

Programas de investigación de la OMM: promover la ciencia para la acción

Por la Secretaría de la OMM

En las últimas décadas, los programas de la OMM han estado a la vanguardia de los avances revolucionarios en meteorología, climatología, hidrología y ciencias medioambientales afines. El [Programa Mundial de Investigación Meteorológica \(WWRP\)](#), el [Programa Mundial de Investigaciones Climáticas \(WCRP\)](#)¹ y la [Vigilancia de la Atmósfera Global \(VAG\)](#) han dotado al mundo de ciencia, tecnología y conocimientos que pueden salvar vidas y contribuir a un desarrollo socioeconómico sostenible.

Los avances científicos, los satélites y las supercomputadoras, así como el aumento de los datos de observación han mejorado nuestra capacidad de prever fenómenos hidrometeorológicos con notable precisión y de proyectar futuros cambios del clima con una incertidumbre reducida. Los avances en los sistemas de alerta temprana de peligros múltiples han logrado disminuir las tasas de mortalidad, y las nuevas tecnologías, como la predicción inmediata, la inteligencia artificial y la modelización de alta resolución, están revolucionando la forma de predecir los peligros meteorológicos e hidrológicos de alto impacto².

1 El WCRP es un programa copatrocinado por la OMM, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO-COI) y el Consejo Internacional de Ciencias (CIC).

2 World Meteorological Organization (WMO). United in Science 2023: Sustainable Development Edition; WMO: Geneva, 2023.

En este artículo se destaca cómo la investigación patrocinada por la OMM, coordinada a través de la VAG, el WWRP y el WCRP, ha dado lugar a avances científicos revolucionarios. Al tiempo que se presta apoyo a los Miembros de la OMM para mejorar las observaciones, predicciones y aplicaciones. Se demuestra que la ciencia de la OMM ha fundamentado, y sigue fundamentando, las estrategias para alcanzar objetivos mundiales, como el [Acuerdo de París](#) de la [Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático \(CMNUCC\)](#), el [Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030](#), los [Objetivos de Desarrollo Sostenible \(ODS\)](#) y la iniciativa de las Naciones Unidas [Alertas Tempranas para Todos](#).

Vigilancia de la atmósfera global

Poco después de su creación, la OMM se embarcó en el desarrollo de un programa para vigilar la química de la atmósfera y los aspectos meteorológicos de la contaminación atmosférica mediante la creación del Sistema Mundial de Observación del Ozono en 1957. A finales de la década de 1960, cuando la protección del medioambiente se convirtió en una preocupación internacional, se creó la Red de Estaciones de Control de la Contaminación General Atmosférica. Posteriormente, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de 1972 llamó a la atención del mundo entero los problemas medioambientales, entre ellos la amenaza de los clorofluorocarbonos para la capa de ozono, la contaminación atmosférica transfronteriza y el posible calentamiento global causado por la acumulación de



gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Cada una de estas cuestiones se convirtió en objeto de tratados o convenios internacionales y de protocolos y acuerdos posteriores. Esto llevó a la OMM, en 1989, a consolidar la Red de Estaciones de Control de la Contaminación General Atmosférica y el Sistema Mundial de Observación del Ozono en la VAG.

A lo largo de los años, la VAG ha madurado considerablemente para coordinar las [observaciones de la composición de la atmósfera](#) a escalas mundiales a locales. Alrededor de 100 países participan en la VAG, lo que permite poner a disposición de la comunidad científica datos atmosféricos accesibles y de alta calidad, y mejorar la comprensión global de la composición atmosférica y de las interacciones atmósfera-océano-biosfera. Algunos de los principales logros alcanzados hasta la fecha son el suministro de datos en apoyo de las convenciones mundiales a través del [Boletín de la OMM sobre los Gases de Efecto Invernadero](#) y el [Boletín de la OMM sobre el Ozono y la Radiación UV](#), el acoplamiento de las observaciones con herramientas de predicción en apoyo de servicios destinados a proteger la salud humana y de los ecosistemas y el establecimiento de nuevas iniciativas al servicio de la sociedad.

