los siguientes: concentrador o proveedor de información (red propia y de terceros), elaboración de datos (calibración

y estandarización de información, ranking de temperatura, estadísticas climáticas), pronósticos (avisos de corto plazo, semanal, trimestral, radiación solar, Sistema de Alertas Temprana), modelos numéricos (precipitación, viento, nubosidad, precipitación acumulada, temperaturas mínima y máxima), y otros, como la meteorología aeronáutica y los pronósticos relativos al movimiento de cenizas volcánicas en casos de erupciones.

El SMN **realizó 5.403.253 operaciones durante 2021**, lo que da cuenta del volumen de sus acciones. Estas fueron, principalmente, pronósticos al público, observaciones de superficie y productos para el sector aeronáutico.

Finalmente, y en referencia a la agenda de trabajo de carácter internacional, el SMN integra la Organización Meteorológica Mundial (OMM), donde ejerce la vicepresidencia primera. Desarrolla actividades de investigación conjunta con instituciones y servicios meteorológicos de Japón, Francia, Finlandia, y España, realiza intercambio de información y desarrollo de servicios con Brasil, Paraguay, Uruguay, Bolivia y Chile entre otras acciones. Es para subrayar su acción en el proyecto PREVENIR (Predicción Numérica Hidro-Meteorológica y Alerta Temprana para Ciudades Vulnerables y Densamente Pobladas), en cooperación con Japón, y el proyecto interregional para aumentar la capacidad de mediciones de alta calidad de gases de efecto invernadero junto a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), en el marco del Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA, por sus siglas en inglés).

LA SOBERANÍA Y EL DESARROLLO ARGENTINO

El SMN tiene un desafío estratégico, que consiste en **profundizar el aporte de conocimientos y en fortalecer su carácter de servicio** en pos de la soberanía y el desarrollo de Argentina. El trabajo científico técnico realizado por el organismo agrega valor y sustenta decisiones. Por su parte, el volumen de datos y el *know-how* acumulado a lo largo de los años representan pilares para el desarrollo del país. La producción de información accesible y de calidad vinculada tanto al territorio nacional como a zonas oceánicas adyacentes son claves para el desarrollo sostenible.

En el marco de la interinstitucionalidad, el SMN cumple un rol fundamental en el Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil (SINAGIR), interactuando con nueve áreas de otros ministerios

EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático genera que los fenómenos meteorológicos relacionados con el tiempo, el clima y el agua, sean cada vez más extremos. Aquí el desafío del SMN es, en primer lugar, fortalecer sus capacidades en la toma de datos y en la provisión de información básica y elaborada para la agenda de la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático. En segundo lugar, lograr un esquema de innovación permanente dentro del organismo, que permita que el sistema de alerta temprana se halle a la vanguardia. En este sentido, un desafío a escala regional, para el SMN, consiste en tomar un rol protagónico en el proyecto de desarrollo de un satélite geoestacionario meteorológico regional.

A 150 años de la creación del Servicio Meteorológico Nacional, sus desafíos pueden sintetizarse en: **visión, servicios, transformación, proyección y conocimiento**. Desafíos en pos de la soberanía y el desarrollo de nuestro país. En este especial aniversario, la Argentina se enorgullece de contar con un organismo de primer nivel internacional, con un equipo de trabajo caracterizado por el profesionalismo y el compromiso. Un SMN con grandes desafíos en el tiempo.

Fuente consultada

MINNITI, Edgardo, PAOLANTONIO, Santiago. "Oficina Meteorológica Argentina". Córdoba estelar, Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba, 2013. Observatorio Magnético de la Base Orcadas del Sur. Boletín Mensual. Mayo 2017. <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/494>



Foto: Koji Miyawawa

—
En estos 150 años, nuestro organismo fue pionero y líder en más de una iniciativa. En esta nota, hacemos un repaso de los principales hitos que posicionan al SMN en la esfera mundial.

PLANO INTERNACIONAL

MÁS ALLÁ DE LAS FRONTERAS

➤ Por Valentina Rabanal

La meteorología ha preocupado a los seres humanos desde el comienzo de los tiempos. Ya Tales de Mileto, en el 600 A.C., puso el ojo en los cambios en la atmósfera para predecir una buena cosecha. Esta historia fue narrada 250 años más tarde por Aristóteles, a quien se lo considera el padre de esta disciplina gracias a su libro *Meteorológica*.

Mucha agua (en todos los tipos de precipitación) tuvo que pasar bajo el puente para llegar desde aquellas primeras versiones de los pronósticos a la actualidad. Las sucesivas conquistas tecnológicas llevaron a la creación de instrumentos para medir y registrar los fenómenos meteorológicos, modelos para pronosticar y, más acá en el tiempo, satélites para conocer nuestra atmósfera desde arriba.

Cuando en 1872 se creó la Oficina Meteorológica Argentina (OMA), la comunidad internacional ya estaba comenzando a organizarse. Y aunque el comportamiento de la atmósfera

ya era un tema de estudio en muchas instituciones y universidades, no fue hasta 1873 que, durante el primer congreso meteorológico mundial, se estableció la Organización Meteorológica Internacional (OMI) para darle un marco a la investigación y los avances que estaban teniendo lugar.

PIONERO EN MÁS DE UN ASPECTO

De la mano de Sarmiento y Gould, en 1872 la OMA se convirtió en el primer organismo dedicado a la meteorología no solo en Sudamérica sino en todo el hemisferio sur. Y desde sus primeros años, su trabajo y visión traspasaron las fronteras de Argentina. Uno de los primeros hitos fuera del continente es sin dudas la llegada a la Antártida en 1904. Con la inauguración del observatorio meteorológico y



Foto: Emiliano Petruzzi



Pero el liderazgo de Argentina continuó. Es miembro de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) desde que se creó y reemplazó a la OIM en 1950.

geomagnético Orcadas del Sur se inició una presencia permanente que ya lleva 118 años. A esta primera estación le siguieron muchas otras y hoy el SMN se encuentra en seis puntos del continente blanco, con algunas de sus estaciones reconocidas como referencia por la calidad de los datos y la extensión de la serie en el tiempo.

A NIVEL INTERNACIONAL

El periodo entre la Primera y Segunda Guerra Mundial vio un renacer de la OMI y de la colaboración entre países en términos de investigación y desarrollo de la meteorología. Durante una conferencia de directores en 1929, se puso en evidencia el carácter eurocentrista que había predominado por décadas. Esto llevó a la creación de comisiones regionales para una mayor cooperación entre estados vecinos.

En 1937 tuvo lugar la primera reunión de la Comisión Regional III, que hoy engloba a Argentina, Uruguay, Brasil, Chile, Colombia, Guyana, Ecuador, Venezuela, Perú, Bolivia y Paraguay, Surinam y Guayana Francesa. En este primer encuentro, el entonces director del actual SMN, Alfredo Galmarini, fue elegido presidente.

Pero el liderazgo de Argentina continuó. Es miembro de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) desde que se creó y reemplazó a la OIM en 1950. A comienzos de este siglo, Miguel Ángel Rabiolo, quien estuvo a cargo del SMN entre 2004 y 2007, fue elegido vicepresidente tercero de la OMM. **En 2019, el SMN volvió a la**

primera línea del liderazgo internacional cuando su directora, Celeste Saulo, fue elegida vicepresidenta primera. Previamente había ocupado el rol de vicepresidenta segunda y fue la primera mujer en llegar a ese cargo.

SERVICIOS PARA LA REGIÓN

Una gran porción de los productos que se generan en Argentina están dirigidos a usuarios nacionales. Pero en paralelo a los distintos pronósticos, el SMN provee servicios y es la sede en Sudamérica de engranajes importantes para el desarrollo de la meteorología.

Desde fines de los años '60, el SMN es el responsable del Centro Regional de Telecomunicaciones (CRT Buenos Aires). Allí se recopilan los mensajes procedentes de los servicios meteorológicos e hidrológicos asociados y se los transmite hacia el centro mundial correspondiente. En el marco del programa de Vigilancia Meteorológica Mundial, el CRT Buenos Aires realiza monitoreos integrales y se encarga de mantener actualizado el catálogo de boletines meteorológicos.

La historia del Centro Regional de Formación (CRF) se remonta a 1966, cuando la OMM lo estableció en nuestro organismo con el objetivo de formar al personal de los servicios meteorológicos de Sudamérica. Históricamente, en el CRF se dictaban cursos semipresenciales de mayor extensión, como el de observador y el de inspector, avalados por la OMM.

Con la finalidad de garantizar la calidad de los datos meteorológicos a través de la calibración y mantenimiento periódico del instrumental, se creó el Centro Regional de Instrumentos. **El SMN cuenta con un conjunto de instrumentos "patrón" y establece la trazabilidad de sus propias mediciones cuidando el cumplimiento de las normas internacionales.** Pero no solo de datos convencionales se trata: en el Observatorio Central de Buenos Aires (OCBA), también conocido como *Villa Ortúzar*, se encuentran los centros regionales de calibración de instrumentos utilizados para medir variables como ozono superficial, ozono total y radiación UV. Cada cuatro años, OCBA es sede de una intercomparación en la que se calibran y se contrastan cada uno de ellos con sus pares de la región.

A fin de satisfacer las necesidades de aquellos sectores que realizan actividades en áreas oceánicas, **el SMN tiene la responsabilidad de proporcionar cobertura meteorológica a la METAREA VI**, que se extiende desde los 35° 50' sur hasta las costas antárticas y desde el meridiano 20° 00' oeste hasta la longitud del Cabo de Hornos. Aunque la división en áreas es relativamente reciente, el SMN brinda apoyo meteorológico a las embarcaciones que navegan nuestros mares desde 1932.

Si miramos lo que ocurre en el aire, no podemos dejar de lado a la sede Buenos Aires del Centro de Avisos de Cenizas Volcánicas (VAAC por sus siglas en inglés). Desde 1998, el SMN es el hogar de uno de los nueve VAAC que existen en el mundo. Su área de responsabilidad incluye más de 150 volcanes, la mayoría en la frontera Chile-Argentina.

En 1872, Argentina pasó a la historia como uno de los primeros países en crear un organismo científico-técnico dedicado a la meteorología. 150 años más tarde, el SMN es un servicio meteorológico *internacional*. ■

EL SMN PROVEE SERVICIOS Y ES LA SEDE EN SUDAMÉRICA DE ENGRANAJES IMPORTANTES PARA EL DESARROLLO DE LA METEOROLOGÍA.

