

# Sistema mundial de observación del clima

## Resumen ejecutivo

GCOS-239

ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА  
НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ  
НЕУСТАННО СЛЕДИМ ЗА КЛИМАТОМ

SYSTÈME MONDIAL  
D'OBSERVATION DU CLIMAT  
NOUS VEILLONS SUR LE CLIMAT

النظام العالمي  
لرصد المناخ  
لنضع المناخ نصب أعيننا

全球气候观测系统  
密切监视气候

SISTEMA MUNDIAL  
DE OBSERVACIÓN DEL CLIMA  
SIEMPRE VIGILANDO EL CLIMA

GLOBAL CLIMATE  
OBSERVING SYSTEM  
KEEPING WATCH OVER OUR CLIMATE



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA MUNDIAL

COMISIÓN OCEANOGRÁFICA  
INTERGUBERNAMENTAL

# **ESTADO DEL SISTEMA MUNDIAL DE OBSERVACIÓN DEL CLIMA EN 2021**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

**2021**

**GCOS-239**

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL MEDIO AMBIENTE

CONSEJO INTERNACIONAL  
DE CIENCIAS

*Sírvase utilizar la siguiente referencia para citar el presente documento:*

*GCOS, 2021: Estado del Sistema Mundial de Observación del Clima en 2021: Resumen ejecutivo (GCOS-239), OMM, Ginebra.*

**© Organización Meteorológica Mundial, 2021**

La OMM se reserva el derecho de publicación en forma impresa, electrónica o de otro tipo y en cualquier idioma. Pueden reproducirse pasajes breves de las publicaciones de la OMM sin autorización siempre que se indique claramente la fuente completa. La correspondencia editorial, así como todas las solicitudes para publicar, reproducir o traducir la presente publicación, parcial o totalmente, deberán dirigirse al:

Presidente de la Junta de Publicaciones

Organización Meteorológica Mundial (OMM)

7 bis, avenue de la Paix

Case postale 2300

CH-1211 Genève 2, Suiza

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03

Fax: +41 (0) 22 730 80 40

Correo electrónico: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

**NOTA**

Las denominaciones empleadas en las publicaciones de la OMM y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no entrañan, de parte de la Organización, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de determinados productos o sociedades mercantiles no implica que la OMM los favorezca o recomiende con preferencia a otros análogos que no se mencionan ni se anuncian.

Las observaciones, interpretaciones y conclusiones expresadas en las publicaciones de la OMM por autores cuyo nombre se menciona son únicamente las del autor y no reflejan necesariamente las de la Organización ni las de sus Miembros.

La presente publicación ha sido objeto de una edición somera.

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente informe consiste en comunicar a los encargados de la formulación de políticas, así como a quienes supervisan las redes de observación y las observaciones por satélite, la situación del sistema mundial de observación del clima, sus recientes mejoras y logros, y sus lagunas y deficiencias.

El Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS) se creó en 1992 para ayudar a desarrollar y coordinar un sistema mundial de observación del clima en el que se sustentaran simultáneamente la comprensión científica del cambio climático, la formulación de políticas, la información pública y las actividades de planificación para fines de adaptación y mitigación.

El GCOS elabora periódicamente informes sobre el estado del sistema mundial de observación del clima (los denominados informes de estado o de adecuación) y los presenta a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Este es el quinto informe de ese tipo, y en él se analiza la evolución que ha experimentado el sistema de observación desde la publicación del anterior informe en 2015 (GCOS-195).

En 2014, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) declaró que las pruebas del cambio climático eran inequívocas, por lo que en el Plan de Ejecución del GCOS de 2016 (GCOS-200) se indicó que el GCOS no solo debía centrarse en la observación del clima desde una perspectiva científica, sino que también debía respaldar la formulación de políticas y las actividades de planificación. A raíz de ese cambio, se establecieron dos nuevas esferas de trabajo para el GCOS.

