

Servicios climáticos basados en predicciones y proyecciones climáticas

por Chris Hewitt and Wilfran Moufouma-Okia, Secretaría de la OMM

Las predicciones y proyecciones climáticas, junto con las observaciones y los productos de control y vigilancia, conforman la base para desarrollar servicios climáticos personalizados en comunidades que necesitan implementar urgentemente planes de adaptación al clima y emprender una gestión de riesgos. En muchos países y regiones, la adaptación al clima y la gestión de riesgos se ven afectadas por la escasez de servicios de información climática que orienten la toma de decisiones. Muchos Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) carecen de la experiencia, la infraestructura y los datos climáticos necesarios (por ejemplo, observaciones y predicciones y proyecciones generadas por modelos) para elaborar servicios climáticos. Habiendo completado su fase inicial de implementación de 10 años, el [Marco Mundial para los Servicios Climáticos](#) (MMSC) se centrará ahora en cinco áreas para priorizar el desarrollo y la adopción de servicios de información climática.

Desarrollo y uso de servicios climáticos

Los servicios climáticos consisten en el suministro y uso de información climática para mejorar la resiliencia de la sociedad a los riesgos relacionados con el clima (Hewitt y Stone, 2021). La información climática contenida en estos servicios procede de diversas fuentes, como observaciones y vigilancia del sistema climático, predicciones del clima a escala mensual, estacional y a más largo plazo, y proyecciones multidecenales del clima bajo diversos escenarios de concentraciones de gases de efecto invernadero, aerosoles y otros componentes atmosféricos que afectan al equilibrio radiativo del planeta.

Los servicios se desarrollan y se prestan con la intención de ayudar a los destinatarios de estos (en adelante, los usuarios) a tomar decisiones y emprender acciones. Los servicios pueden proporcionar a las personas y organizaciones información y conocimientos oportunos y personalizados sobre el clima que pueden utilizar para reducir las pérdidas relacionadas con el mismo y obtener o mejorar sus beneficios, contribuyendo así al desarrollo sostenible y a la transición hacia una sociedad más resiliente al clima.

Los servicios climáticos se han venido prestando y utilizando de diversas formas desde, al menos, principios del siglo XX, cuando la información climática comenzó a estar ampliamente disponible. Originalmente, estos servicios se ofrecían en forma de registros climáticos basados en conjuntos de

datos de observación a largo plazo y, después, en forma de información predictiva a medida que se desarrollaban modelos climáticos. Durante el siglo XXI, el término “servicios climáticos” comenzó a utilizarse de manera más extendida, impulsado por los grandes avances en el desarrollo de las capacidades científicas y técnicas. El valor que los servicios proporcionaban a la sociedad para la planificación de la mitigación y adaptación al clima y a las instancias decisorias en la gestión de riesgos estimuló un creciente interés por el mayor valor potencial de los servicios.

Los avances en la comprensión del sistema climático y en los modelos del clima que se utilizan para hacer predicciones y proyecciones (descritos en otros artículos de este *Boletín*) están permitiendo la mejora continua de los servicios climáticos. Los progresos en la capacidad de modelización se esfuerzan por proporcionar información más útil y procesable, por ejemplo para anticipar acontecimientos impactantes como olas de calor, olas de frío, precipitaciones intensas, inundaciones costeras y tormentas tropicales (White y otros, 2021, Domeisen y otros, 2022).

Los servicios climáticos están cada vez más integrados en la toma de decisiones y forman parte de la [Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático](#) (por ejemplo, dentro del Acuerdo de París, CMNUCC, 2015), los Informes de Evaluación del [Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático](#) (IPCC), los planes nacionales de adaptación de los gobiernos, las inversiones de los organismos de financiación y un número cada vez mayor de sectores e industrias de todo el mundo.