Bibliografía consultada

- Organización Meteorológica Mundial (1973). *Cien años de cooperación internacional en meteorología (1873-1973): reseña histórica*.
- Servicio Meteorológico Nacional (2005). *133 años de meteorología en el país*.
- Revista Meteoros*, edición N° 8 "Meteorología y transporte" (2021).

« CAPACITACIONES »

SEGUIR APRENDIENDO, SIEMPRE

¿Cómo se forman profesionales y técnicos de la meteorología? En nuestro SMN, la capacitación también tiene su historia y su recorrido. En esta nota, andamos los caminos de quienes, día a día, apuestan a seguir instruyéndose y del área que lo hace posible.

↓
Por Teresa Ibarzabal y Donangelo

UN POCO DE HISTORIA

Si de capacitación hablamos, nuestro trayecto comienza en 1966, cuando la Organización Meteorológica Mundial (OMM) creó su primer Centro Regional de Formación (CRF) en Buenos Aires, para el ámbito de Sudamérica, formado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Con una cobertura que se extiende a todos los países de habla hispana de la región, el departamento de capacitación del SMN fue designado como responsable de la formación para esta misma zona. Este centro se encarga de la preparación, organización y supervisión de cursos, talleres, pasantías, seminarios y conferencias.

TODO SE TRATA DE OBJETIVOS

El propósito de nuestro CRF es el de la formación relacionada con la meteorología de nivel inicial e intermedio, según la clasificación más actual de la OMM. Es para este fin que dictamos los distintos cursos, talleres, seminarios, pasantías, conferencias y muchas otras actividades, siempre pensadas para potenciar la formación y actualización de los conocimientos de profesionales y técnicos en meteorología de los países de la región. **Históricamente, se desarrollaron cursos semipresenciales de mayor extensión, como el de observador y el de inspector, avalados por la OMM.**

NUEVOS RUMBOS ONLINE

Inicialmente, antes de la llegada de internet, el curso de observador meteorológico de superficie se dictaba por correspondencia. Al estudiante se le entregaban libros con una típica portada amarilla, con los que se guiaba en el proceso de aprendizaje, que completaba con las prácticas en la estación meteorológica más cercana, en cualquier parte del país.

Pero a partir del 2008, para lograr un grupo de trabajo entre el centro de capacitación y las estaciones meteorológicas, implementamos la comunicación online y por correo electrónico con el resto de las estaciones que no tenían acceso fluido a internet. Este cambio nos dio la posibilidad de crecer en muchos sentidos:

↳ Pudimos sumar mayor presencia de observadores y observadoras en todo el país, ya que las estaciones que colaboraban con el CRF eran alrededor de 70, más de la mitad del total.

↳ Logramos homogeneizar la capacitación, porque al no tener una coordinación, cada una implementaba su propia forma de instrucción y coríamos el riesgo de tener diferentes conceptos sobre un mismo tema. La práctica de la observación, como sabemos, debe basarse en una metodología estándar para evitar así diferencias que no sean atribuibles únicamente a la fluctuación de la variable. En el pasado se han detectado diferentes metodologías entre observadores, incluso entre quienes estaban asignados a una misma estación meteorológica.

↳ Pudimos dar lugar a la consulta permanente de dudas, lo que nos permitió minimizar errores.

↳ Establecimos la coordinación entre estudiantes y estaciones meteorológicas, y llevamos adelante un seguimiento de asistencia y desenvolvimiento.



MÁS RECURSOS EN LA WEB Y LAS REDES

Con el auge de las redes sociales, en 2009 incorporamos la herramienta de Facebook, que fortaleció la interacción entre CRF, estación meteorológica y estudiantes. También permitió el intercambio de material, imágenes, fotos de fenómenos, nubes, y una comunicación a nivel país con quienes participaban.

En 2010 sumamos el software Skype como nuevo recurso para conversar con estudiantes y poder explicar algunos temas más complejos. Esta incorporación les facilitó la tarea que realizaron como corolario del curso: las monografías de 35 estaciones meteorológicas con directivas precisas para ser incorporadas al historial de cada una de ellas. **El trabajo incluyó información que se remontó hasta la creación de la estación, consultando medios de comunicación, fotos del campo de observación y del personal actual y las características del instrumental.** En los diferentes procesos del curso, actualizamos los manuales y logramos un formato digital para poder cambiar la dinámica de dictado.

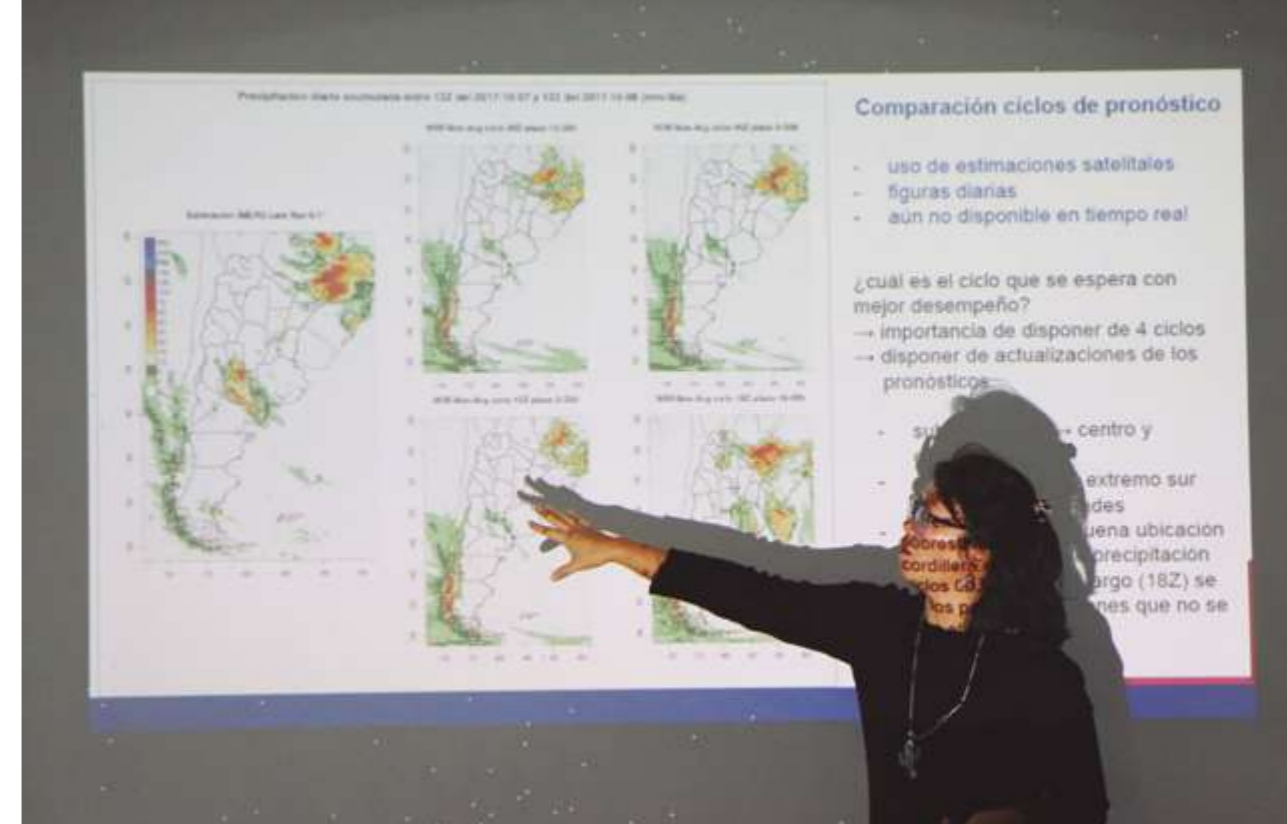
Con esta nueva metodología se recibieron más de cien estudiantes por cohorte, y de todo el país. Y no solo eso: ese primer grupo de Facebook, llamado Observador Meteorológico, que era únicamente para esos cien estudiantes, actualmente está abierto al público y constituye una gran comunidad de más de 9 mil integrantes.

FORMACIÓN DE INSPECTORES METEOROLÓGICOS

Anteriormente hablamos de los cursos más extensos, entre ellos el de inspector meteorológico. El primero de esta clase se dictó en Argentina en 1946. Se trataba de un año de encuentros presenciales y, en su mayoría, los participantes eran del área metropolitana de Buenos Aires. Desde 1946 hasta 2004, egresaron 42 inspectores; de ese total, fueron 32 quienes realizaron la versión de dos años.

En 2018, la última camada de inspectores marcó un hito en la capacitación del SMN. Fue un curso diseñado con un contenido de 22 módulos y un trabajo final en grupo. Al ser virtual, logramos cubrir 28 unidades meteorológicas a lo largo y ancho del país. Así fue cómo, a **mediados del 2020 y luego de 23 años, el SMN sumó al historial 39 inspectores.**

Este año comenzamos con la segunda edición del curso, con un total de 25 participantes, y una nueva estrategia de formación continua: así, modificamos la periodicidad de dictado, con el objetivo de cubrir las provincias restantes.



CAPACITAR PARA LA ANTÁRTIDA

Otra de las capacitaciones que fue creciendo en la historia del SMN es la que está dirigida al personal antártico: observadores y observadoras meteorológicos que se anotan para cumplir campañas de verano o anuales en las seis estaciones. Inicialmente, se ofrecía una capacitación de dos días y luego, con las mismas herramientas que en el curso de observador, se consiguió realizar comunicaciones con las diferentes estaciones. Así, en el continente blanco los integrantes podrían interactuar con sus futuros reemplazos. La capacitación antártica tiene una gran importancia en el proceso de preselección, en el que impartimos diferentes contenidos aplicados a las disciplinas que conforman las tareas del SMN.

Actualmente, el contenido del curso pre-antártico abarca temas como geomagnetismo, historia antártica, climatología, la operatividad de los cruces con el *Hércules C130* y la interacción del observador y el pronosticador en la logística. También se abordan otros tópicos, como la inspección en el buque *Almirante Irizar*, el instrumental que se utiliza en las mediciones y su mantenimiento, estaciones automáticas, la actividad en el pabellón científico, la observación meteorológica, su codificado y su transmisión.

LA LLEGADA DE MOODLE

En 2012 implementamos la plataforma *Moodle*, herramienta que actualmente se utiliza para impartir las capacitaciones. De esa manera, aumentamos la oferta de cursos a distancia, aplicados a todas las especialidades técnicas del SMN, y ampliamos la oferta a otras regiones.