Las actividades actuales de la VAG se basan en su éxito de larga data en el fomento de la colaboración internacional para impulsar la ciencia y los servicios de gran repercusión para la sociedad. Por ejemplo, reconociendo que la contaminación atmosférica es un riesgo mundial para la salud³ que contribuye a millones de muertes prematuras cada año⁴, la VAG creó el [Sistema Mundial de Información y Pronóstico de la](#)

[Calidad del Aire \(GAFIS\)](#), que mejora los servicios de predicción e información sobre la calidad del aire para reducir su impacto en la salud. Al acelerar la aplicación de estrategias eficaces de control de la contaminación, el GAFIS ayuda a reducir la carga sanitaria que supone la contaminación para las sociedades, proteger los recursos medioambientales y posibilitar el desarrollo socioeconómico.

La VAG también apoya la aplicación de la iniciativa Alertas Tempranas para Todos. Por ejemplo, su [Sistema de Evaluación y Asesoramiento para Avisos de Tormentas de Arena y Polvo de la OMM \(SDS-WAS\)](#) coordina una red mundial de centros de investigación y predicción para mejorar las predicciones operativas de tormentas de arena y polvo mediante la transferencia de tecnología. En las regiones áridas y semiáridas, estas tormentas suponen un gran desafío para el desarrollo sostenible y son cada vez más frecuentes debido al cambio climático y al uso no sostenible de la tierra y el agua. En Burkina Faso, por ejemplo, el SDS-WAS está siendo utilizado diariamente por los meteorólogos locales para evaluar con rapidez la situación del polvo y proporcionar niveles de alerta calculados a partir de la concentración superficial de polvo prevista por la mediana multimodelo del nodo norte de África-Oriente Medio-Europa del SDS-WAS.

Otro ejemplo es el [Sistema de Evaluación y Asesoramiento para Avisos de Incendios de Vegetación y Contaminación por Humo \(VFSP-WAS\)](#), que mejora el suministro de predicciones, observaciones, información y conocimientos sobre incendios de vegetación y contaminación por humo. Los incendios de vegetación liberan grandes cantidades de partículas y gases tóxicos a la atmósfera, lo que repercute en la salud humana y el medioambiente. Reconociendo la necesidad de una coordinación internacional, la VAG ha tomado la iniciativa de desarrollar y aplicar el VFSP-WAS en apoyo de las alertas tempranas y la prevención de incendios destructivos.

3 Lelieveld, J., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Haines, A., and Münzel, T.: Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: a worldwide perspective, *Cardiovascular Research* (2020) 116, 1910–1917, [doi:10.1093/cvr/cvaa025](https://doi.org/10.1093/cvr/cvaa025).

4 World Health Organization, [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).



Por último, las actividades de la VAG desempeñan un papel crucial en el suministro de datos en apoyo de las convenciones mundiales. Desde su creación hasta la actualidad, la VAG ha sido uno de los pilares del [Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono](#) y su [Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono](#). La VAG desempeña un papel esencial en el apoyo de los resultados favorables del Protocolo de Montreal y la recuperación prevista del ozono, que debe medirse y comprenderse plenamente. Las actividades de la VAG también respaldan la CMNUCC y su Acuerdo de París a través del [Sistema Mundial Integrado de Información sobre los Gases de Efecto Invernadero \(IG3IS\)](#), que ha mejorado la evaluación de las fuentes y sumideros de GEI. Como resultado, el IG3IS cumple una función importante en el apoyo a las ambiciosas medidas de mitigación en el marco del Acuerdo de París y, junto con el suministro de la concentración de GEI a través de la infraestructura de seguimiento, contribuye al desarrollo de la [Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero](#).