En la primera de ellas se examina el grado de eficacia del monitoreo de los ciclos climáticos mundiales<sup>1</sup>. Al evaluar el grado de eficacia alcanzado a la hora de observar dichos ciclos mediante las variables climáticas esenciales<sup>2</sup> en su conjunto, el GCOS ha determinado la existencia de lagunas e incoherencias en el sistema mundial de observación del clima. En el Plan de Ejecución del GCOS de 2016 se adoptó un nuevo enfoque: no concentrarse únicamente en la calidad de variables climáticas esenciales específicas, sino también considerar que, en conjunto, esas variables se utilizan cada vez más para elaborar los presupuestos de carbono y los balances energéticos e hídricos a escala mundial o continental. Es fundamental entender los cambios en esos presupuestos y balances y comprender sus interconexiones. Por ejemplo, los cambios en la cantidad de agua presente en los diversos componentes del sistema Tierra inciden directamente en el acceso a agua de buena calidad (una necesidad básica para el ser humano), mientras que los cambios en el ciclo energético agudizan de forma directa impactos como las olas de calor terrestres y oceánicas, las precipitaciones extremas y las sequías. Por su parte, los cambios en el ciclo del carbono impulsan directamente cambios en el ciclo energético y repercuten en los objetivos fijados en cuanto a emisiones. Por tanto, comprender y observar los ciclos de la Tierra no solo es importante para la climatología, sino también para determinar los objetivos clave en materia de políticas establecidos en virtud del Acuerdo de París y supervisar su cumplimiento.

La segunda esfera de trabajo que se ha incorporado a las labores del GCOS aborda el modo en que el sistema mundial de observación puede respaldar las actividades de adaptación. Los datos climáticos facilitados por un sistema mundial son indispensables para poder suministrar los productos y la información necesarios para fines de adaptación. Los productos de datos obtenidos gracias a actividades de monitoreo del clima, junto con las predicciones climáticas generadas mediante un modelo climático mundial —cuya escala se reduce posteriormente a fin de adaptarlas al ámbito regional y nacional—, proporcionan información climática en múltiples escalas espaciales y temporales que satisfacen los requisitos de las actividades de adaptación. A nivel mundial, las observaciones pueden servir para examinar los progresos realizados

---

<sup>1</sup> El GCOS ha estudiado los ciclos del agua y del carbono y el balance energético, pero en el sistema Tierra hay otros ciclos importantes (por ejemplo, el ciclo del nitrógeno) que se ven afectados por el cambio climático y las actividades humanas.

<sup>2</sup> Una variable climática esencial es una variable de naturaleza física, química o biológica, o un grupo de variables relacionadas, que aporta una contribución esencial a la caracterización del clima de la Tierra.

colectivamente por todos los países en materia de adaptación. La coordinación internacional del GCOS garantiza la disponibilidad y accesibilidad de datos climáticos mundiales de alta calidad, lo que contribuye sobremanera a las estrategias de adaptación.

La protección y la ampliación de los sistemas de observación necesarios para el monitoreo a largo plazo del sistema Tierra en su conjunto requiere esfuerzos considerables y colaboración a todos los niveles, incluidas las organizaciones internacionales, los organismos nacionales y las comunidades científicas. La Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Sistema Mundial de Observación del Océano (GOOS), el Grupo de Trabajo Conjunto sobre Clima (WGClimate) del Comité sobre Satélites de Observación de la Tierra (CEOS), el Grupo de Coordinación de los Satélites Meteorológicos (GCSM) y un amplio abanico de otros asociados y organizaciones pertinentes llevan a cabo las observaciones sistemáticas del clima que el GCOS respalda y examina.

## Metodología

Un equipo de redacción se encargó de orientar el proceso de elaboración del presente informe, e integrantes de los tres grupos de expertos del GCOS<sup>3</sup> aportaron la información técnica y realizaron las evaluaciones. Cada grupo de expertos designó encargados de las variables climáticas esenciales, quienes monitorearon el funcionamiento del sistema de observación en relación con variables específicas. Asimismo, se nombraron expertos para que presentaran informes sobre cada una de las medidas consignadas en el Plan de Ejecución de 2016. Todas las evaluaciones fueron objeto de revisiones internas y externas. El informe completo se sometió a un proceso de revisión pública y se recibieron más de 500 comentarios. Por último, el informe fue aprobado por el equipo de redacción y el Comité Directivo del GCOS.