Actualmente, el Centro Regional de Formación dicta el curso de observaciones meteorológicas en dicha plataforma. También hay una variada propuesta de cursos para personal de servicios meteorológicos e hidrológicos de países de habla hispana. Además, realizamos la capacitación continua para pronosticadores, meteorólogos, climatólogos y profesionales afines. **Porque nada más importante en el área de la meteorología que seguir aprendiendo, siempre.**

EL CAM Y SU APOORTE A LA ACTIVIDAD PROFESIONAL Y CIENTÍFICA DE LA METEOROLOGÍA EN ARGENTINA

↳ Por *Álvaro Scardilli* y *Natalia Tonti*

El Centro Argentino de Meteorólogos (CAM) nació el 11 de julio de 1969 a partir de la propuesta de un grupo de licenciados recientemente egresados, con el objetivo de organizar acciones atinentes al desarrollo de la profesión y de la actividad científica en el área de la meteorología en Argentina. Así, quedaron definidos sus dos principales propósitos, siendo a los que se aboca mayormente la Comisión Directiva, junto con el compromiso y colaboración de los miembros del CAM.

Uno de los principales hitos del CAM fue la activa participación que tuvo en el traspaso del SMN al ámbito civil, luego de 40 años de intervención militar.

Álvaro Scardilli es licenciado en Ciencias de la Atmósfera y presidente del CAM.

Natalia Tonti es doctora en Ciencias de la Atmósfera y secretaria del CAM.



Los objetivos de tender a la mejora profesional de la actividad meteorológica y promover e incentivar las actividades científico-tecnológicas de la meteorología en el país han impulsado una serie de acciones que se continúan desde la fundación del CAM.

El CAM sirve de nexo entre meteorólogos y la actividad privada en nuestro país, acercando oportunidades de trabajo y vinculaciones profesionales.

Uno de los principales hitos del CAM fue la activa participación que tuvo en el traspaso del SMN al ámbito civil, luego de 40 años de intervención militar. En este sentido, el CAM fue impulsor de acciones concretas para que se reconociera la necesidad de un cambio en su estructura directiva y de dependencia orgánica dentro del Estado. El 1° de enero de 2007 se logró el tan ansiado traspaso, lo que permitió que ese mismo año el SMN se constituyera como un organismo descentralizado, con un notable cambio de paradigma y actua-

lización tecnológica que, al día de hoy, se sostiene por el accionar de sus integrantes.

Desde 1970, el CAM edita la revista **METEOROLOGICA**, publicación científica enfocada en las ciencias atmosféricas y afines. También en ese año se llevó a cabo el primer Congreso Argentino de Meteorología, que se organiza periódicamente y que este 2022 alcanza su 14ava edición. Estas dos tareas representan hitos fundamentales en el desarrollo científico y su divulgación en las ciencias de la atmósfera a escala nacional y regional.

En el orden de la actividad profesional, el CAM sirve de nexo entre meteorólogos y la actividad privada en nuestro país, acercando oportunidades de trabajo y vinculaciones profesionales. En este aspecto, es importante destacar que los profesionales de esta disciplina tienen un amplio campo de trabajo y desarrollo en la actividad científica y estatal, pero también en la comercial y privada. Este último tipo de funciones aún no cuenta con el impacto que debería tener, en ocasiones por la



falta de profesionales en todo el territorio nacional y en parte porque estas tareas son realizadas por profesionales de otras áreas que, ante esa vacancia, ocupan el lugar.

que colaboraron en la organización de mesas de trabajo en las que se pudo discutir y concretar un consenso mayoritario.

El espíritu de este proyecto de ley es el de establecer las condiciones generales y de referencia para el ejercicio de la profesión y definir las características de este tipo de actividades, para permitir un mayor desarrollo de nuestras carreras profesionales y la correcta asignación de funciones por formación académica. El objetivo que se persigue es el de mejorar la condición de quienes cumplen funciones de alto impacto e importantísimo valor para nuestro país y su desarrollo.

Si bien ese proyecto logró media sanción de la Cámara de Diputados de la Nación en 2018, no obtuvo el tratamiento en el Senado, por lo que perdió estado parlamentario.

En 2022 el proyecto fue nuevamente presentado para iniciar su recorrido por ambas cámaras, a la espera de una mejor oportunidad en su tratamiento. Contar con una ley profesional nacional, que ponga un marco y defina las tareas específicas y pertinentes de meteorólogos en Argentina, podría ser el puntapié inicial para alcanzar una mayor visibilización y convocatoria de nuestra profesión.

En este 150º aniversario del Servicio Meteorológico Nacional, el Centro Argentino de Meteorólogos, con sus 180 socios, saluda y homenajea a la institución rectora de la meteorología en nuestro país, reconociendo su alto valor profesional y de dedicación para servir a la sociedad. ■

SIN DUDAS, AYUDAR A LOS PROFESIONALES A ALCANZAR EL MÁXIMO DESARROLLO DE TAREAS ESPECÍFICAS ES UNO DE LOS GRANDES COMPROMISOS DEL CAM PARA LA COMUNIDAD METEOROLÓGICA.

En relación con esto último, otro de los propósitos del CAM desde su fundación fue la promoción de una Ley de Profesionales Meteorólogos. En 2016 se retomó el trabajo de comisiones directivas anteriores, trabajando en un proyecto de ley para el cual se invitó a participar y presentar opiniones a todos aquellos que quisieran aportar su experiencia. La respuesta fue numerosa y se recibieron contribuciones que redundaron en cambios y actualizaciones al texto original. Para poder llevarlo a cabo, la participación de autoridades y personal del Servicio Meteorológico Nacional fue sumamente importante, ya

EL DCAO ANTE EL 150º ANIVERSARIO DEL SMN

↳ Por Claudio Menéndez, Bibiana Cerne y Daniel Anaya

El Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) es referente regional e internacional por su rica historia, la calidad de su plantel docente y el desarrollo científico alcanzado. Su misión es la enseñanza de grado y posgrado de meteorología, oceanografía y climatología, y la elaboración de estrategias de investigación, desarrollo tecnológico e innovación. La interacción con otras instituciones dedicadas a la investigación y a la producción de servicios a la sociedad tales como el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) y el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/UBA-CONICET) produce sinergia que contribuye a la generación de nuevos conocimientos con una fuerte componente de servicio.

La enseñanza de la meteorología en la UBA estuvo estrechamente vinculada con el SMN desde el comienzo.

La enseñanza de la meteorología en la UBA estuvo estrechamente vinculada con el SMN desde el comienzo. Fue por su necesidad de contar con personal altamente capacitado, tanto en el orden científico como en el tecnológico, que la Universidad de Buenos Aires (UBA) se convirtió en la primera universidad de habla hispana en crear una carrera para formar profesionales en el campo de la meteorología.

Los antecedentes se remontan a 1948 cuando se crea la Escuela Superior de Meteorología, dependiente del SMN, que por entonces era conducido por Alfredo Galmarini. Tres años más tarde, el Consejo Técnico de Meteorología solicitó a la entonces Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales la creación de una carrera de grado, lo que ocurrió a fines de 1952. Se debe tener en cuenta que en los años '40 y '50 la meteorología tuvo avances de primer orden en el plano internacional gracias a los trabajos pioneros de científicos como Charney, von Neumann, Lorenz y Phillips, entre muchos otros. El progreso en la comprensión de la circulación general de la atmósfera y en

TRANSMITIR EL PASADO PARA PREDECIR EL FUTURO

—
La comunicación de la información meteorológica fue un pilar en los comienzos de la institución y se transformó en un faro que nos guía para enfrentar los desafíos del presente.

↳ Por Andrés Durán



DESDE TIEMPOS ANCESTRALES

Hace 8 mil años, hacia finales de la Edad de Piedra, comenzaron a llegar los primeros pobladores al territorio de lo que hoy llamamos la Argentina. Fueron muy inteligentes al decidir instalarse en las zonas altas de Tucumán y San Luis, ya que en las cuevas podrían protegerse de los predadores y de las condiciones ambientales. Además, esta región les garantizaba comida a lo largo de todo el año. Cubierto todo lo básico, seguramente lo primero que tenían que decidir al amanecer era si el estado del tiempo les iba a permitir salir a recolectar y cazar ese día. Como podemos imaginar, **el pronóstico del tiempo es algo que preocupa a los seres humanos desde los comienzos de la civilización.**

Desde sus comienzos, los propósitos del desarrollo científico, técnico e institucional fueron muy claros: establecer las condiciones climáticas de cada región y comunicar este conocimiento a la población y tomadores de decisión.

Un “poco” más tarde, hace 4 mil años, se sabe que las comunidades que habitaban Córdoba empezaron a desarrollar la agricultura con las primeras plantaciones rudimentarias de maíz. Para poder hacer esto, es indudable que estas personas tenían la capacidad de predecir las estaciones del año, y así, decidir cuándo era el mejor momento para empezar a sembrar y cuándo era tiempo de

cosechar. Sin saberlo, empezaron a dilucidar las primeras nociones del clima de la región.

Así como transmitían los conocimientos de las mejores formas para cazar y sembrar, también tuvieron que transmitir los saberes adquiridos para predecir el tiempo y el clima. Para ello seguramente desarrollaron un “lenguaje técnico” que les permitiera hacerlo de forma inequívoca. De esta manera, a través de las generaciones, junto al crecimiento de las poblaciones y comunidades, su cultura y sus costumbres, se fue difundiendo el conocimiento empírico, aprendido a lo largo de miles de años, relacionado con la meteorología del país.

NUESTROS ORÍGENES

Hacia fines del siglo XIX, el mundo transitaba un camino de validación de los más de ocho mil años de conocimiento empírico acumulado de generación en generación. Asimismo, comenzó a gestarse una revolución industrial, que creaba constantemente nuevas formas de comunicar y acercar al mundo. En este contexto mundial, nace en nuestro país el organismo que se va a encargar del desarrollo y la transmisión de la información meteorológica.

El 4 de octubre de 1872, el Honorable Congreso de la Nación Argentina, a instancias del presidente Sarmiento, toma la decisión de crear la Oficina Meteorológica Argentina (OMA). De esta manera se convierte en el primer país de Sudamérica en tener un organismo para ese fin, y uno de los primeros en el



mundo. Esta institución pasó a llamarse Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en 1945.