Nuevo enfoque para el Marco Mundial para los Servicios Climáticos

El Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) apoya, refuerza y coordina el desarrollo, la prestación y el uso de servicios climáticos para contribuir a la toma de decisiones, ayudando a hacer frente a los riesgos relacionados con el clima a escala nacional, regional y mundial (Hewitt y otros, 2012). Jefes de Estado, ministros del gobierno, representantes de la industria y expertos científicos y técnicos pidieron la creación del MMSC en la [tercera Conferencia Mundial sobre el Clima, celebrada en 2009](#), y el Congreso Meteorológico Mundial lo adoptó formalmente en una reunión extraordinaria en 2012. En el MMSC participan las partes interesadas de toda la cadena de valor de los servicios climáticos (Hewitt y Stone, 2021).

La visión del MMSC es permitir a la sociedad gestionar mejor los riesgos y oportunidades derivados de la variabilidad del clima y el cambio climático, utilizando información climática basada en el conocimiento científico. Se fundamenta en los cinco elementos esenciales de la cadena de valor de los servicios climáticos (figura 1) para abordar los elementos críticos necesarios para una coordinación, diseño conjunto, difusión y asimilación eficaces de los servicios climáticos:

- Observaciones y vigilancia del clima
- Investigación, modelización y predicción del clima
- Sistema de Información de Servicios Climáticos
- Compromiso entre usuarios y proveedores de servicios climáticos
- Creación de capacidad

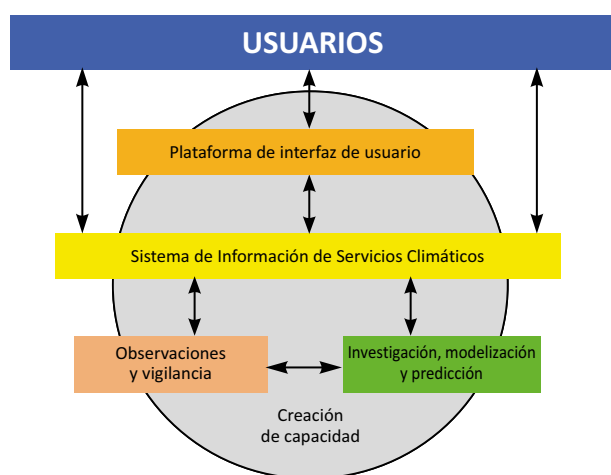


Figura 1: Cadena de valor de los servicios climáticos del MMSC.

El [Plan de Implementación](#) inicial del MMSC tenía un horizonte de diez años y se centraba en el desarrollo y la prestación de servicios en cinco sectores específicos que presentan las oportunidades más inmediatas para aportar beneficios a la seguridad y el bienestar humanos y que ocupan un lugar destacado en los planes nacionales de adaptación (PNAD) de muchos países. Los cinco sectores son la agricultura y la seguridad alimentaria, la reducción de riesgos de desastre, la salud, el agua y la energía. En la actualidad, el MMSC está integrado en muchos SMHN y en las actividades de los servicios climáticos de todo el mundo, entre ellas las actividades de las comisiones técnicas, las asociaciones regionales y la Junta de Investigación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

El panorama de los servicios climáticos ha evolucionado considerablemente desde la creación del MMSC. Algunos elementos han adquirido mayor importancia, como la normalización y la orientación sobre las mejores prácticas en los servicios climáticos, los Marcos Nacionales para los Servicios Climáticos (MNSC) para la coordinación a nivel nacional, y la creación de un foro que facilite un compromiso más amplio en toda la cadena de valor de dichos servicios. Por lo tanto, tras las decisiones del [Congreso Meteorológico Mundial en 2019](#) y del [Consejo Ejecutivo de la OMM en 2022](#), el MMSC ha entrado en una nueva fase de aplicación a partir de 2023 con el objetivo de revitalizar sus actividades, su eficacia y su visibilidad.

El nuevo enfoque del MMSC consta de cinco grandes temas, resumidos en la figura 2 y explicados en los cinco párrafos siguientes.