Programa Mundial de Investigación Meteorológica

El WWRP, creado en 1998, fomenta la investigación para mejorar las predicciones meteorológicas y proporcionar pronósticos que tienen en cuenta los impactos, desde minutos hasta meses de antelación. Sin embargo, las observaciones muestran que, debido al cambio climático, está aumentando la frecuencia y la intensidad de las condiciones meteorológicas extremas –olas de calor, precipitaciones intensas, sequías y ciclones tropicales– que afectan de forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables. Esto está ampliando la importancia del WWRP, que se centra en poner la ciencia en manos de quienes la necesitan para reducir los riesgos de desastre e impulsar el desarrollo sostenible. Para ello, el WWRP se esfuerza por conseguir observaciones y predicciones del sistema Tierra sin discontinuidades mediante una mayor convergencia entre los enfoques

meteorológicos, climáticos y medioambientales, así como una colaboración interdisciplinaria que vincule las ciencias físicas y sociales.

En sus inicios, el WWRP se integró en el [Experimento de Investigación y Predecibilidad de los Sistemas de Observación \(THORPEX\)](#), un programa internacional de investigación y desarrollo de 10 años de duración, iniciado en 2003, que aceleró la mejora de la precisión de las predicciones meteorológicas de alto impacto de 1 día a 2 semanas. THORPEX fue sucedido por tres proyectos centrales del WWRP: el [Proyecto de Predicción Polar \(PPP\)](#) de 2013 a 2022, el [Proyecto de Predicción Subestacional a Estacional \(S2S\)](#) de 2013 a 2023 y el [Proyecto sobre Fenómenos Meteorológicos de Efectos Devastadores \(HIWeather\)](#) de 2014 a 2024. Estos proyectos lograron importantes avances en la predicción meteorológica para la creación de capacidad y la mejora de la participación de las partes interesadas.

El PPP, destacado por el [Año de la Predicción Polar](#), abrió nuevos caminos en el sistema acoplado atmósfera-hielo-oceano mediante el análisis de observaciones nuevas y la llegada de simulaciones a escala kilométrica. El proyecto S2S demostró la predictibilidad de la atmósfera a escalas temporales estacionales y condujo al uso de pronósticos subestacionales a estacionales para aplicaciones en un amplio abanico de sectores económicos y a la creación de una base de datos de investigación de alta calidad, dando impulso a la comunidad investigadora y facilitando la colaboración y la investigación. En el Proyecto sobre Fenómenos Meteorológicos de Efectos Devastadores se estudió la cadena de valor de los pronósticos meteorológicos y se creó un marco para entender la reducción de los riesgos de desastre a partir de la definición de las causas que subyacen a los efectos imprevistos de las condiciones meteorológicas extremas.

Sobre la base de este éxito y en respuesta a las necesidades emergentes, el actual Plan de Ejecución del WWRP (2024-2027) incluye [seis proyectos](#). Por ejemplo, el proyecto [SAGE](#) (Aplicaciones Subestacionales





para la Agricultura y el Medioambiente) contribuye directamente a varios ODS al hacer que las predicciones subestacionales (de 2 semanas a 1 o 2 meses de antelación) sean más útiles para la toma de decisiones en sectores como la agricultura, la energía, la salud, el agua y la reducción de los riesgos de desastre. Por otra parte, el proyecto [Análisis y Predicción Polares Acoplados para la Prestación de Servicios \(PCAPS\)](#) pretende mejorar la capacidad de actuación, el impacto y la fidelidad de las predicciones medioambientales para el bienestar humano y medioambiental en las regiones ártica y antártica. Como resultado, este proyecto apoyará la adaptación y el desarrollo sostenible de las comunidades indígenas que se enfrentan a crecientes amenazas a sus medios de subsistencia tradicionales procedentes de cambios drásticos en los patrones climáticos.

