

# Visión a diez años del Programa Mundial de Investigación Meteorológica

por Gilbert Brunet<sup>1</sup>, Thomas Jung<sup>2</sup>, Neil Gordon<sup>3</sup>, Frédéric Vitart<sup>4</sup>, Andrew Robertson<sup>5</sup>, Brian Golding<sup>6</sup>, Sarah Jones<sup>7</sup>, Helge Goessling<sup>8</sup> y la Secretaría de la OMM<sup>9</sup>



Andrew Peacock

La predicción meteorológica ha alcanzado un progreso enorme, impulsada por la investigación y por la cada vez mayor sofisticación de las infraestructuras de telecomunicación, tecnología de la información y observación. La técnica de predicción se extiende en la actualidad más allá de diez días en algunos casos, con una creciente capacidad para proporcionar alertas tempranas de fenómenos meteorológicos adversos con muchos días de antelación. Los métodos basados en conjuntos ofrecen hoy, de forma rutinaria, información esencial acerca de la probabilidad de ocurrencia de sucesos específicos, lo que constituye una información de entrada fundamental en numerosos sistemas de toma de decisiones. En parte gracias a estos avances, las necesidades de los usuarios de los servicios meteorológicos se han diversificado simultáneamente para abarcar productos de predicción “medioambiental” tales como las predicciones de la calidad del aire y las hidrológicas.

La investigación y los desarrollos tecnológicos realizados en la industria de la computación, y también los llevados a cabo por los proveedores de datos de observaciones (de superficie y espaciales) en centros operativos y en instituciones académicas, son los que han hecho posibles estos progresos. En las últimas décadas varios grandes programas de investigación internacionales han resultado fundamentales a la hora de fomentar la colaboración necesaria. En particular, el Programa Mundial de Investigación Meteorológica

(PMIM) de la OMM y el Experimento de investigación y predecibilidad de los sistemas de observación (THORPEX, que duró de 2005 a 2014), han sido iniciativas muy importantes para acelerar este progreso.

Habida cuenta de que puede haber un potencial de predicción para todas las escalas espaciotemporales que surgen de las hasta ahora escasamente comprendidas fuentes de predecibilidad potencial, la ciencia meteorológica ya está preparada para dar un paso adelante.

En este contexto, el sistema Tierra —y la predicción medioambiental— abarca la atmósfera y su composición química, los océanos, el hielo marino y otros componentes de la criosfera, y la superficie terrestre, incluyendo la hidrología de las aguas superficiales, los humedales y los lagos. Las partes correspondientes del sistema incluyen también los fenómenos que tienen lugar a pequeñas escalas temporales como resultado de la interacción entre uno o más componentes; es el caso de tormentas violentas, crecidas, olas de calor, episodios de smog, olas oceánicas y mareas de tempestad. A más largo plazo —escalas de tiempo mayores que las estacionales— los ecosistemas terrestres y oceánicos, que incluyen los ciclos del carbono y del nitrógeno así como los componentes de la criosfera de lenta variación (como las grandes capas de hielo continental y el permafrost), forman parte también del sistema Tierra. Estas escalas de tiempo, sin embargo, constituyen el objeto de interés del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) que interacciona fuertemente con el PMIM.

El PMIM, trabajando en colaboración con otras partes interesadas, garantizará la puesta en marcha de una

<sup>1</sup> Subdirector del Departamento de ciencia meteorológica, Servicio Meteorológico de Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte.

<sup>2</sup> Presidente del Proyecto de predicción polar; miembro experto del Grupo de expertos del Consejo Ejecutivo de la OMM sobre observaciones, investigación y servicios polares; e Instituto Alfred Wegener, Centro Helmholtz de Investigación Polar y Marina, Alemania.

<sup>3</sup> Asesor del Proyecto de predicción polar, Nueva Zelanda.

<sup>4</sup> Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo, Reading (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte).

<sup>5</sup> Jefe del Grupo del clima, Instituto internacional de investigación sobre el clima y la sociedad (IRI), Instituto de la Tierra, Universidad de Columbia, Estados Unidos de América.

