

Nuevas directrices en el campo de la modelización climática: perspectiva del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas

por Gregory M. Flato¹, John Dunne², Baylor Fox-Kemper³, Andrew Gettelman⁴, Helene Hewitt⁵, Tatiana Ilyina⁶, Cath Senior⁵, Michael Sparrow⁷, Detlef Stammer⁶, Susann Tegtmeier⁸ y Pier Luigi Vidale⁹

El Programa Mundial de Investigaciones Climáticas* (WCRP) ha introducido una serie de nuevos proyectos básicos y actividades faro que prometen mejorar los servicios climáticos y la disponibilidad de información sobre el clima en todo el mundo. El WCRP fomentará y coordinará las actividades de modelización climática a escala mundial y regional; entre ellas la evaluación de modelos, la ejecución de nuevos escenarios climáticos y las competencias en materia de modelización de alta resolución a escala regional y mundial, a través de sus proyectos básicos y actividades faro.

Las nuevas actividades se basan en iniciativas ya consolidadas del WCRP, como el Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP), que está concluyendo su sexta fase. El CMIP consiste en un conjunto normalizado de experimentos históricos con modelos climáticos mundiales, tales como simulaciones, estudios de sensibilidad especializados y proyecciones futuras, que se llevan a cabo en centros de modelización climática de todo el mundo. El diseño experimental normalizado y un forzamiento específico permiten cierta caracterización de la incertidumbre del modelo, con independencia de la incertidumbre sobre las futuras vías de emisión. Además, los centros de modelización utilizan estructuras y formatos de datos comunes y los difunden en una plataforma integrada a escala mundial ([Marco de la retícula del sistema terrestre](#), ESGF), garantizando así que científicos de todo el mundo puedan acceder a los resultados de los modelos y llevar a cabo una gama cada vez mayor de análisis para realizar comparaciones

cada vez más exhaustivas de los resultados de los modelos con las observaciones, y así evaluar el rendimiento de los modelos utilizando una serie de herramientas comunitarias. (Más información en los dos artículos siguientes de este número del *Boletín*).

Los resultados del CMIP han supuesto una aportación fundamental a las evaluaciones climáticas nacionales e internacionales. Un ejemplo de ello es el [Atlas Interactivo](#) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el [Cambio Climático](#) (IPCC) que se basa, en gran medida, en los resultados de los modelos del CMIP para proporcionar proyecciones cuantitativas del clima futuro en diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. El hecho de que múltiples modelos produzcan estas proyecciones utilizando el mismo forzamiento permite ilustrar y cuantificar directamente tanto la incertidumbre asociada a la representación de modelos de diversos procesos como la vinculada a actividades humanas futuras desconocidas, así como a sus emisiones. Un ejemplo de ello se muestra en la figura 1, en lo que respecta a las proyecciones de la temperatura media global en la superficie. Este tipo de resultados han sido esenciales para los debates internacionales sobre política climática, ya que se establece un vínculo directo entre las vías alternativas de emisiones futuras y el futuro calentamiento, conectando así las medidas de mitigación a objetivos de temperaturas como los establecidos en el Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). El Atlas Interactivo

1 [Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá](#) (ECCC)

2 Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), División de Investigación Oceánica y Atmosférica (OAR), [Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos](#) (GFDL), Estados Unidos de América

3 [Departamento de Ciencias de la Tierra, Medioambientales y Planetarias](#) (DEEPS), Universidad de Brown

4 [Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste](#), Estados Unidos de América

5 [Centro Hadley del Met Office](#), Met Office, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte

6 [Centro para la Investigación del Sistema Tierra y la Sostenibilidad](#) (CEN), Universidad de Hamburgo; [Helmholtz-Zentrum Hereon](#); e [Instituto Max Planck de Meteorología](#)

7 [Programa Mundial de Investigaciones Climáticas](#) (WCRP), copatrocinado por la OMM, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental y el Consejo Internacional de Ciencias

8 [Instituto de Estudios Espaciales y Atmosféricos](#), Universidad de Saskatchewan

9 [Centro Nacional de Ciencias Atmosféricas](#) (NCAS), Departamento de Meteorología, Universidad de Reading

a) Cambio en la temperatura global en la superficie con respecto al período 1850-1900