El WWRP también cuenta con numerosos proyectos que contribuyen a la iniciativa Alertas Tempranas para Todos y al Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres. Por ejemplo, el proyecto de [Predicción Integrada de la Precipitación e Hidrología para Acciones Tempranas \(InPRHA\)](#) tiene como objetivo mejorar la alerta eficaz de los riesgos de crecidas mediante la integración de las predicciones hidrológicas y de precipitaciones y las ciencias sociales. El Proyecto de Producción en Zonas Urbanas, que acaba de ponerse en marcha, contribuirá a crear sistemas de alerta temprana más eficaces y adaptados a las poblaciones urbanas. Además, el proyecto [Avances en la Iniciativa Alertas Tempranas para Todos en materia de Asociaciones y Participación Local \(PEOPLE\)](#) se centra en la investigación de los elementos estructurales y sociales de los sistemas ampliados de alerta temprana, con especial hincapié en la ciencia para y con la política y la práctica para mejorar la reducción eficaz de los riesgos. Por último, el Proyecto de Ayuda a la Toma de Decisiones en el África Vulnerable con Predicción Inmediata de la Convección (ADVANCE) engloba varios proyectos respaldados por el WWRP –como el [Programa de Alertas Tempranas para el África Meridional \(EWSA\)](#) de los [Servicios de Información Meteorológica y Climática para África \(WISER\)](#)– que aprovechan la ciencia y la tecnología para

perfeccionar la predicción inmediata por satélite, es decir, la predicción de fenómenos de evolución rápida, como las tormentas, en escalas temporales de hasta seis horas. Como resultado, el proyecto pretende no solo fomentar la tecnología de predicción inmediata, sino también ayudar a garantizar que todo el mundo reciba estas alertas tempranas y sepa qué medidas tomar para reducir el riesgo de impactos negativos.

Programa Mundial de Investigaciones Climáticas

En 1979, la OMM y las organizaciones asociadas celebraron en Ginebra la [Primera Conferencia Mundial sobre el Clima](#), que marcó el final de una década de creciente preocupación por las cuestiones relacionadas con los efectos de la actividad humana en el clima⁵. Las deliberaciones de la Conferencia dieron lugar a la [Declaración de la Conferencia Mundial sobre el Clima](#), en la que se hacía un llamamiento a la acción urgente para mejorar los conocimientos sobre el clima con el fin de prevenir posibles cambios climáticos provocados por el ser humano que pudieran ser adversos para el bienestar de la humanidad. Reconociendo la naturaleza interdisciplinaria de las cuestiones climáticas, el [WCRP se creó oficialmente en 1980](#) bajo el patrocinio conjunto del Consejo Internacional de Ciencias y la OMM para coordinar la investigación sobre el clima. En 1993, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) también se unió como institución patrocinadora.

Desde la puesta en marcha de sus primeras iniciativas en 1982 hasta su labor actual de coordinación y facilitación de la investigación internacional sobre el clima, el WCRP ha realizado importantes contribuciones al avance de la climatología para la sociedad. En

5 Sommeria, Gilles; Touzé-Peiffer, Ludovic. Le programme mondial de recherche sur le climat fête ses 40 ans. *La Météorologie*, 2019, 107, p. 10-13 10.4267/2042/70546. Versión en inglés disponible en [https://www.wcrp-climate.org/documents/2019/The%20World%20Climate%20Research%20Programme%20\(WCRP\)%20celebrates%20its%2040th%20anniversary.pdf](https://www.wcrp-climate.org/documents/2019/The%20World%20Climate%20Research%20Programme%20(WCRP)%20celebrates%20its%2040th%20anniversary.pdf).



particular, el WCRP ha desempeñado un papel fundamental en el apoyo al [Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático \(IPCC\)](#) desde su creación en 1988 por la OMM y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. El [Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados \(CMIP\)](#) del WCRP, que suministra proyecciones climáticas para comprender los cambios climáticos pasados, presentes y futuros, ha sido el núcleo de todos los Informes de Evaluación del [IPCC](#) que advierten a los gobiernos del estado de los conocimientos sobre el cambio climático. Además, las proyecciones del CMIP informan a las instancias políticas sobre la elaboración de políticas relativas al cambio climático a escala mundial, contribuyen a las evaluaciones nacionales y regionales, y apoyan a las instancias decisorias en diversos sectores, incluidos el financiero y el de los seguros.