<sup>6</sup> Servicio Meteorológico de Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte.

<sup>7</sup> Jefa del Departamento de investigación y desarrollo, Servicio Meteorológico de Alemania.

<sup>8</sup> Ayudante del Proyecto de predicción polar; Instituto Alfred Wegener, Centro Helmholtz de Investigación Polar y Marina, Alemania.

<sup>9</sup> Paolo Ruti, jefe de la División de Investigación Meteorológica, OMM.

estrategia de investigación para llevar a cabo la predicción sin discontinuidad del sistema terrestre para plazos que van de minutos a meses. Los tres proyectos heredados del THORPEX conformarán los pilares de esta estrategia a lo largo de los próximos diez años, a saber:

- el Proyecto de predicción polar del PMIM, que persigue promover la cooperación internacional en materia de investigación haciendo posible el desarrollo de unos mejores servicios de predicción meteorológica y medioambiental para las regiones polares en las escalas de tiempo horaria a estacional;
- la Iniciativa sobre predicción subestacional a estacional, un proyecto conjunto del PMIM y del PMIC que pretende mejorar la técnica de predicción y aumentar el conocimiento de los procesos que intervienen en la escala de tiempo subestacional a estacional, con especial énfasis en el riesgo de condiciones meteorológicas extremas tales como los ciclones tropicales, las sequías, las crecidas, las olas de calor, y el crecimiento y decrecimiento de la precipitación monzónica; y
- el Proyecto sobre fenómenos meteorológicos de efectos devastadores, que promueve la cooperación internacional en materia de investigación con el fin de lograr un aumento espectacular de la resiliencia a las condiciones meteorológicas de gran impacto por todo el mundo mejorando, por un lado, las predicciones a escalas de tiempo que van desde unos minutos a dos semanas y fortaleciendo, por otro, su comunicación y utilidad en aplicaciones sociales, económicas y medioambientales.

## El Proyecto de predicción polar

En los últimos años ha habido un creciente interés en las regiones polares, alimentado por la preocupación por el aumento del cambio climático antropógeno y por el hecho de que estas regiones representan una de las últimas grandes fronteras geográficas del planeta en lo que respecta al descubrimiento de recursos naturales y al desarrollo. Los avances tecnológicos y de ingeniería registrados en los últimos 40 años —especialmente en los campos de las telecomunicaciones, el transporte y los procesos industriales— unido al incremento de las demandas de los mercados mundiales de materias primas como el petróleo, el gas natural y los minerales, han conducido a alcanzar niveles considerables de inversión, investigación y desarrollo, migración (en algunas zonas) e interés político en los territorios polares.

Una vez admitido el diagnóstico anterior, el Congreso Meteorológico Mundial de 2011 decidió embarcarse en una labor a diez años vista: el desarrollo de un Sistema mundial integrado de predicciones en las zonas polares (GIPPS). Para ofrecer ese sistema se necesitará investigación para mejorar el nivel de conocimiento de, por ejemplo, las nubes polares, la dinámica de la interacción entre el hielo marino y el océano, el permafrost y la dinámica asociada a la capa de hielo. Todo ello aumentará nuestro conocimiento de las conexiones entre las latitudes polares y las inferiores, optimizará el sistema de

observación polar, desarrollará los sistemas de asimilación de datos, mejorará los métodos de modelización y perfeccionará los componentes de la predicción por conjuntos con el fin de mejorar las predicciones para un amplio abanico de escalas temporales.

Dos iniciativas estrechamente relacionadas, el Proyecto de predicción polar del PMIM y la Iniciativa de predecibilidad del clima polar del PMIC, pretenden contribuir al GIPPS.