El MMSC seguirá proporcionando un entorno propicio para alinear las políticas e inversiones nacionales en

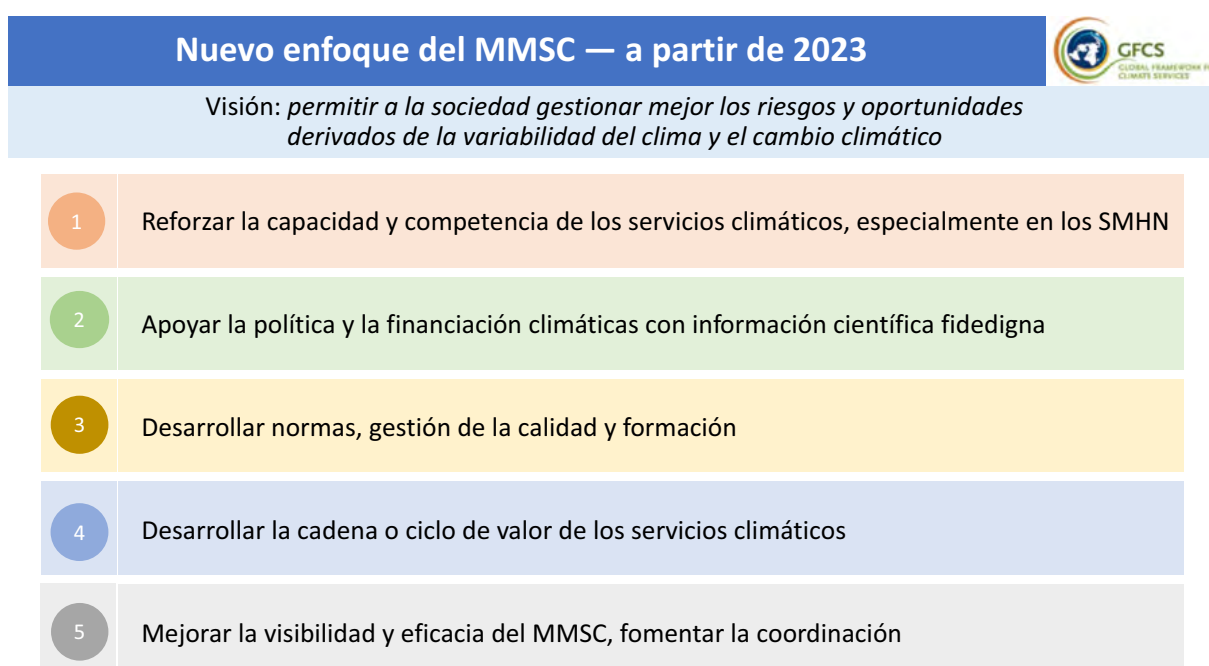


Figura 2: Visión del nuevo enfoque del MMSC con cinco temas centrales y ejemplos de actividades.

materia de clima mediante el desarrollo de conocimientos climáticos, herramientas e informes emblemáticos con socios clave. Por ejemplo, el MMSC seguirá contribuyendo a la elaboración de informes anuales como el [Estado del clima](#) mundial y regional y el [Estado de los servicios climáticos](#), que proporcionan la base científica para la acción y se incorporan cada año a las reuniones de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC. El MMSC ya ha desarrollado varias herramientas y métodos con socios clave para ayudar a los países a incorporar la información de la ciencia del clima en inversiones, planes y políticas, por ejemplo, con el [Fondo Verde para el Clima](#) y la Comisión Europea.

El MMSC continuará reforzando las capacidades y competencias de los servicios climáticos, especialmente en los SMHN, ya que son fundamentales para las actividades de los servicios climáticos nacionales en la mayoría de los países. El MMSC seguirá recopilando y analizando datos sobre la capacidad de los proveedores de servicios climáticos y las necesidades de las instancias decisorias y normativas. Además, colaborará en la elaboración de los PNAD para identificar las prioridades sectoriales y las áreas técnicas en las que se necesita apoyo. A nivel nacional, fomentará la creación de MNSC para coordinar el desarrollo, la prestación y el uso de los servicios climáticos. Bajo el paraguas de un MNSC, los Foros Nacionales sobre el Clima reunirán a las principales partes interesadas para debatir cuestiones climáticas nacionales, ya sea para vigilar el clima, para anticiparse a las próximas estaciones y a los responsables de la política espacial de los próximos años, o para fundamentar las decisiones de adaptación al cambio climático y mitigación de este a más largo plazo, en función de las necesidades nacionales específicas.