Desde sus comienzos, los propósitos del desarrollo científico, técnico e institucional fueron muy claros: establecer las condiciones climáticas de cada región y comunicar este conocimiento a la población y tomadores de decisión.

A estos dos objetivos se sumó un tercero, pero varias décadas más tarde: el desarrollo de pronósticos confiables para todo el país. La llegada de las computadoras y los satélites en la segunda mitad del siglo XX permitió que el sueño de predecir el comportamiento de la atmósfera se hiciera realidad.

Para cumplir con su cometido, el SMN se valió de todas las herramientas que existían y de las que se fueron desarrollando a lo largo de su historia. Así, **las primeras comunicaciones fueron a través de textos escritos, para luego ir incorporando la radio a principios del siglo XX, la televisión en la década de 1950, los sitios web en los ‘90, y todo lo relacionado con las redes sociales en los últimos quince años.**

A UN BUEN TRABAJADOR, MÁS TRABAJO

Al ver la confianza y la excelencia de los productos brindados, la sociedad entera comenzó

a exigir más y más. Así, sectores antes ajenos o lejanos comenzaron a acercarse y a demandar nuevos servicios. La actividad pesquera quería conocer el estado del mar para las próximas semanas, las empresas transportadoras de energía buscaban anticipar las olas de calor o de frío, las compañías agrícolas se interesaban en las precipitaciones de las estaciones venideras, las aerolíneas comerciales necesitaban saber la probabilidad de nieblas en todos los aeropuertos. Se trata de sectores muy disímiles y diversos, como también lo son sus demandas y necesidades, y todos ellos requieren información confiable para decidir cómo administrar de forma eficiente sus recursos y definir así su accionar futuro.

El SMN entendió, a través de las constantes demandas de los últimos años, que el desafío no está solo en satisfacer las necesidades de todos los sectores de la sociedad con mejores pronósticos, sino también en poder llegar a comunicar de la mejor forma posible y con un lenguaje propio y claro. Esto representa un desafío constante, que requiere de la capacitación permanente de quienes conforman la institución, así como también de la creación de canales de comunicación directos con cada uno de ellos. “La comunicación es una componente totalmente crítica en el ciclo de valor, ya que si fuese deficiente, incompleta o inapropiada, resultaría casi inútil el enorme esfuerzo que hay detrás de la producción de la misma”, afirma Celeste Saulo, directora del SMN.

Actualmente, el SMN comunica sus productos a través de su página de internet, redes sociales y sitios como Youtube. La comuni-

UN CAMINO NO TAN FÁCIL

¿Vaguada en altura? ¿Ríos atmosféricos? ¿Depresión atmosférica en niveles altos (DANA)?
¿Advección de temperatura y humedad? ¿Borrasca? ¿Masas de aire? ¿Actividad convectiva?
¿Corriente en chorro? ¿Con qué se come todo esto...?

En octubre de 2017, comencé a trabajar como presentador del tiempo en una nueva señal de televisión de Resistencia, mi ciudad. Para ese entonces llevaba cinco años como pronosticador aeronáutico y mi experiencia principal era comunicar el pronóstico a los pilotos en un lenguaje técnico. Era obvio que no podía usar las mismas palabras frente a cámara.


Estaba ante un nuevo desafío que en principio parecía sencillo pero, ¿cómo comunicar el pronóstico sin utilizar todas las palabras listadas más arriba?, ¿cómo explicar todos los fenómenos “atípicos” que están ocurriendo debido al cambio climático? La respuesta no era tan evidente. Mi solución fue ir introduciendo los términos de forma paulatina, aislada, continua y repetitiva. De esta manera, empecé un camino de hormiga, que todavía sigo transitando y del cual me siento orgulloso.

cación en cada plataforma es distinta, por lo que se necesita un lenguaje adecuado para llegar a los diferentes usuarios; por eso, para la institución es muy importante tener un *feedback* de los productos que emite.

Uno de los últimos servicios que incorporó el SMN fue el Sistema de Alerta Temprana (SAT), a fines del 2020. Este proyecto demandó muchos años de desarrollo y significó un salto en la calidad de comunicación de los alertas para nuestro país. “La puesta en marcha del SAT acortó significativamente los tiempos para alertar a toda nuestra audiencia de la posible ocurrencia de fenómenos severos”, comenta Marcelo Ceballos, jefe de la Oficina de Vigilancia Meteorológica (OVM) de Resistencia y presentador del tiempo en la señal *Ciudad TV* de Chaco.

UN FUTURO NO TAN LEJANO

El SMN está determinado a acortar las distancias que existen con quienes viven a lo largo y ancho del país y con todos los sectores que requieren de sus servicios. Tiene varios proyectos en desarrollo que intentarán lograr mejores y más rápidas formas de comunicar. “Estamos trabajando en el desarrollo de una app oficial del SMN, en generar una cuenta en las redes sociales para cada estación meteorológica y en ampliar la cantidad de comunicadores. De esta manera, buscamos seguir acercándonos a los ciudadanos”, destaca Mariela de Diego, responsable de Prensa y Comunicación Ciudadana. Sin dejar de lado los motivos por el cual fue creada la institución, pero adaptándose a los tiempos que corren y aceptando los nuevos desafíos que impone el cambio climático, el SMN quiere que este aniversario tan importante sirva también para poder generar un vínculo más cercano con el pueblo a quien le sirve. ■



**DESDE SUS
COMIENZOS, LOS
PROPÓSITOS DEL
DESARROLLO
CIENTÍFICO, TÉCNICO
E INSTITUCIONAL
FUERON MUY
CLAROS: ESTABLECER
LAS CONDICIONES
CLIMÁTICAS DE
CADA REGIÓN Y
COMUNICAR ESTE
CONOCIMIENTO A
LA POBLACIÓN Y
TOMADORES DE
DECISIÓN.**

« 30 MINUTOS QUE LO CAMBIARON TODO »

OCCASIONAL CAÍDA DE GRANIZO

↳ Por Cindy Fernández

—
Como ocurre con los grandes acontecimientos de la humanidad, muchas personas aún recuerdan qué estaban haciendo en ese momento de la historia. Seguro te acordás dónde estabas cuando Argentina ganó la final del mundial '86 o qué hacías en la tarde del 26 de julio del 2006.

EL INFALIBLE

En 2022 se estrenó la primera película de cine catástrofe realizada en Argentina, *Granizo*. La historia cuenta cómo la larga racha de 20 años de Miguel "el infalible" Flores, el meteorólogo más famoso del país, llega a su fin con su incapacidad de predecir la granizada. No se puede negar que la trama tiene ciertas similitudes con lo que se vivió y sintió ese 26 de julio del 2006.



DE MANERA ABRUPTA, EL ESPACIO DESTINADO AL PRONÓSTICO Y LOS ALERTAS TOMÓ PROTAGONISMO. LA MANERA EN QUE LA GENTE PERCIBÍA LA METEOROLOGÍA HABÍA CAMBIADO.

Existen momentos que marcan un antes y un después en la vida. Para la mayoría de las personas, estos momentos pueden ser el nacimiento de un hijo, el día que conocieron a esa persona o cuando lograron cumplir un sueño. Pero **para los que nos dedicamos a la comunicación de la meteorología, sin duda ese punto de inflexión lo podemos situar el 26 de julio de 2006. Definitivamente, ese es el día que, para bien o para mal, lo cambió todo.**

Sin duda ese punto de inflexión lo podemos situar el 26 de julio de 2006. Definitivamente, ese es el día que, para bien o para mal, lo cambió todo.

De alguna manera, el pronóstico y los cambios del tiempo siempre estuvieron presentes en los medios de comunicación, pero hasta ese año lejos se encontraban de tener el peso y el espacio mediático de hoy. Con suerte, a las primeras horas de la mañana se le destinaba un espacio de escasos minutos a algún profesional que informaba, de manera muy generalizada, algún dato del tiempo. ¿Y los alertas? Solo se comunicaban si no había otras noticias más interesantes.

Con esto no queremos decir que la meteorología antes no era importante, solo que había una idea generalizada entre la población de que “el clima” era algo que solo le interesaba a los del campo, porque en la ciudad no pasaba nada. Y, como se imaginarán, esa idea cambió radicalmente a partir del mencionado día y, afortunadamente para todos, la meteorología dejó de estar en un segundo plano en los medios de comunicación.

DIOS ESTÁ EN TODOS LADOS PERO ATIENDE EN BUENOS AIRES

El hecho en cuestión afectó casi exclusivamente a la ciudad de Buenos Aires y a algunos de los barrios del Gran Buenos Aires. Que la tormenta haya impactado en la zona de la capital nacional posiblemente sea un factor que hizo que el fenómeno sea tan recordado, ya que anteriormente habían sucedido eventos similares en otras ciudades, pero que no tuvieron una cobertura periodística del mismo nivel.

El día anterior a esta tormenta, el martes 25 de julio, ya se sentía un ambiente que poco tenía que ver con la época del año. La temperatura de la tarde superaba levemente los 17 °C y el punto de rocío estaba en los 15 °C, lo que evidenciaba una atmósfera baja muy húmeda. Mientras tanto, un frente de aire cálido y húmedo se desplazaba hacia el norte de la provincia de Buenos Aires.

La mañana del miércoles comenzó como cualquier otra en la ciudad de la furia, pero la noche fue bastante templada para ser invierno y se notaba ese “ambiente enrarecido” que antecede al cambio de tiempo. Por si quedaba alguna duda, el pronóstico para ese día anunciaba tormentas en la tarde. La confirmación definitiva de que algo se estaba cocinando se produjo a media mañana, cuando el globosonda lanzado desde el aeropuerto de Ezeiza mostró que la atmósfera tenía los ingredientes y la energía suficiente para generar fenómenos dañinos, como granizo y ráfagas. Estos datos fueron determinantes para que, antes del mediodía, toda la región comenzara a estar bajo alerta.

Pocos minutos antes de las cuatro de la tarde, el cielo se oscureció y todo se volvió un caos. No era la primera vez que caía granizo, pero nunca se había registrado en una zona tan poblada de nuestro país un fenómeno de la intensidad, la extensión y el tamaño que tuvo el de ese día. La gente corría, los autos estaban fuera de control mientras iban a toda velocidad buscando un techo para refugiarse, las ventanas estallaban y había vidrios por todos lados. Fueron 30 minutos de desesperación que quedaron marcados en la memoria de miles de porteños.