## Beneficios

El hecho de respaldar de forma constante y a largo plazo un sistema mundial para la realización de observaciones climáticas, tanto *in situ* como por satélite, conlleva cuantiosos beneficios. Todos los países pueden aprovechar los resultados de los modelos, los pronósticos y las predicciones mundiales fruto de las observaciones climáticas realizadas a escala mundial. Los sistemas de alerta de emergencia se sirven de modelos y observaciones locales integrados en un sistema de modelización mundial, sin olvidar que para llevar a cabo actividades de planificación se suelen utilizar modelos de escala reducida obtenidos a partir de resultados mundiales. Además, los datos rigen la formulación de las políticas relacionadas con el clima: la CMNUCC es un proceso de índole científica que utiliza tanto las evaluaciones del IPCC sobre el estado del clima basadas en observaciones climáticas como los informes sobre el estado del clima basados en observaciones.

## Logros

Desde que en 2016 se publicara el Plan de Ejecución del GCOS, se han producido avances sustanciales en numerosas esferas del sistema de observación del clima de la Tierra. Es necesario mantener ese impulso y dotarlo de una financiación sostenible y adecuada a largo plazo. A continuación se enumeran las mejoras más destacadas que se han logrado:

- Se ha mejorado la cobertura espacial y temporal de las observaciones por satélite y se ha incrementado la cantidad de variables observadas. Los datos satelitales se pueden consultar y se conservan de forma adecuada<sup>4</sup>. Muchas variables climáticas esenciales, y en particular las terrestres —como la cubierta terrestre, el índice de superficie foliar y la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida

---

<sup>3</sup> Grupo de Expertos sobre Observaciones Atmosféricas con Fines Climáticos (AOPC), Grupo de Expertos sobre Física y Clima para las Observaciones del Océano (OOPC) y Grupo de Expertos sobre Observaciones Terrestres con Fines Climáticos (TOPC).

<sup>4</sup> Véase, por ejemplo, el inventario de variables climáticas esenciales disponible en <https://climatemonitoring.info/ecvinventory/>.

(FAPAR)—, ahora se cuantifican desde satélites que proporcionan una cobertura casi mundial con una buena resolución.

- La OMM y, a través de sus Miembros, la red mundial de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) velan por el indispensable monitoreo a largo plazo de muchas variables climáticas esenciales, para lo que recurren a prácticas e instrumentos bien establecidos. Muchos de esos datos se intercambian a nivel internacional y contribuyen a la elaboración de modelos meteorológicos y climáticos.
- Las observaciones de variables atmosféricas han mejorado aún más en la última década gracias a las nuevas observaciones *in situ* realizadas desde tierra y desde aeronaves comerciales.
- La mayoría de las redes terrestres están bien gestionadas y los archivos se administran adecuadamente en centros de datos como los Centros Nacionales de Información Ambiental (NCEI) albergados por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos de América; el Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos (NSIDC), también de los Estados Unidos; y el Conjunto Internacional Integrado de Datos Oceánicos y Atmosféricos (ICOADS). El servicio de Copernicus relativo al cambio climático (C3S) también proporciona acceso a datos y productos derivados, así como a herramientas para utilizar los datos.
- Ahora, el GCOS y la OMM colaboran en la creación de una red de referencia para las observaciones meteorológicas atmosféricas y en la superficie terrestre, es decir, el equivalente en superficie a la Red de Referencia de Observación en Altitud del GCOS (GRUAN).
- La comunidad encargada de las observaciones oceánicas está trabajando en la estructuración de ese tipo de observaciones en un sistema de observación adecuado para los fines previstos, y concertará acuerdos sobre mejores prácticas en materia de observación y normas sobre datos y metadatos.
- Se decidió ampliar el programa Argo para que recabara datos de toda la columna de agua y bajo el hielo marino, con inclusión de variables biogeoquímicas. Esas mediciones subsuperficiales son decisivas para poder monitorear el sistema climático y elaborar pronósticos.
- Las innovaciones tecnológicas han contribuido a ampliar el sistema de observación del océano y potenciar su capacidad, en particular gracias al desarrollo de plataformas autónomas y de sensores adecuados para un conjunto de variables climáticas esenciales.