Es necesario seguir desarrollando los componentes esenciales de la cadena o ciclo de valor de los servicios climáticos, así como las interconexiones entre ellos. Hay que garantizar que se genera valor para las instancias decisorias y que se posibilita la acción. Varios órganos de la OMM, así como sus órganos copatrocinados, desempeñan un papel importante en la cadena de valor, por ejemplo sus comisiones técnicas, el [Programa Mundial de Investigaciones Climáticas](#) (WCRP), el IPCC y el [Sistema Mundial de Observación del Clima](#) (GCOS).

Cada vez es más necesario evaluar las capacidades de los proveedores de servicios climáticos y elaborar orientaciones sobre normas y competencias para dichos servicios. La implantación de un sistema de gestión de la calidad en los servicios climáticos garantizará el cumplimiento de los requisitos reglamentarios, el desarrollo de prácticas de gestión sólidas y coherentes y que los requisitos y expectativas de las partes interesadas y los clientes se satisfagan de manera consistente. Una vez más, varios órganos de la OMM son importantes en este sentido, en particular la [Comisión de Aplicaciones y Servicios Meteorológicos, Climáticos, Hidrológicos, Marinos y Medioambientales Conexos](#) (SERCOM).

Por último, es necesario mejorar la visibilidad y la eficacia del MMSC para evitar la fragmentación y la duplicación, y facilitar y reforzar las actividades. Dado que tanto el panorama de los servicios climáticos como la necesidad de información sobre el clima han crecido, un marco mundial para los servicios climáticos es hoy aún más importante y relevante que cuando se solicitó en 2009. La coordinación a escala mundial, regional y nacional es esencial. De cara al futuro, el MMSC proporcionará un foro para que las partes interesadas se comuniquen, compartan conocimientos y colaboren.

Sistema de Información de Servicios Climáticos

El Sistema de Información de Servicios Climáticos (CSIS) coordina el desarrollo, archivo, producción conjunta y uso de información climática por parte de las instancias decisorias. Define las funciones de los organismos y otras entidades, como las instituciones académicas, en el desarrollo de los servicios climáticos. También organiza de forma coherente los distintos tipos de información climática y facilita asistencia técnica para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a comprender cómo integrar la información climática en sus procesos de planificación.

El CSIS es el principal mecanismo del MMSC a través del cual se produce, archiva, analiza, modela, intercambia y procesa de forma rutinaria información sobre el clima. Como “motor operativo” del MMSC, el CSIS lleva a cabo diversas funciones a través de instituciones colaboradoras de ámbito mundial, regional y nacional, abarcando desde escalas espaciales globales hasta locales, desde el pasado hasta el futuro (figura 3). El CSIS apoya la producción y entrega de productos acreditados de información climática y facilita la interacción entre proveedores y usuarios de servicios climáticos a través de mecanismos operativos, normas técnicas, comunicación y autenticación.

Las predicciones y proyecciones climáticas mundiales del CSIS son posibles gracias a 14 Centros Mundiales de Producción de Predicciones a Largo Plazo designados por la OMM y a un Centro Principal de Predicción a Largo Plazo mediante Conjuntos Multimodelos que recopila las predicciones retrospectivas y en tiempo real de los 14 centros mundiales. El Centro Principal elabora predicciones de conjuntos multimodelos y productos de verificación a escala estacional y anual, tal como se definen en el Sistema de Verificación Normalizada de Predicciones a Largo Plazo de la OMM (figura 4).