Con el fin de satisfacer una demanda cada vez mayor de predicciones certeras y fiables en las regiones polares y más allá de ellas, se han identificado los siguientes ocho objetivos fundamentales de la investigación:

- aumentar el conocimiento de los requisitos para disponer de información y servicios mejorados de predicción en las regiones polares así como evaluar los beneficios de estos;
- establecer y aplicar métodos de verificación apropiados para las regiones polares;
- brindar asesoramiento para optimizar los sistemas de observación en las regiones polares y coordinar la realización de observaciones adicionales para apoyar las tareas de modelización y verificación;
- mejorar la representación de los procesos fundamentales en los modelos de la atmósfera, la superficie terrestre, el mar y la criosfera polares;
- desarrollar sistemas de asimilación de datos que representen las características singulares de las regiones polares;
- desarrollar y explotar sistemas de predicción por conjuntos con una representación adecuada de las condiciones iniciales y de la incertidumbre del modelo para las regiones polares;
- determinar la predecibilidad e identificar las fuentes principales de error de las predicciones en las regiones polares; y
- aumentar el conocimiento de las conexiones bidireccionales entre las latitudes polares y las inferiores así como sus implicaciones en la predicción mundial.

La consecución de los objetivos anteriores exigirá una mayor colaboración internacional e interdisciplinaria a través del desarrollo de relaciones sólidas con iniciativas afines; del fortalecimiento de vínculos entre universidades, instituciones de investigación y centros operativos de predicción; de una mayor interacción y comunicación entre la investigación y las partes interesadas; y del fomento de actividades educativas y divulgativas. Pero los beneficios esperados sobrepasarán las escalas temporales (horaria a estacional) y las regiones (ártica y antártica) consideradas en el Proyecto de predicción polar, pues:

- con las mejoras previstas en la representación de los procesos polares fundamentales en los modelos (acoplados), tales como capas límite estables y

dinámica del hielo marino, se espera reducir los errores sistemáticos en las integraciones de los modelos climáticos y, por lo tanto, ayudar a limitar las incertidumbres de las proyecciones del cambio climático regional y mundial; y

- la mejora de las predicciones medioambientales en las regiones polares conducirá a la realización de unas predicciones más precisas para regiones no polares debido a la existencia de teleconexiones mundiales.

Para aprovechar todo el potencial de esta área de investigación realmente sin “fisuras”, se hace indispensable desarrollar y mantener estrechos lazos con la comunidad de investigación climática y con parte del colectivo dedicado a la predicción meteorológica, que tradicionalmente se han centrado en las regiones no polares.

Las observaciones desempeñan un papel transversal en el contexto de un sistema de predicción polar acoplado. A nivel fundamental, las observaciones se utilizan para adquirir una comprensión básica de los procesos físicos que deben modelizarse dentro del sistema océano-atmósfera-tierra-olas-hielo. Las observaciones son necesarias para la inicialización y asimilación, y para la verificación de los modelos, y juegan un papel clave en la mejora de las parametrizaciones y de los pronósticos. Se precisan mediciones *in situ* para mejorar diversos aspectos de la recuperación de las imágenes de satélite y constituyen el único medio de observación de la subsuperficie oceánica. Estas aseveraciones son verdades esenciales ya sea el sistema de predicción acoplado o no acoplado, polar o mundial. Por tanto, es importante centrarse en cuestiones concretas —modelización, asimilación de datos y predicción por conjuntos— del problema polar acoplado.

El Año de la predicción polar, que se extiende básicamente de mediados de 2017 a mediados de 2019, será la piedra angular de un esfuerzo internacional intenso y centrado en obtener observaciones polares y capacidades de predicción considerablemente mejoradas. Cabe esperar que esta tarea incluya: una o varias estaciones de observación multianual situadas sobre el hielo marino (una de ellas será el planificado Observatorio multidisciplinar a la deriva para el estudio del clima ártico (MOSAIC)); un mayor despliegue de muestreadores autónomos; el fortalecimiento de la vigilancia desde los barcos polares que operan rutinariamente; y la coordinación de los estudios de campo intensivos realizados desde buques de investigación, aeronaves y estaciones de superficie. El Año de la predicción polar se llevará a cabo en estrecha colaboración con la Iniciativa de predecibilidad del clima polar del PMIC y con otras iniciativas afines. Abarca cuatro elementos principales: un periodo de observación intensiva, un periodo intensivo complementario de modelización y predicción, un periodo de mayor seguimiento del uso de las predicciones en la toma de decisiones (incluyendo la verificación), y un esfuerzo educativo especial. (Más información en el *Boletín de la OMM* 63 (1) - 2014).