Según los reportes en los periódicos días después, hubo más de 7 mil taxis con rotura total de vidrios y lunetas, y más de 29 mil reportaron abolladuras. El Jardín Botánico perdió más de 2 mil cristales de su cúpula e invernadero, miles de luminarias debieron ser reemplazadas y las señales de televisión dejaron de emitirse. Al menos unas 10 personas fueron atendidas en los hospitales por heridas relacionadas con el granizo.

Desesperados, los medios comenzaron a llamar a meteorólogos, agrónomos, aficionados y a cualquier persona que se animara a pararse frente a una cámara para decir si se iba a volver a repetir otra tormenta igual. Y a pesar de que hubo alrededor de 5 horas entre que se emitió el alerta y ocurrió la tormenta, la pregunta de “por qué no se había avisado” se repetía en cada entrevista.

Hasta ese momento de la historia, para la mayor parte de la sociedad los alertas estaban lejos de tener un carácter preventivo.

Los medios casi nunca los informaban antes de que ocurriera el evento, sino que los mencionaban cuando salían a cubrir los daños y zonas afectadas. Si hay algo que quedó en evidencia con esta situación es que la naturaleza es implacable y, también, que era necesario un cambio urgente en la comunicación meteorológica.

EL QUE SE QUEMA CON LECHE VE LA VACA Y LLORA

Aún hoy, cuando ya pasaron más de 15 años desde ese día, si se menciona la frase “el día del granizo”, no hace falta aclarar de qué fecha ni de qué granizo se está hablando. Y no es para menos: desde ese momento somos conscientes de lo vulnerables que somos ante la madre naturaleza. Durante semanas, todas las conversaciones eran en torno a las palabras alerta, granizo y póliza de seguro -que aumentaron entre el 70 y el 150 % en pocos días-. Así de expuestos nos sentíamos.

De manera abrupta, el espacio destinado al pronóstico y los alertas tomó protagonismo. La manera en que la gente percibía la meteorología había cambiado, y la demanda de información obligó a los canales de televisión y a las radios a incorporar profesionales que pudieran responder las consultas sobre el tema. Las tormentas dejaron de ser una simple nube con agua para ser interpretadas como una amenaza. Y durante años, nada generó más alarma entre la población que la frase “ocasional caída de granizo”. ■

◀ INTERDISCIPLINA EN EL SMN ▶

METEOROS | Toma de decisión



LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL PRONÓSTICO

↳ Por Daniela D'Amen y Matías Menalled

–
¿Cuál es el rol de las ciencias sociales en el SMN? Te contamos acerca del trabajo que realiza Meteorología y Sociedad con el objeto de integrar las ciencias sociales en la comunicación de pronósticos meteorológicos y servicios climáticos.



Foto: Defensa Civil - GCBA

Desde hace 150 años que en Argentina existe una institución pública gubernamental orientada a “formar un sistema regular de mediciones meteorológicas en toda la república” (ley 559, sancionada el 4 de octubre de 1872). Contar con una red de observación permitió generar las condiciones para el desarrollo de tareas de investigación y producción de servicios de predicción del comportamiento de la atmósfera. En este siglo y medio han sucedido cantidad de cambios organizacionales, institucionales, políticos, sociales, tecnológicos y culturales que afectaron al mundo, al país y al Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Durante este período histórico, la ciencia y la tecnología se redefinieron, como así también los organismos operativos responsables de la emisión de pronósticos meteorológicos y provisión de servicios climáticos, que se volcaron con mayor dedicación a atender la demanda de sectores como la agricultura, la aeronáutica, la navegación fluvial o la prevención de catástrofes.

La calidad del servicio consiste en brindar información precisa, anticipada, oportuna y comprensible para la toma de decisiones.

En la actualidad, la generación de conocimiento científico en instituciones como el SMN se orienta principalmente a la mejora continua de servicios, productos, procesos y desarrollos innovadores aplicados a la

provisión de información de calidad para la toma de decisiones que contribuyan a la reducción del riesgo de desastres. En este proceso, **se integran disciplinas de las ciencias de la atmósfera y el ambiente con las ciencias sociales, de la comunicación y el comportamiento, debido a que la calidad del servicio consiste en brindar información precisa, anticipada, oportuna y comprensible para la toma de decisiones.**

En las últimas décadas, la interdisciplina científica es valorada positivamente para mejorar el abordaje de problemas complejos de nuestra sociedad. En esta misma línea, la intersectorialidad se orienta a vincular instituciones y sectores diversos para la conformación de mesas de trabajo que vinculen a todas las partes involucradas. La relevancia creciente de estos dos principios demanda la creación y consolidación de estructuras y espacios específicos que puedan llevar adelante un trabajo concreto para poner en práctica el horizonte de la coproducción de conocimiento en contextos institucionales concretos.

En el SMN, la preocupación por fortalecer el vínculo con usuarios de la información meteorológica y climática se adoptó como una visión estratégica institucional. Por ejemplo, debido a los desafíos y cambios introducidos por la actualización del sistema de pronóstico y la dinámica de trabajo, la Coordinación de Pronósticos Regionales (CPR) ya no atiende llamados telefónicos del público como se hacía años atrás. Este cam-

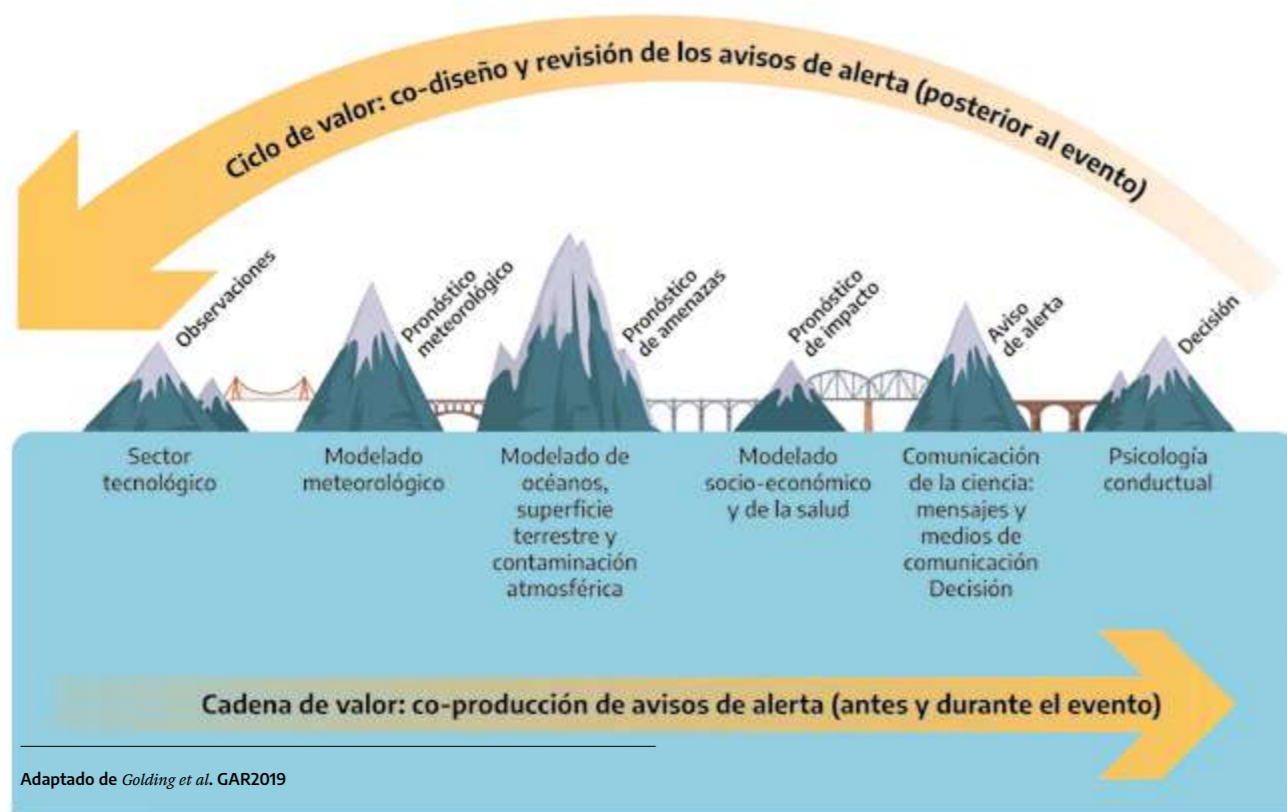
bio, explica Alicia Cejas, coordinadora de este área, se debe a que hoy en día es imposible cumplir con una demanda de ese tipo sobre la base de los procesos para generar productos y servicios de pronóstico. Estos cambios organizacionales y tecnológicos estuvieron acompañados de la incorporación gradual y creciente de proyectos, propuestas e iniciativas de trabajo con profesionales de las ciencias sociales.

A partir del proyecto ALERT.AR, se llevaron adelante instancias de intercambio con usuarios de información meteorológica y climática, en especial con organismos de emergencias y respuesta, como defensas civiles locales y Asociaciones de Bomberos Voluntarios. Estas dinámicas permitieron focalizar en la interpretación y uso de los alertas meteorológicos, lo cual favoreció la recopilación de datos relevantes para avanzar en oportunidades de mejoras para el desarrollo de un sistema de alerta temprana nacional ante eventos extremos.

El interés por la mirada de los usuarios en un proceso que se iniciaba para la mejora del Sistema de Alerta Temprana (SAT) fue clave para pensar la conformación de un área integrada por profesionales de las ciencias sociales, denominada Meteorología y Sociedad (MyS). Un antecedente relevante es el inicio de la publicación *Weather, Climate and Society* a partir de 2009, la cual comenzó a abrir una veta fructífera para poner en diálogo las ciencias de la atmósfera con las ciencias sociales dentro de la comunidad meteorológica y climatológica mundial.

Desde su creación, **MyS tiene por objetivo comprender las necesidades de los usuarios y conocer los procesos de toma de decisión. Para ello, se implementan metodologías cualitativas y cuantitativas para recopilar y sistematizar cómo los usuarios utilizan la información que emite el SMN.** Además, contribuye a generar conciencia al interior del organismo sobre los cambios en la forma de vinculación con los usuarios. Al respecto, Claudia Campetella, a cargo de la Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad (DNPSS), destaca que este cambio de perspectiva implicó sacar el foco de lo puramente meteorológico para colocarlo en los servicios orientados al usuario.