Las predicciones climáticas a corto plazo (mensuales, estacionales o plurianuales) son útiles para la toma de decisiones en materia de adaptación y resiliencia climáticas y constituyen herramientas importantes para la sociedad. Los modelos climáticos inicializados a partir del estado actual del clima producen ahora predicciones a corto plazo de forma rutinaria. La OMM ha designado cinco Centros Mundiales y un Centro Principal de Producción de Predicciones

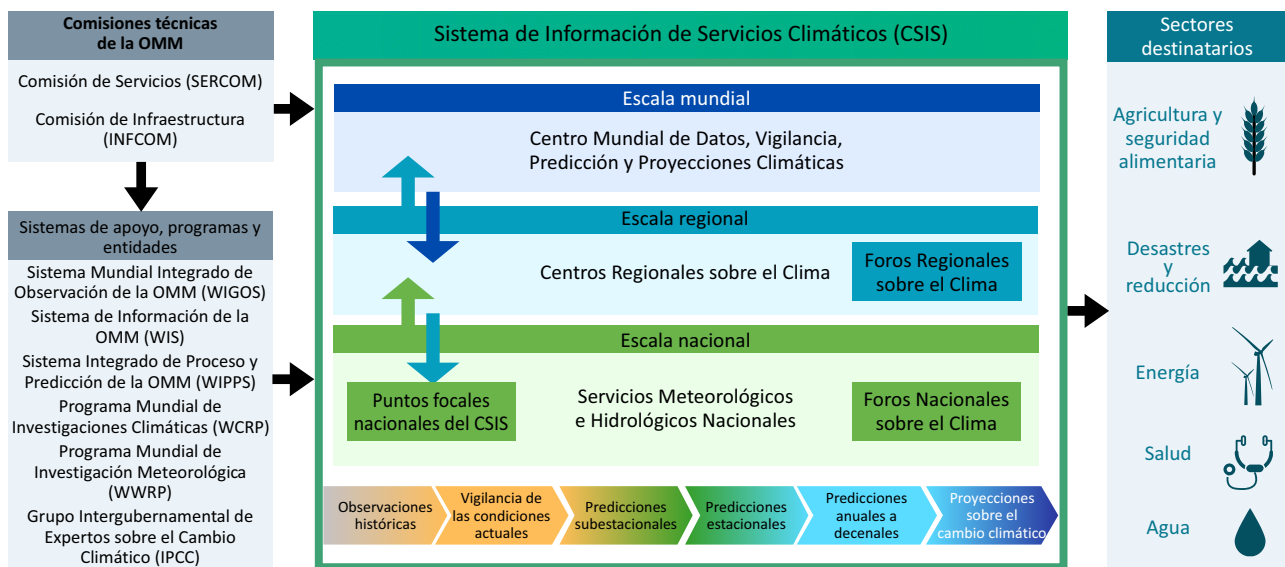


Figura 3: Componentes y entidades de apoyo en el enfoque en cascada de tres niveles para la aplicación de servicios de información climática a escala mundial, regional y nacional.



Figura 4: Los 14 Centros Mundiales de Producción de Predicciones a Largo Plazo designados por la OMM.

- Centro Climatológico de Beijing (BCC) de la Administración Meteorológica de China
- Centro Euromediterráneo para el Cambio Climático (CMCC)
- Centro de Predicción del Tiempo e Investigación Climática (CPTEC)
- Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF)
- Servicio Meteorológico (Reino Unido, Exeter), Oficina de Meteorología de Australia (Melbourne)
- Servicio Meteorológico de Canadá (Montreal)
- Centro de Investigación Hidrometeorológica de Rusia (Moscú)
- Servicio Meteorológico de Alemania (Offenbach)
- Servicio Meteorológico de Sudáfrica (Pretoria)
- Departamento de Meteorología de la India (Pune)
- Administración Meteorológica de Corea (Seúl)
- Centro Climático de Tokio, Servicio Meteorológico del Japón (Tokio)
- Servicio Meteorológico de Francia (Toulouse)
- Centros Nacionales de Predicción del Medioambiente (Washington)

Climáticas Anuales a Decenales que participan y son responsables de la recopilación, coordinación y difusión de las predicciones y actualizaciones climáticas mundiales anuales a decenales. Algunas otras instituciones contribuyen al trabajo realizado por los citados centros mundiales de producción, a saber, el Servicio Meteorológico del Reino Unido, el Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá, el Servicio Meteorológico de Alemania, el Barcelona Supercomputing Center (Centro Nacional de Supercomputación) en España, y la Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth de Australia.