Basándose en el CMIP, el Experimento Coordinado sobre Reducción de Escala de Modelos Climáticos Regionales (CORDEX) del WCRP respalda la adaptación eficaz al cambio climático mediante el suministro de proyecciones de cómo puede cambiar el clima en el futuro a escalas regionales para reforzar la determinación de posibles soluciones de adaptación. Por ejemplo, en el marco del [nuevo estudio piloto emblemático sobre la reducción de escala de alta resolución de ciclones tropicales en el Caribe de CORDEX](#), se elaboran proyecciones detalladas del comportamiento de los ciclones tropicales y de los impactos asociados en la región del Caribe, donde muchas islas pequeñas no están representadas en modelos climáticos con una mayor resolución. La información proporcionada por las proyecciones de alta resolución es esencial para fundamentar las estrategias de adaptación multisectoriales, reducir los riesgos y las vulnerabilidades, y mejorar la preparación ante los peligros naturales en consonancia con el Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres.

Asimismo, uno de los proyectos centrales del WCRP, [Clima y Criosfera \(CliC\)](#), promueve la comprensión de los cambios provocados por el clima en la criosfera para apuntalar los esfuerzos de mitigación y adaptación a sus

impactos sobre los ecosistemas y la sociedad humana. Los cambios en los glaciares no solo contribuyen al aumento global del nivel del mar, sino que también pueden dar lugar a nuevos peligros –como las crecidas por desbordamiento de lagos glaciares– y afectar a la disponibilidad de agua y a la energía hidroeléctrica, lo que puede repercutir enormemente en las comunidades locales. En consecuencia, el proyecto CliC impulsa la investigación sobre la dinámica de los glaciares a través del [Proyecto de Intercomparación de Modelos de Glaciares](#), cuyo objetivo es proporcionar, por primera vez, un marco para la intercomparación coordinada de modelos de cambio de masa de los glaciares a escala mundial. Además, el proyecto CliC contribuye a iniciativas internacionales, como el Año Polar Internacional, el [Año Internacional de la Conservación de los Glaciares 2025](#) y el [Decenio de Acción para las Ciencias Criosféricas 2025-2034](#), con el fin de aumentar la conciencia pública mundial sobre el papel fundamental de los glaciares y los efectos de su retroceso.

EIWCRP también reconoce la importancia de comprender qué investigación, datos e información sobre el clima se necesitan en un contexto regional y de comprometerse directamente con los usuarios. Por ejemplo, a partir de la [actividad faro Mi Riesgo Climático](#) se pretende desarrollar y generalizar un enfoque ascendente para entender el riesgo climático regional colaborando tanto con los investigadores, especialmente en el Sur Global, como con los usuarios de los datos climáticos, como agricultores, empresas y comunidades locales. Además, el [Proyecto Básico de Información Regional para la Sociedad \(RIfS\)](#) aprovecha las actividades vigentes del WCRP y amplía su alcance a fin de suministrar información climática de utilidad práctica a escala regional. En particular, el proyecto RIfS abordará los desafíos de cómo conciliar e integrar múltiples líneas de información climática (destilación) a fin de producir conocimientos relevantes para el contexto destinados a las instancias decisorias y estudiará las barreras que dificultan el uso de esta información.

Conclusión

Los programas de investigación de la OMM están generando un impacto mundial duradero, ya que facilitan avances científicos transformadores gracias a la colaboración internacional y fundamentan la política climática mundial, al tiempo que respaldan la consecución de los ODS. De cara al futuro, no se puede pasar por alto la importancia que reviste la investigación, ya que el mundo se enfrenta a desafíos cada vez más complejos que requerirán nuevas tecnologías, avances científicos y enfoques innovadores para alcanzar objetivos globales y un mundo mejor para las generaciones presentes y futuras.