Desde 2016, **Meteorología y Sociedad se constituye como una experiencia de referencia a nivel nacional y regional en materia de institucionalización de un equipo de trabajo dedicado a favorecer la mejora de la provisión de información meteorológica y climática desde el conocimiento social.** El contacto estrecho con organismos de emergencia locales, provinciales y nacionales se profundizó gracias a que se garantiza la continuidad de una visión institucional. A su vez, a lo largo de estos últimos años se amplía y consolida el enfoque de la gestión integral del riesgo de desastres como perspectiva transversal al trabajo con usuarios, colaboradores y socios estratégicos, incorporando otros sectores sociales y productivos que utilizan y demandan más y mejores servicios para la planificación anticipada y la reducción del riesgo de desastres.



¿CÓMO GARANTIZAMOS QUE LA INFORMACIÓN LLEGUE A LOS USUARIOS?

Trabajar en la “recta final” -comúnmente denominada como *última milla* o *last mile* en los países angloparlantes- significa considerar y focalizar en aquellos procesos que tienen lugar desde la comunicación de información meteorológica y climática hasta el proceso de toma de decisión. Es uno de los principales desafíos que se presenta en la disseminación del pronóstico meteorológico e involucra la participación de diversos actores para garantizar la comunicación oportuna.

Esta preocupación por garantizar que la información llegue de forma oportuna a los usuarios estuvo presente en la experiencia argentina gracias a la vinculación con otros servicios hidrometeorológicos nacionales y con los grupos de trabajo de la Organización Meteorológica Mundial. Por ello, el proceso de for-

mulación, diseño e implementación del SAT se caracterizó por la integración de los usuarios en distintas fases del proceso.

En función del recorrido realizado, reafirmamos que es clave la integración de diversas disciplinas para la mejora continua de la elaboración y comunicación de pronósticos meteorológicos y servicios climáticos orientados a los usuarios y tomadores de decisión. El futuro se presenta cada vez más dinámico y complejo, con una creciente preocupación por la crisis ambiental global, la inequidad social y la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas. En este contexto, se requiere una visión que contemple la gestión integral del riesgo de desastres como un abordaje transversal, que debe preocuparse por los desastres como procesos. ■

ES CLAVE LA INTEGRACIÓN DE DIVERSAS DISCIPLINAS PARA LA MEJORA CONTINUA DE LA ELABORACIÓN Y COMUNICACIÓN DE PRONÓSTICOS METEOROLÓGICOS Y SERVICIOS CLIMÁTICOS ORIENTADOS A LOS USUARIOS Y TOMADORES DE DECISIÓN.

LOS PUENTES QUE NOS UNEN

Como antropólogas, nos preguntamos ¿por qué la información climática, a pesar de haber mejorado exponencialmente en los últimos años, no ha sido apropiada en toda su plenitud por los diversos actores sociales? ¿Cómo cerrar la brecha entre las capacidades de las ciencias del clima y las necesidades y expectativas de los tomadores de decisión?

↓
Por Cecilia Hidalgo y María Inés Carabajal

LA EXPLORACIÓN DE NUEVOS CANALES DE COMUNICACIÓN INTERSECTORIALES E INTER/TRANSDISCIPLINARIOS CON LOS DENOMINADOS “USUARIOS” SE CONVIRTIÓ EN UNA DE LAS PRIORIDADES EN EL SUR DE AMÉRICA DEL SUR.

A lo largo de las últimas décadas, un nuevo desafío viene marcando el ritmo en nuestra área: la producción de información climática para mejorar la toma de decisiones. No sólo lo enfrentan las instituciones científico-tecnológicas, sino también los organismos académicos y operacionales, como organizaciones meteorológicas, hidrológicas y agrícolas. A la vez, el reconocimiento de las múltiples brechas entre el conocimiento y su uso social y generalizado se ha convertido en una prioridad en las agendas políticas y sociales. Es que las barreras que encontramos a la hora de usar la información climática son múltiples y heterogéneas: van desde limitaciones inherentes al sistema climático, aspectos técnicos y comunicacionales o factores cognitivos, hasta arreglos institucionales y procedimentales que restringen el uso de nuevos conocimientos. Por eso, **la necesidad de cerrar esta brecha ha propiciado alianzas innovadoras entre la academia, instituciones operacionales y partes interesadas, para lograr producir conjuntamente conocimiento socialmente relevante.**

EL NUEVO PARADIGMA DE LOS SERVICIOS CLIMÁTICOS

En 2009, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) lanzó el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC), con el objetivo de generar información a tiempo y a medida de diversos sectores prioritarios, como agua, salud, alimentos y energía, entre otros. En nuestra región y especialmente en Argentina, más que una guía de lineamientos, el MMSC se convirtió en una oportunidad de facilitar la interacción sostenida entre quienes producen información climática y quienes necesitan interpretarla y darle sentido para usarla a la hora de tomar decisiones. Así, **la exploración de nuevos canales de comunicación intersectoriales e inter/transdisciplinarios con los denominados “usuarios” se convirtió en una de las prioridades en el sur de América del Sur.**

Los usuarios empezaron a ocupar el centro de la escena, ya se trate de intermedios (profesionales académicos y operativos) que elaboran diversos productos climáticos (por ejemplo, mapas, in-



formas, modelos) o de usuarios finales (agentes gubernamentales, productores agropecuarios, operadores portuarios) que toman decisiones sobre la base de información climática. En nuestra región, el MMSC reunió muchas iniciativas que fueron concebidas como parte de un "nuevo paradigma" en la práctica de profesionales de la meteorología, hidrología y agronomía, trabajando tanto en organizaciones académicas como operacionales. La falta de conocimiento sistemático sobre quiénes usan y cómo entienden la información y los productos climáticos alentó la estrecha colaboración con científicos sociales, a quienes se convocó a participar y facilitar el seguimiento y la implementación de este nuevo paradigma. Fue así que, desde la antropología, quienes escriben estas líneas se integraron a una vasta red de investigación comprometida con la provisión de servicios climáticos que, en principio, se centró en el sector agrícola.

LOS DESAFÍOS DE LA COPRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

Como antropólogas inmersas en esa red, hemos documentado y analizado diversas modalidades de interacción entre instituciones científicas y operacionales que, lideradas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), asumieron con gran convicción el desafío de brindar servicios climáticos en el sur de Sudamérica y el país. Así, se crearon múltiples espacios de diálogo con usuarios: talleres, mapeos de actores, entrevistas grupales e individuales, entre muchos otros. En estos es-

Las interacciones cercanas y frecuentes con diversos actores sociales e institucionales han ido generando un compromiso colectivo y la apropiación del problema de la brecha entre el conocimiento climático que se está produciendo y su uso social.

pacios, logramos intercambiar experiencias y conocimientos. La organización de este tipo de reuniones con usuarios intermedios y finales permitió monitorear las múltiples formas en que cada uno de los participantes da sentido al nuevo paradigma de los servicios climáticos, lo que puso en evidencia que la orientación al usuario resulta más compleja de lo que esperábamos.

La implementación del nuevo paradigma implicó reorganizar las relaciones intra e interinstitucionales, y repensar las agendas operativas y de investigación, para así poder crear una plataforma de usuarios acorde con los estándares internacionales y los contextos locales. Alcanzar este objetivo dependía, en gran medida, de una adecuada caracterización de los distintos usuarios a los que pretendía llegar el SMN, así como de los contextos socio-culturales y políticos que inciden en el acceso y uso de la información. De ahí que crear espacios de diálogo se convirtiera en la clave para comprender contextualmente los procesos de toma de decisiones, algo esencial para producir información relevante, oportuna y

útil. De esta forma, una de las primeras tareas consistió en el mapeo y la caracterización preliminar de los diversos usuarios invitados a participar de estos espacios. Como consecuencia gradual de las interacciones cara a cara y el compromiso interinstitucional, surgió una identificación realista no solo de quiénes son los usuarios, sino también de cómo usan y dan sentido a la información climática.

Las interacciones cercanas y frecuentes con diversos actores sociales e institucionales han ido generando un compromiso colectivo y la apropiación del problema de la brecha entre el conocimiento climático que se está produciendo y su uso social. A su vez, esto ha redundado en la creación de instancias de reflexión conjunta sobre los modos en que se vinculan proveedores de información y usuarios, tanto intermedios como finales; reflexiones especialmente necesarias para crear una ciencia más amplia, inclusiva y plural. Estas instancias interactivas, además, permitieron a las instituciones participantes visibilizar el valor y la calidad del servicio que brindan, argumentar a favor del reconocimiento de la legitimidad y credibilidad de su labor.

Si bien los espacios de diálogo –en general en la forma de talleres– fueron diseñados y organizados en conjunto con todas las partes interesadas, **el compromiso activo desde la antropología nutrió la interacción, y la conciencia sobre la complejidad de construir vínculos y asegurar su sostenibilidad en el tiempo, instando incluso a debatir colectivamente cómo mejorar la apropiación social del conocimiento en términos más generales.**

LA COLABORACIÓN SOSTENIDA COMO HORIZONTE

En los espacios de diálogo que hemos comentado a lo largo de esta nota, la reflexión conjunta se vio favorecida por el intercambio inter y transdisciplinario sistemático y por los marcos de diálogo frecuentes, que incluyeron un amplio espectro de actores sociales en la co-producción de conocimiento. Reducir las brechas que nos separan del uso de información climática y lograr que las decisiones tengan en cuenta el mejor conocimiento científico-técnico disponible dependerá de cuánto podamos avanzar en las líneas que propone el nuevo paradigma, en la colaboración interdisciplinaria, interinstitucional e intersectorial, abriendo las instituciones a la sociedad y generando marcos de acción y compromiso duraderos. ■

Cecilia Hidalgo es profesora plenaria de la Universidad de Buenos Aires (UBA), con formación como antropóloga de la ciencia y epistemóloga. Integra la unidad de coordinación regional del Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica (SISSA), un componente del Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur.

María Inés Carabajal es doctora en antropología por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Sus temas de investigación se focalizan en las dimensiones humanas del clima, el cambio climático y el Antropoceno. Actualmente, es Science Technology and Policy fellow (STeP) del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI) en comunicación de la ciencia relativa al cambio ambiental global.

LO QUE EL AGUA SE LLEVÓ Y NOS DEJÓ

— La capital santafesina ha sufrido dos experiencias catastróficas producto de inundaciones en gran parte de su ejido urbano. La primera ocurrió en 2003 como consecuencia de la crecida del río Salado y la otra en 2007 debido a intensas precipitaciones. ¿Cómo se afrontaron estos desastres?