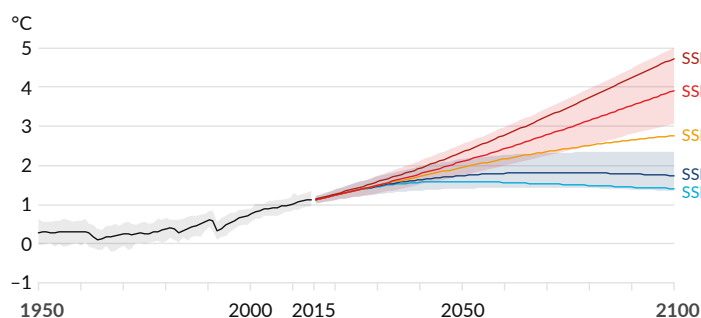


Figura 1. Temperatura media global del aire en superficie con respecto al período 1850-1900 en cinco escenarios de emisiones diferentes (etiquetados como SSPX-y.y). El rango sombreado, en torno a los escenarios SSP1-2.6 y SSP3-7.0, representa la dispersión de los resultados de los modelos del CMIP para estos escenarios. Resultados como este ilustran que, a finales de siglo, la incertidumbre relacionada con las emisiones futuras es mucho mayor que las diferencias en la respuesta de los modelos. (Figura SPM8(a) del Resumen para responsables de políticas del Grupo de trabajo I del IPCC (IPCC, 2021)).

del IPCC es utilizado por muchos países, especialmente aquellos que no cuentan con su propio proceso nacional de evaluación climática.

Estrechamente relacionado con el CMIP, el WCRP también organiza el [Experimento coordinado sobre reducción de escala](#) (CORDEX), en el que participan modelos climáticos regionales que operan en dominios de tamaño continental con una resolución mayor que la de los modelos globales del CMIP. Los resultados del CORDEX proporcionan “ventanas” de mayor resolución sobre el clima futuro en diferentes regiones y son especialmente valiosos para pronosticar los impactos del cambio climático en los colectivos que investigan en materia de adaptación, como los autores del Grupo de trabajo II del IPCC. La mayor resolución del CORDEX permite comprender mejor las condiciones meteorológicas extremas dentro de las ventanas de enfoque.

Los proyectos del CMIP y del CORDEX proporcionan conjuntamente una aportación esencial a la planificación de la adaptación al clima y la mitigación de sus efectos, y constituyen la base de gran parte de la información cuantitativa de los servicios climáticos, sirviendo de apoyo a los profesionales y a los responsables de la toma de decisiones de todo el mundo.

Nuevos proyectos y actividades

Desde su creación en 1980, el WCRP ha evolucionado para mantenerse a la vanguardia de la climatología y garantizar que su estructura y sus programas respondan tanto a las necesidades de la comunidad científica como de los usuarios. Recientemente, el Programa se ha reorganizado un poco para gestionar mejor sus diversas iniciativas de modelización y observación del clima. En el año 2020 se pusieron en marcha dos nuevos proyectos básicos. El primero, [Modelización y observación del sistema Tierra](#), tiene como objetivo avanzar en las predicciones y proyecciones del sistema Tierra en escalas temporales que van desde semanas a siglos. Para ello, fomentará los marcos integrados de modelos y observaciones, mejorará el seguimiento, la comprensión y la atribución de los cambios e impactos del sistema Tierra con una sólida cuantificación de la incertidumbre, y analizará y aprovechará las nuevas tecnologías

de la modelización y la observación. Algunos grupos de trabajo del WCRP, como el Grupo de trabajo sobre la elaboración de modelos combinados y su Grupo de expertos del CMIP, dependen ahora del citado proyecto.

El segundo proyecto básico, [Información regional para la sociedad](#), pretende aumentar los vínculos entre la investigación climática y las necesidades de información de la sociedad. Utilizando un marco de creación compartida y coproducción, este proyecto se compromete a basarse en los principios básicos de la investigación y así proporcionar información práctica que integre los mejores conocimientos científicos disponibles para cada contexto en la toma de decisiones. De este modo el proyecto responderá, de forma adaptativa, a lo largo del tiempo, a las necesidades cambiantes de la sociedad. El citado proyecto de Información regional para la sociedad incluye la iniciativa CORDEX. Estos nuevos proyectos básicos se unen a la excelente compañía de [otros proyectos básicos](#): Proyecto relativo al clima y a la criosfera (CliC), Variabilidad y predecibilidad del clima (CLIVAR), Experimento Mundial sobre la Energía y el Ciclo Hídrico (GEWEX) y Procesos estratosféricos y su función en el clima (SPARC).

Además de estos nuevos proyectos, el WCRP ha creado también varias [actividades faro](#) para concentrar los esfuerzos en temas concretos de alta prioridad. Una de ellas, [Mundos Digitales](#), impulsa el desarrollo de la modelización del sistema Tierra de alta resolución (escala horizontal inferior a 10 km) y la explotación de miles de millones de observaciones con tecnologías digitales como la computación de alto rendimiento, los macrodatos y la inteligencia artificial. La modelización climática regional y mundial de alta resolución es técnicamente posible y necesaria para simular fenómenos meteorológicos extremos en el contexto del cambio climático. Y esta modelización también es esencial para su conexión con los modelos de los sistemas humanos (sistemas hídricos, redes energéticas, zonas urbanas, etc.), a fin de traducir los impactos climáticos en impactos sobre la sociedad. Aunque los modelos a escala kilométrica no podrán resolver todas las incertidumbres relacionadas con la predicción y proyección del clima futuro, los Mundos Digitales impulsarán innovaciones que garanticen que la comunidad internacional de investigación climática pueda aprovechar al máximo las nuevas y apasionantes tecnologías.