## El Proyecto de predicción subestacional a estacional

---

La predicción a plazo subestacional ha recibido hasta el momento mucha menos atención que la predicción estacional y que la correspondiente al plazo medio, habiendo sido considerada durante mucho tiempo como un “desierto de predecibilidad”. Los últimos estudios han puesto de relieve importantes fuentes potenciales de predecibilidad cuando se representan mejor ciertos fenómenos atmosféricos, como la oscilación Madden-Julian y un mayor acoplamiento con el sistema tierra-océano-criosfera y estratosfera, e inicialización de este último.

Desde la perspectiva del usuario final, la escala de tiempo subestacional a estacional es muy importante ya que en ese intervalo de tiempo caen las decisiones de gestión en materia de agricultura y seguridad alimentaria, agua, reducción de riesgos de desastre y salud. Una mejor comprensión de estas fuentes potenciales de predecibilidad, junto con mejoras en el desarrollo de los modelos, en la asimilación de datos y en los recursos informáticos, darían lugar a unas predicciones más exactas.

La iniciativa sobre predicción subestacional a estacional implicará lo siguiente:

- evaluar el potencial de predecibilidad de los episodios subestacionales, incluyendo la identificación de las ventanas de oportunidad para mejorar la técnica de predicción con especial énfasis en los fenómenos meteorológicos de efectos devastadores;
- comprender los errores y sesgos sistemáticos en la escala de predicción subestacional a estacional;
- comparar, verificar y probar combinaciones de varios modelos de estas predicciones y cuantificar su incertidumbre; y
- poner el centro de atención en estudios de algunos casos específicos de fenómenos extremos, como la ola de calor de 2010 en Rusia, las crecidas de 2010 en Pakistán y de 2011 en Australia, y el periodo frío de 2012 en Europa. (Más información en el *Boletín de la OMM* 61 (2) - 2012).

## El Proyecto sobre fenómenos meteorológicos de efectos devastadores

---

Las posibilidades de la predicción avanzada de fenómenos meteorológicos peligrosos han quedado patentes, con lo que es evidente que hay una gran oportunidad para proteger vidas y beneficiar a las comunidades. La idea de este Proyecto es “promover la cooperación internacional en materia de investigación con el fin de lograr un aumento espectacular de la resiliencia a las condiciones meteorológicas de gran impacto por todo el mundo” mejorando, por un lado, las predicciones a escalas de tiempo que van desde unos minutos a dos semanas y fortaleciendo, por otro, su comunicación y utilidad en aplicaciones sociales, económicas y medioambientales.

Los impactos meteorológicos dependen de la intensidad de los fenómenos meteorológicos peligrosos y de la vulnerabilidad de quienes están expuestos a ellos. Con el fin de aumentar la resiliencia, se necesita investigar no solo para mejorar la vigilancia y la predicción del tiempo, y los peligros asociados, sino además para entender mejor los impactos sobre el ser humano y para comunicar con eficacia la información a los más vulnerables. El alcance del proyecto integra así el trabajo en muchas disciplinas de la física y de las ciencias sociales.

El Proyecto sobre fenómenos meteorológicos de efectos devastadores se centrará en reducir la mortalidad, la morbilidad, y los daños y trastornos relacionados con las cinco amenazas seleccionadas:

- las crecidas urbanas originadas por lluvia intensa, desbordamientos de ríos, oleajes costeros y rebose de mareas, y las que son consecuencia de deslizamientos de tierra urbanos;
- los incendios forestales y el humo asociado a los mismos;
- los vientos locales extremos y los cascotes levantados por el viento a causa de ciclones tropicales y extratropicales, vendavales descendentes y tormentas convectivas, incluidos los tornados;
- las condiciones meteorológicas invernales extremas —nieve, hielo y niebla— que afectan a las infraestructuras de transporte, energía y comunicaciones; y
- el calor y la contaminación atmosférica en las megaciudades.