A nivel regional, entre los elementos habilitadores del CSIS se encuentran los Centros Regionales sobre el Clima (CRC, figura 5) de la OMM. Estos centros de excelencia crean productos climáticos basados en las predicciones y proyecciones climáticas en apoyo de las actividades climáticas regionales y nacionales. De este modo, fortalecen la capacidad de los SMHN de sus regiones, que siguen siendo responsables de la producción de servicios climáticos dirigidos a los usuarios (productos, alertas y avisos) a escala nacional. Los SMHN de cada región son los principales usuarios de los productos de cada CRC; otros CRC y SMHN de regiones vecinas también pueden beneficiarse de la información generada por un CRC determinado.

Los Centros Mundiales de Producción de Predicciones, tanto a Largo Plazo como Climáticas Anuales a Decenales, así como los CRC designados por la OMM forman parte integral del [Sistema Integrado de Proceso y Predicción de la OMM](#) (WIPPS), que aglutina a todos los sistemas operados por los Miembros de la OMM, incluidos aquellos coordinados conjuntamente con otras organizaciones internacionales.

Las proyecciones de los modelos climáticos realizadas a través del [Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados](#) (CMIP) y del [Experimento coordinado sobre](#)

[reducción de escala de modelos climáticos regionales](#) (CORDEX), bajo los auspicios del WCRP, constituyen un importante apoyo para las actividades del CSIS en las escalas temporales del cambio climático. Las proyecciones de estos modelos están condicionadas por la evolución de las concentraciones de gases de efecto invernadero, aerosoles y otros componentes atmosféricos. Los conjuntos multimodelo y los grandes conjuntos están diseñados para abarcar las posibilidades del clima futuro. El objetivo de estas proyecciones de modelos climáticos no es captar plenamente todos los detalles de la evolución cotidiana del sistema climático en el futuro, sino más bien representar los procesos físicos dominantes del sistema climático de manera que estas herramientas sean adecuadas para fines específicos. Un objetivo importante es comprender las repercusiones geofísicas de un mundo donde la temperatura media global de la superficie terrestre sea más de 1,5 °C más cálida que en la era preindustrial. Aunque existe un amplio consenso sobre el hecho de que las emisiones continuas de gases de efecto invernadero provocarán un calentamiento creciente a largo plazo e intensificarán los peligros múltiples y concurrentes, las incertidumbres sobre los cambios climáticos aumentan a medida que se pasa de la escala global a la regional y a la nacional.

Existen varias iniciativas y portales que proporcionan información sobre el cambio climático a los usuarios y que mejoran la base científica climática de los PNAD. Por ejemplo, el [Consejo Asesor sobre Vulnerabilidad, impactos, adaptación y servicios climáticos](#) se creó para establecer un puente sólido entre los expertos en aplicaciones del cambio climático y los modeladores climáticos para la sexta fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6) y para desarrollar conjuntamente información para las instancias decisorias que gestionan los riesgos previstos (Ruane y otros, 2016). Gran parte de esta actividad se dirige a la evaluación de la vulnerabilidad, los impactos y la