↳ *Marcela Perez y Silvia Wolansky*

Foto: NASA



Foto: Agenciafe

Desde su fundación, en el año 1573, la ciudad de Santa Fe ha sufrido situaciones periódicas de inundación, producto de su emplazamiento en la confluencia de dos importantes sistemas fluviales: al este de la ciudad, el del río Paraná; y al oeste, el del río Salado. Sin embargo, y dada la magnitud de sus efectos, ninguno de los eventos de los que se tenga registro se puede comparar con el provocado a fines de abril y principios de mayo de 2003 por el desborde del río Salado.

QUÉ PASÓ EN 2003

Durante este evento, más de un tercio de la ciudad estuvo bajo agua, afectando a zonas densamente pobladas y edificios de importancia estratégica como hospitales, museos, centro cívico y una central eléctrica. Si a ello se le suma la pérdida de vidas humanas, el elevado número de evacuados y los daños materiales producidos, se puede comprender el efecto devastador y el carácter de catástrofe de esta inundación.

La situación hidrometeorológica que desencadenó esta inundación comenzó a manifestarse en la cuenca baja del río Salado a mediados de enero del 2003 y continuó durante los tres meses siguientes. La lluvia caída en ese sector de la cuenca, durante esos 4 meses, fue similar al promedio anual (de entre 900 a 1200 milímetros para el período 1971/2000). En particular, las precipitaciones del mes de abril se produjeron sobre una cuenca baja saturada y con un ascenso gene-

ralizado de los niveles freáticos, por lo cual un importante porcentaje del agua precipitada se convirtió en escurrimiento. En tan solo siete días, se pasó de un caudal de 700 m³/s a uno de 4000 m³/s.

Pero esta inundación no solo tuvo sus orígenes en cuestiones de tipo natural sino también en otras resultantes de la acción humana como, por ejemplo:

↳ El deficiente ensamble de un tramo del terraplén de defensa contra crecidas del río Salado con el terreno natural, sitio en el que se generó una brecha por la cual ingresó el agua a la ciudad. Dada su geografía, la ciudad fue rodeada con un anillo de terraplenes para que el agua de los ríos que la circundan no “ingresara” a la ciudad.

↳ La insuficiencia de luz en los puentes que cruzan el río provocó una sobre elevación del nivel de agua, aguas arriba de los puentes.

↳ Los cambios en el uso de la tierra, el desarrollo agrícola, las modificaciones en las técnicas de cultivo, las obras de drenaje y la infraestructura vial modificaron la respuesta hidrológica de la cuenca.

↳ La carencia de medidas no estructurales: sistema de alerta temprana, regulación del uso de la tierra en zonas inundables, planes de contingencia, gestión del riesgo, por nombrar algunas.

Esta inundación no solo tuvo sus orígenes en cuestiones de tipo natural sino también en otras resultantes de la acción humana

QUÉ SE HIZO

Pasada la emergencia, el gobierno provincial estableció una agencia especial para llevar a cabo el proceso de reconstrucción, a través de la Unidad Ejecutora de Reparación de la Emergencia Hídrica y Pluvial. Este órgano fue el encargado de implementar todas las políticas de recuperación y reconstrucción, y de administrar los fondos asignados a tal fin, incluyendo la compensación económica a los inundados otorgada por el gobierno provincial. Pero no se impulsaron políticas de prevención y preparación ante eventuales riesgos futuros (medidas no estructurales).

Desde la academia, se conformó un Programa de Cooperación Interinstitucional Frente a la Emergencia (ProCIFE), integrado por la Universidad Nacional del Litoral (UNL), la Universidad Católica de Santa Fe (UCSF), la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe (UTN), el Centro Regional de Investigación y Desarrollo del CONICET y el Instituto Nacional del Agua (INA), más dos organizaciones de la sociedad civil: la Fundación Hábitat y Desarrollo y el Centro de Estudios y Servicios de la Bolsa de Comercio de Santa Fe. La misión de este programa fue “articular y potenciar la capacidad de cooperación y asistencia técnica del sistema universitario y científico-tecnológico con las acciones que el gobierno provincial, los gobiernos municipales y las organizaciones de la sociedad civil promuevan, en orden a enfrentar la situación de emergencia hídrica y el proceso de reconstrucción de la región santafesina afectada por eventos hídricos”.

QUÉ PASÓ EN 2007

Otra inundación que tuvo un gran impacto en la población de la ciudad de Santa Fe, y que afectó buena parte de ella y sus zonas aledañas, fue la que se produjo en 2007 a causa de eventos de lluvias locales intensas. Del 26 de marzo al 4 de abril precipitaron en la ciudad un total de 437 milímetros, con un saldo 28 mil personas evacuadas, anegamientos de calles, inundaciones de rutas, interrupción de pasos y accesos, inaccesibilidad a la ciudad y una profunda huella en la población.

La situación se agravó por la insuficiente capacidad del sistema de drenaje de la ciudad, sumado a la escasez, reducida descarga e inadecuado funcionamiento de las estaciones de bombeo destinadas a extraer el agua del interior de la ciudad. En esta ocasión, la respuesta oficial también mostró deficiencias para atender a casi el mismo sector que ya había padecido los mayores impactos de la inundación del 2003.

QUÉ SE HIZO EN ESTA OPORTUNIDAD

En 2008 se implementó en el municipio una política de gestión de riesgos de desastre, a través de una ordenanza que creó un área específica dependiente de la máxima autoridad. Se definieron sus funciones y su relación con las otras áreas del gobierno municipal, como, por ejemplo:



planeamiento urbano, desarrollo, asuntos hídricos, comunicación, entre las principales. Además, se estableció el mecanismo para la adopción **de medidas de prevención, preparación y respuesta tendientes a superar, con eficiencia, situaciones de emergencia como las descriptas.**

Estas acciones se fueron consolidando a través de la articulación con sectores pertinentes del gobierno provincial, ONGs, vecinales y todas las organizaciones involucradas de una u otra forma en la problemática de las inundaciones. Con relación a las medidas no estructurales, se definieron protocolos para distintos niveles de emergencia, puntos de encuentro en cada barrio para facilitar las tareas de evacuación, convenios con clubes o instalaciones sindicales para alojamiento de los evacuados sin alterar el funcionamiento de las escuelas, acciones en el ámbito educativo de todos los niveles, para difundir información sobre el sistema de protección de la ciudad y las medidas a adoptar por los ciudadanos en caso de emergencia, entre otras.

De acuerdo con lo expresado por el subsecretario de Recursos Hídricos de la municipalidad de Santa Fe (2007-2011), Felipe Franco, “En el transcurso de la gestión municipal iniciada en diciembre de 2007 y a partir de las consecuencias de las inundaciones sufridas en 2003 y 2007, se implementó una política transversal a las áreas del municipio con el objetivo de mitigar los efectos de dichos eventos. Asimismo, era fundamental que la sociedad estuviera mejor preparada ante eventos similares. Para ello se trabajó con la reformulación del reglamento

de zonificación del municipio, con un plan director de desagües para la mejora del sistema de evacuación de excedentes pluviales y con una política de mantenimiento de los sistemas de bombeo para que estén en óptimas condiciones para su uso”. El sistema de bombeo al que se hace referencia consiste en una red de estaciones de bombeo distribuidas equi espaciadamente en el anillo de defensa de la ciudad.

“Estas estaciones están asociadas a reservorios que acumulan los excedentes pluviales de las distintas cuencas urbanas a través de conducciones cerradas y canales a cielo abierto, para su posterior evacuación, tal lo propuesto en el plan director de desagües”.

Las medidas se complementaron “con un sistema de alerta que consistió en la instalación de redes de estaciones automáticas hidrometeorológicas que, combinadas con datos de satélite, de radar y del SMN, proporcionan información para disparar las tareas preventivas y acciones para mejorar la respuesta ante eventos climáticos severos”, finalizó Franco.

A pesar de que la ciudad de Santa Fe tiene tres cuartas partes de su territorio conformadas por ríos y bañados, lo que hizo que su crecimiento haya sido moldeado por el agua a lo largo de su historia, **las inundaciones de**

2003 y 2007 hicieron que la ciudad desarrollara una fuerte política de reducción de riesgos. Así lo entendió el gobierno municipal de turno como así también la población, la academia y demás instituciones y organizaciones al necesitar estar mejor preparadas para afrontar emergencias hídricas.

A partir del establecimiento de esta política de estado, en el año 2014 Santa Fe se incorpora a la Red de 100 Ciudades Resilientes (100RC) de la fundación Rockefeller, que ayuda a localidades a desarrollar una capacidad de adaptación frente a los desafíos físicos, sociales y económicos que enfrentan. Junto a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, son las únicas dos ciudades argentinas que forman parte del programa. Afortunadamente, el cambio de gobierno municipal dio continuidad al trabajo realizado en la temática.

La implementación de una política de gestión de riesgos de desastre implicó un cambio cultural profundo, una transformación integral hacia un desarrollo sostenible de la ciudad. Esta transformación se debe pensar como un proceso con objetivos a largo, mediano y corto plazo, que debe trascender los gobiernos y las personas. Allí está la clave. ■

Marcela Perez es responsable componente de la FICH-UNL del CRF Argentina de la OMM.

Silvia Wolansky es experta en Gestión de Riesgos de la FICH-UNL.

Fuentes consultadas

- FICH-UNL (2003). *Informe técnico sobre la inundación de Santa Fe.*
 PAOLI C. (2015). *GESTIÓN INTEGRADA DE CRECIDAS. Guía y caso de estudio.* Technical Report by the Joint Research Centre, the European Commission's in-house science service.
 VALSAGNA A., TEJEDOR M., BOTTERON A. (2017). *Santa Fe Resiliente, estrategia.* Santa Fe ciudad y Fundación Rockefeller.

LA VULNERABILIDAD SOCIAL COMO BRÚJULA

La gestión integral del riesgo es un claro ejemplo del cambio de paradigma en cómo tratar los eventos severos. Hablamos con Anabel Calvo, del Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente (PIRNA), para conocer cómo incluir el análisis social antes, durante y después de una emergencia.