El Proyecto se llevará a cabo a través de cinco líneas de investigación:

- comprender los procesos y la predecibilidad de los sistemas meteorológicos peligrosos, centrándose en la posible reducción de los errores de predicción meteorológica de los episodios extremos, las interacciones de escala, las causas de su carácter estacionario, los papeles que desempeñan la capa límite planetaria y la superficie terrestre, y los procesos asociados a riesgos específicos;
- predecir los riesgos a varias escalas utilizando modelos numéricos acoplados —atmósfera, océano, superficie terrestre, hielo y calidad del aire—, predicción inmediata, sistemas de asimilación y de posprocesamiento de datos, y haciendo hincapié en las observaciones a escala convectiva, la asimilación de datos, la parametrización de los procesos que tienen lugar en las nubes y en la superficie terrestre, la predicción por conjuntos y los productos de predicción de riesgos a corto plazo para el usuario;
- pronosticar los impactos para el ser humano, la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo de peligros para personas, edificios, negocios, infraestructura y medio ambiente, centrándose en la obtención de observaciones, compartiendo los métodos existentes,

representando la vulnerabilidad y aumentando los conocimientos en esta área de trabajo;

- comunicar las predicciones de riesgo y los avisos para llegar a las comunidades vulnerables y para lograr las respuestas por parte de los gestores de riesgos y del público, de forma que se aumente la resiliencia, centrándose en compartir y desarrollar buenas prácticas, observar y entender los motivos de las diferentes respuestas, y aumentar la capacidad en investigación; y
- evaluar los fenómenos meteorológicos adversos, las predicciones de impactos y riesgos, las alertas y los avisos, y las consiguientes respuestas según los criterios de los usuarios pertinentes, centrándose en la obtención de unas observaciones adecuadas, la modelización de la pérdida de información a través de la cadena de producción, el desarrollo de métodos de verificación de riesgos, impactos y respuestas, la estimación del valor económico y el aumento de la capacidad de investigación.

Los temas anteriores se apoyan en ocho actividades transversales: beneficios de la predicción operativa, diseño de estrategias de observación, campañas y demostraciones sobre el terreno, mejor comprensión de las fuentes de incertidumbre y la forma en que habría que comunicar esta a través de la cadena de toma de decisiones, verificación de la transferencia de conocimiento, predicción de impactos, gestión de datos y archivo.

Un Grupo directivo compuesto por dos copresidentes, en representación de las ciencias físicas y sociales, y por un responsable investigador de cada una de las líneas de investigación, dirigirá el proyecto. Los colectivos interesados —servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales, reducción de desastres, hidrología, sanidad, desarrollo económico, predicción, observaciones y tecnología— ofrecerán supervisión a través de una Junta consultiva estratégica. Los resultados se integrarán en los proyectos de demostración de predicciones que reunirán a representantes de universidades, servicios operativos y usuarios finales para evaluar las nuevas capacidades en entornos específicos de alerta por riesgo.

## Una nueva era

---

Estamos entrando en una nueva era en la innovación tecnológica y en el uso e integración de diferentes fuentes de información para el bienestar y la capacidad de afrontar múltiples peligros. Las actividades de investigación en la ciencia meteorológica de los próximos diez años proporcionarán nuevas herramientas predictivas que detallarán las condiciones meteorológicas a nivel de barrio y de calle, facilitarán alertas tempranas con un mes de adelanto y predicción de lluvias para compañías energéticas. El aumento del conocimiento tanto de los procesos que tienen lugar a pequeña escala como de su predecibilidad intrínseca debería ir de la mano con una mayor comprensión acerca de cómo la información meteorológica influye en los procesos de toma de decisiones y en el diseño de una mejor estrategia de comunicación.