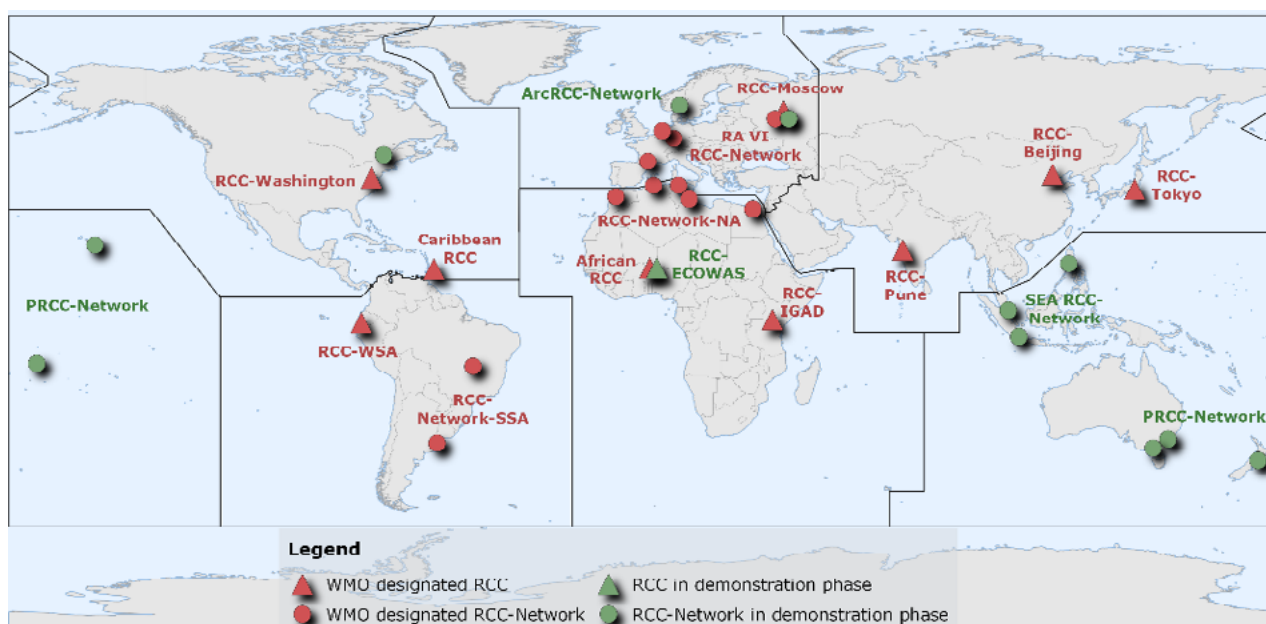


Figura 5: Situación de los Centros (RCC) y Redes (RCC-Network) Regionales sobre el Clima de la OMM.

adaptación de los sistemas humanos y naturales en relación con el cambio climático pasado, presente y previsto. Otro ejemplo es el [Atlas Interactivo del Sexto Informe de Evaluación](#) del IPCC, que evalúa aspectos fundamentales de los cambios observados, atribuidos y proyectados, así como el rendimiento de los modelos climáticos (Gutiérrez y otros, 2021).

La mayoría de las proyecciones disponibles del CMIP cuentan con resoluciones espaciales del orden de 100 kilómetros (km). Algunos modelos climáticos regionales ofrecen proyecciones de resolución más fina (10 a 50 kilómetros) a través de CORDEX. Sin embargo, dado que la demanda de servicios climáticos suele estimularse a escalas subnacional, nacional y regional, existe una necesidad crítica de acceder y producir proyecciones climáticas con una resolución mucho mayor. Por ejemplo, el [Servicio de Cambio Climático de Copernicus](#) (C3S) ha iniciado un esfuerzo, a través del proyecto [Climate Data Factory](#), para reducir la escala de las proyecciones del CMIP a unos 9 km de resolución sobre Europa, combinando técnicas estadísticas avanzadas y reanálisis atmosféricos del clima mundial que cubren el periodo desde 1940 hasta la actualidad. La comunidad científica también está realizando grandes esfuerzos para producir proyecciones climáticas con una resolución horizontal de aproximadamente 1 km, utilizando modelos climáticos tanto globales como regionales (Schär y otros, 2020). De tener éxito, las ventajas incluirían una mejor simulación del ciclo hidrológico y de los fenómenos extremos.