↓
Por Valentina Rabanal



Al hablar de fenómenos hidrometeorológicos extremos, muchas veces lo primero que se nos viene a la cabeza es el impacto que estos dejan tras su paso. Pero cada vez más, tanto a nivel mundial como nacional, se está trasladando la mirada hacia una que involucre lo que ocurre antes del evento de tiempo severo y cómo prepararnos para lo que puede pasar. Es en este aspecto que las ciencias sociales hacen su participación estelar: con propuestas que ponen el foco en cómo vive la sociedad y qué se puede hacer para reducir el impacto.

El término *gestión integral del riesgo (GIR)* no es nuevo y su existencia data de mucho antes que la ley 27287, promulgada en 2016, que crea un sistema centrado en el mismo. Sin embargo, la inclusión de la GIR en los organismos científico-técnicos y de emergencia aún tiene un camino por recorrer, y la participación de todas las disciplinas es la clave del éxito. En esta entrevista, Anabel Calvo nos cuenta cómo trabajan desde el Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente (PIRNA) de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires en temáticas relacionadas con el riesgo ambiental, pero no desde una mirada natural, sino social.

UN SERVICIO DE CARA A LOS USUARIOS

▾ Por Matías Menalled y Daniela D'Amen

—
¿Por qué la integración de los usuarios en el Sistema de Alerta Temprana contribuye con la reducción del riesgo de desastres en Argentina? En esta nota te contamos sobre la incorporación de los usuarios a lo largo del proceso de desarrollo e implementación de nuestro nuevo SAT.

¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA?

Los sistemas de alerta temprana constituyen un elemento clave para la reducción del riesgo de desastres, lo que contribuye directamente a evitar pérdidas de vidas y reducir consecuencias negativas ante la ocurrencia de eventos adversos. Para que estos sistemas sean eficaces, oportunos y comprensibles, **es fundamental involucrar a las comunidades expuestas y trabajar activamente en el conocimiento del riesgo para fomentar la adopción de acciones tempranas (OMM, 2010).**

En este sentido, en el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030 (instrumento sucesor del Marco de Acción de Hyogo para 2005–2015), se pone especial énfasis

en el aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres y se reconocen los beneficios de los *sistemas de alerta temprana multirriesgos*. Cabe destacar que en una de las siete metas mundiales de este marco, se explicita la necesidad de “incrementar considerablemente la disponibilidad de los sistemas de alerta temprana sobre amenazas múltiples y de la información y las evaluaciones sobre el riesgo de desastres transmitidas a las personas, y el acceso a ellos, para 2030”.

En nuestro país, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) está comprometido e involucrado activamente con el cumplimiento del Marco de Sendai mediante la generación y comunicación de pronósticos meteorológicos y servicios climáticos de calidad orientados a la toma de decisiones. Siguiendo los lineamientos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se incorpora una visión que integra a los usuarios de la información meteorológica como un aspecto central en la provisión operativa de pronósticos. Desde



LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA PERMITEN PLANIFICAR Y COORDINAR ACCIONES PARA REDUCIR LOS DAÑOS E IMPACTOS QUE GENERAN LAS AMENAZAS MÁS SIGNIFICATIVAS EN ARGENTINA.

este enfoque, se resalta la importancia de los usos sociales de los sistemas de alerta temprana ya que constituyen herramientas científico-técnicas orientadas a comunicar avisos clave para los organismos de gobiernos, sectores productivos y población expuesta a eventos meteorológicos potencialmente severos para la vida, los bienes y el ambiente. **Los sistemas de alerta temprana permiten planificar y coordinar acciones para reducir los daños e impactos que generan las amenazas más significativas en Argentina, como son lluvias, tormentas, vientos intensos, viento zonda, nevadas y temperaturas extremas.**

MÁS ACERCA DE NUESTRO NUEVO SAT

El actual Sistema de Alerta Temprana (SAT) del SMN conjuga avances tecnológicos, ampliación en la capacidad de cálculo de modelado numérico, renovación de la interfaz de visualización

web, actualización de procesos operativos e institucionales, formación continua del equipo de pronosticadores y articulación interinstitucional con sectores y colaboradores claves. **Un aspecto novedoso en la implementación de este sistema de alerta temprana refiere a la integración de la perspectiva del usuario a lo largo del proceso.**

El diseño y la implementación del SAT han sido complejos. Se necesitaron seis años de trabajo y decenas de personas involucradas activamente desde los primeros pasos en 2015 hasta su lanzamiento público en no-

Desde Meteorología y Sociedad, se desplegaron iniciativas concretas para conocer cuáles son los usos sociales que los organismos de respuesta y protección civil realizan de la información meteorológica.

viembre de 2020. Este trabajo coordinado requirió la intervención de múltiples saberes y habilidades, y no hubiese sido posible sin la integración de *expertises* provenientes de distintos campos del conocimiento, como las ciencias de la atmósfera, las ciencias sociales, la atención de emergencias y la gestión del riesgo, entre otros.

Desde Meteorología y Sociedad, se desplegaron iniciativas concretas para conocer cuáles son los usos sociales que los organismos de respuesta y protección civil realizan de la información meteorológica. Conocer de qué modos los usuarios toman decisiones; cuáles son sus necesidades, opiniones y sugerencias acerca de los productos del SMN; cómo utilizan la información para implementar medidas de prevención y preparación contribuyó directamente con el codiseño del SAT. Posteriormente, a través de metodologías cuantitativas y cualitativas, se realizaron sondeos, encuestas y mesas de prueba orientados a conocer las opiniones y preferencias de los prototipos de diseño.

Durante los meses previos al lanzamiento público del SAT, se organizó una estrategia de presentación y capacitación destinada a Defensas Civiles provinciales, Cruz Roja Argentina, Administración de Parques Nacionales y Prefectura Naval Argentina. De esta forma, se logró comunicar de modo anticipado el cambio sustancial que presenta la nueva web institucional y el SAT para organismos operativos responsables de la toma de decisiones y la gestión del riesgo.

En función de este recorrido, nos interesa presentar testimonios que den cuenta de cómo el SAT impacta en instituciones operativas. Para ello, les preguntamos a referentes del Sistema Nacional de Alerta y Monitoreo de Emergencias (SINAME), Administración de Parques Nacionales (APN) y Cruz Roja Argentina (CRA) ¿qué cambios genera el SAT del SMN en la labor de instituciones responsables de la atención de emergencias?, ¿cómo esta nueva herramienta colabora con la gestión integral del riesgo de desastre en sectores estratégicos? y ¿cuál es la visión sobre el futuro de los sistemas de alerta temprana?



EL INICIO DEL FUNCIONAMIENTO PÚBLICO Y OPERATIVO DEL SAT SUPONE UN ANTES Y UN DESPUÉS PARA EL SMN Y SUS SOCIOS ESTRATÉGICOS DEL SISTEMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO (SINAGIR).

DIRECCIÓN NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE EMERGENCIAS Y DESASTRES - CRUZ ROJA ARGENTINA (CRA)

La información del SAT optimiza y cualifica el análisis del riesgo basado en un proveedor oficial y de calidad. Esta nueva herramienta mejora los análisis del riesgo al aportar mayor precisión y predictibilidad al comportamiento de las amenazas meteorológicas. En Cruz Roja, nos facilita la integración territorial y comunitaria al contar con escalas geográficas y temporales que permiten interactuar más ágil y precisamente con las poblaciones expuestas. También, nos permite armonizar y agregar valor a las estrategias de comunicación del riesgo, incluso en los mensajes clave y recomendaciones tanto preventivas como reactivas.

A futuro, los sistemas de alerta temprana deberían avanzar en profundizar la integración de los factores *exposición y vulnerabilidad* de forma tal que permitan anticipar los impactos que una misma amenaza pudiese llegar a tener en diferentes territorios y comunidades.

DIRECCIÓN NACIONAL DE OPERACIONES DE PROTECCIÓN CIVIL - DIRECCIÓN DE RESPUESTA - SISTEMA NACIONAL DE ALERTA Y MONITOREO DE EMERGENCIAS (SINAME)

La nueva plataforma del SAT nos da más precisiones en las zonas donde podrían generarse distintos fenómenos meteorológicos, con la posibilidad de ver áreas potencialmente afectadas y periodos temporales con mayor definición. Además, las características cromáticas establecidas en el SAT nos dan la posibilidad de asociar los alertas con potenciales impactos y diversificar los procesos internos de trabajo.

Este nuevo servicio colabora con la gestión integral del riesgo de desastre ya que posibilita el cruce de la información del SAT con base de datos y capas georreferenciadas del SINAME para establecer un mejor diagnóstico del probable impacto en la población, como así también mejora la visualización y comunicación a las provincias que serán potencialmente afectadas, detallando con qué severidad.

DIRECCIÓN NACIONAL DE OPERACIONES - COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO - ADMINISTRACIÓN DE PARQUES NACIONALES (APN)

El SAT del SMN es de suma utilidad para la APN, ya que facilita las tareas de prevención en el ámbito de las áreas protegidas. Tanto para la planificación de tareas que se realizan en el campo parte de guardaparques, brigadistas y agentes de conservación, como para advertir sobre posibles fenómenos meteorológicos y condiciones adversas a los visitantes y turistas que acuden a los parques y reservas a realizar actividades recreativas. El SAT permite mejorar la comunicación del riesgo a nivel institucional.

SAT, UN ANTES Y DESPUÉS

El inicio del funcionamiento público y operativo del SAT supone un antes y un después para el SMN y sus socios estratégicos del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR). A partir de entonces, se sostiene una comunicación fluida y directa en situaciones de alerta meteorológico, se organizan jornadas de actualización, talleres de diálogo y cursos de capacitación y se realizan encuestas, estudios de diagnóstico e informes de situación para contribuir con la mejora continua de los productos y servicios del SMN. ■

Fuentes consultadas

MENALLED, M. y J. CHASCO, 2022. *Relevamiento de los usos y valoraciones del Sistema de Alerta Temprana en el sector de emergencias y gestión del riesgo de desastre entre 2020-2021*. Nota Técnica SMN 2022-123.
OMM, 2010. *Directrices sobre sistemas de alerta temprana y aplicación de predicción inmediata y operaciones de aviso*. OMM No 1159.
SAUCEDO, M, 2022. *Implementación del sistema PIMET: un cambio de paradigma en el SMN*. Nota Técnica SMN 2022-124.

Nº 609 | **METEOROS**°
Con vos en el tiempo



Servicio
Meteorológico
Nacional
Argentina



Ministerio de Defensa
Argentina

www.smn.gob.ar

Seguinos como [smn argentina](#)    