El objetivo general de la actividad de los Mundos Digitales es llevar a cabo estudios que apoyen el establecimiento del sistema integrado de información digital interactiva, que abarquen el pasado, el presente y el futuro de nuestro planeta. Ello incluye la vinculación con la observación y una especial conexión con los modelos de sistemas humanos. Reconociendo que los Mundos Digitales son relevantes para las actividades de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) fuera del WCRP, se están explorando vínculos con el Programa Mundial de Investigación Meteorológica y con la [Vigilancia de la Atmósfera Global](#).

Otra nueva actividad faro, [Explicar y predecir el cambio del sistema Tierra](#), abordará la formulación de políticas sólidas para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo, lo cual requiere una comprensión cuantitativa de cómo y por qué se están produciendo cambios específicos en el sistema Tierra, y de los que podrían ocurrir en el futuro. Explicar cuantitativamente los cambios observados, mediante una sólida detección y atribución basada en procesos, también es fundamental para especificar la confianza en las evaluaciones, predicciones y proyecciones climáticas. Sin embargo, la capacidad de ofrecer estas prestaciones está poco desarrollada. El objetivo general de esta actividad faro es diseñar —dando pasos importantes hacia su consecución— una capacidad integrada de observación cuantitativa, explicación, alerta temprana y predicción de los cambios del sistema Tierra a escala mundial y regional, con especial atención en las escalas temporales desde plurianuales a decenales.

Esto incluye tres temas principales:

- observación y modelización del cambio del sistema Tierra;
- atribución, predicción y proyección integradas (incluyendo la alerta temprana y la posibilidad de un cambio abrupto);
- evaluación de riesgos actuales y futuros.

Estado y proyectos

Los nuevos proyectos básicos y actividades faro del WCRP ya están en marcha. La Conferencia científica abierta del WCRP, un acontecimiento único en su género, que se celebró en Kigali (Ruanda) del 23 al 27 de octubre, acogió numerosas reuniones directamente relacionadas con las nuevas actividades de modelización del clima, brindando a los científicos de los países desarrollados y en desarrollo la oportunidad de debatir sobre las prioridades.

Con la sexta fase del CMIP a punto de finalizar, la planificación de la séptima ya está en marcha, con nuevas actividades en el ámbito de la modelización climática de alta resolución. El artículo de este número del Boletín titulado “Servicios climáticos basados en predicciones y

proyecciones climáticas” analiza cómo el proyecto básico de Información regional para la sociedad está aumentando los esfuerzos de la OMM para mejorar los servicios climáticos y la disponibilidad de información sobre el clima en todo el mundo.

El WCRP seguirá garantizando que los resultados de los modelos climáticos estén disponibles para su evaluación, que los nuevos escenarios climáticos se definan y documenten adecuadamente, y que la comunidad del WCRP participe de manera plena en la definición del alcance y la redacción de los informes de evaluación del IPCC. En términos más generales, los resultados de los proyectos y actividades del WCRP seguirán contribuyendo a los fundamentos científicos de la política climática nacional e internacional y a los esfuerzos de mitigación como los asociados al Acuerdo de París.

Para conocer más detalles sobre todas las actividades del WCRP, por favor consulte su página web: <https://www.wcrp-climate.org/>.

* El WCRP, patrocinado conjuntamente por la OMM, el Consejo Internacional de Ciencias (antiguo Consejo Internacional para la Ciencia, ICSU) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, coordina y facilita la investigación internacional sobre el clima para desarrollar, compartir y aplicar los conocimientos climáticos que contribuyen al bienestar de la sociedad. El Programa ha encabezado numerosas e influyentes actividades multinacionales en materia de investigación climática y ha desarrollado estructuras institucionales que siguen sirviendo tanto a la comunidad científica como a la de los servicios relacionados con el clima.

Referencias

IPCC, 2021: Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2021: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (eds.)].

Enlaces relacionados

[Aprovechamiento de la ciencia, la tecnología y los servicios del sistema Tierra para reducir los riesgos de desastre: contribuciones de la Organización Meteorológica Mundial, 2022, Boletín de la OMM 71\(1\).](#)

[Towards Kilometre-scale Earth System Modelling — Meteoworld, marzo de 2023, OMM.](#)