Los datos, la información y los conocimientos en los que se basan los servicios climáticos son fundamentales para su desarrollo, prestación y uso. Los modelos climáticos son herramientas esenciales para comprender mejor el clima y su variabilidad, para ayudar a llenar los vacíos en el conocimiento basado en observaciones del clima pasado y actual, y para predecir cómo será el clima en el futuro. Le animamos a leer los demás artículos de este *Boletín*.

Referencias

- Domeisen, D. I., White, C. J., Afargan-Gerstman, H., Muñoz, Á. G., Janiga, M. A., Vitart, F., Wulff, C. O., Antoine, S., Ardilouze, C., Batté, L., Bloomfield, H. C., Brayshaw, D. J., Camargo, S. J., Charlton-Pérez, A., Collins, D., Cowan, T., Chaves, M. d. M., Ferranti, L., Gómez, R., González, P. L., Romero, C. G., Infanti, J. M., Karozis, S., Kim, H., Kolstad, E. W., LaJoie, E., Lledó, L., Magnusson, L., Malguzzi, P., Manrique-Suñén, A., Mastrangelo, D., Materia, S., Medina, H., Palma, L., Pineda, L. E., Sfetsos, A., Son, S.-W., Soret, A., Strazzo, S. y Tian, D. (2022). Advances in the subseasonal prediction of extreme events: Relevant case studies across the globe. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/103/6/BAMS-D-20-0221.1.xml>.
- Gutiérrez, J. M., Jones, R. G., Narisma, G. T., Alves, L. M., Amjad, M., Gorodetskaya, I. V., Grose, M., Klutse, N. A. B., Krakovska, S., Li, J., Martínez-Castro, D., Mearns, L. O., Mernild, S. H., Ngo-Duc, T., Hurk, B. van den y Yoon, J.-H. (2021): Atlas. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [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.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, pp. 1927-2058, doi:10.1017/9781009157896.021.
- Hewitt, C., Mason, S. y Walland, D. (2012). The Global Framework for Climate Services. *Nature Climate Change*, 2 (12), 831-832. <https://doi.org/10.1038/nclimate1745>.
- Hewitt, C. D. y Stone, R. (2021). Climate services for managing societal risks and opportunities. *Climate Services*, 23, 100240. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2021.100240>.
- Ruane, A. C., Teichmann, C., Arnell, N. W., Carter, T. R., Ebi, K. L., Frieler, K., Goodess, C. M., Hewitson, B. y otros (2016). The Vulnerability, Impacts, Adaptation and Climate Services Advisory Board (VIACS AB v1.0) contribution to CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9 (9), 3493-3515. 10.5194/gmd-9-3493-2016.
- Schär, C., Fuhrer, O., Arteaga, A., Ban, N., Charpilloz, C., Girolamo, S. D. y otros (2020). Kilometer-scale climate models: Prospects and challenges. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 101: E567-E587. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0167.1>.
- Taylor, K. E., Stouffer, R. J. y Meehl, G. A. (2012). An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 93, 485-498. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>.
- White, C. J., Carlsen, H., Robertson, A. W., Klein, R. J., Lazo, J. K., Kumar, A., Vitart, F., Coughlan de Perez, E., Ray, A. J., Murray, V., Bharwani, S., MacLeod, D., James, R., Fleming, L., Morse, A. P., Eggen, B., Graham, R., Kjellström, E., Becker, E., Pegion, K., Holbrook, N. J., McEvoy, D., Depledge, M., Perkins-Kirkpatrick, S., Brown, T. J., Street, R., Jones, L., Remenyi, T. A., Hodgson-Johnston, I., Buontempo, C., Lamb, R., Meinke, H., Arheimer, B. y Zebiak, S. E. (2017). Potential applications of subseasonal-to-seasonal (S2S) predictions. *Meteorol. Appl.*, <http://doi.wiley.com/10.1002/met.1654>.