## Sostenibilidad

**La continuidad a largo plazo de algunas observaciones por satélite no está garantizada.** Aunque las observaciones por satélite han sido todo un éxito, cabe destacar algunas deficiencias:

- No está prevista ninguna misión que dé continuidad a la labor de Aeolus (perfiles de viento).
- No está garantizada la continuidad del radar de nubes y del lidar en los satélites de investigación.
- Se ha previsto una sola sonda del limbo con capacidades similares a las de la sonda por microondas del limbo (MLS) de Aura. La sonda MLS proporciona diariamente los perfiles verticales de vapor de agua desde la troposfera superior hasta la mesosfera con una cobertura casi mundial, pero ya ha superado su vida útil prevista.
- La altimetría de alta inclinación sigue conllevando problemas, dado que solo dos satélites de investigación se encuentran en órbita (CryoSAT-2 e ICESat-2). En caso de confirmarse, las futuras misiones europeas denominadas Altimetro Topográfico



de Hielo y Nieve Polares de Copernicus (CRISTAL) y Radiómetro de Imágenes en Microondas de Copernicus (CIMR) ampliarían la capacidad de monitoreo operacional hasta finales de la década de 2020. En el futuro, los datos altimétricos de los satélites Sentinel-3A y Sentinel-3B podrían optimizarse para el hielo marino.

- El monitoreo del espesor del hielo marino en latitudes altas está en peligro (cuando dejen de funcionar CryoSAT-2 e ICESat-2 o, en el caso del hielo fino con un espesor inferior a 50 cm, cuando SMOS deje de estar operativo). Si se produce un retraso en la misión CRISTAL, podría producirse un vacío en ese tipo de monitoreo.

Las observaciones *in situ* requieren una **financiación continuada**. Mientras que muchas observaciones atmosféricas cuentan con una financiación constante a largo plazo, la mayoría de las observaciones oceánicas y terrestres se financian con cargo a fondos de investigación a corto plazo, cuya duración suele ser de unos pocos años, lo que deja la elaboración de registros de datos a largo plazo en situación de vulnerabilidad. Esto es especialmente cierto en el caso de los parámetros que tradicionalmente no son objeto de monitoreo para fines de predicción meteorológica. Dado que la realización de esas observaciones corresponde a un amplio abanico de actores, un sistema de observación del clima funcional y eficaz necesita una financiación adecuada y los organismos de coordinación son esenciales.

**Se han puesto en marcha muchos proyectos que, si bien han sido exitosos, no se han traducido en mejoras sostenidas a largo plazo.** Tras la celebración de los talleres regionales del GCOS, ha quedado claro que la mayoría de los proyectos realizados en países en desarrollo que incorporan un componente dedicado a las observaciones no han supuesto mejoras sostenibles a largo plazo en la capacidad de observación de esos países por falta de recursos y de planificación. Se necesitan soluciones más sostenibles, como la Red Mundial Básica de Observaciones (GBON) y el Servicio de Financiamiento de Observaciones Sistemáticas (SOFF) que plantea la OMM y que se exponen a continuación.

## Deficiencias en la cobertura geográfica

Las observaciones *in situ* todavía presentan deficiencias en cuanto a cobertura mundial.

En determinadas regiones, en particular en zonas de **África, América del Sur, el sureste asiático, el océano austral** y las **regiones cubiertas de hielo**, las observaciones *in situ* de casi todas las variables climáticas esenciales padecen deficiencias sistemáticas, una situación que no ha mejorado desde la publicación del informe de situación del GCOS de 2015 (*Status of the Global Observing System for Climate – Full report October 2015* (GCOS-195)).

En los tres talleres regionales del GCOS celebrados en Fiji, Uganda y Belice<sup>5</sup> se han analizado las causas por las que algunas regiones no consiguen realizar suficientes observaciones. A continuación se enumeran algunas de ellas:

- En el caso de las naciones pequeñas, como los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID) y los pequeños Estados insulares en desarrollo del Pacífico (PEIDP), los costos de las observaciones pueden superar con creces los recursos disponibles a nivel nacional, dado que corresponden a un porcentaje sustancial del producto interno bruto (PIB).
- No se planifican los gastos previsibles (por ejemplo, mantenimiento, sustitución de equipos o material fungible).
- Falta personal formado y la retención del personal es escasa.
- No se comprenden plenamente los beneficios que las observaciones pueden reportar a nivel nacional: contribución a la preparación frente a desastres, planificación de actividades de adaptación y otros servicios climáticos.

---

<sup>5</sup> <https://gcos.wmo.int/en/regional-workshops>.

Asimismo, en zonas remotas y de difícil acceso, el mantenimiento de las observaciones operacionales entraña dificultades técnicas.

En 2019, el Decimotercero Congreso Meteorológico Mundial de la OMM adoptó el concepto de una **Red Mundial Básica de Observaciones (GBON)** que, si se aplica plenamente, proporcionará observaciones básicas de algunas variables climáticas esenciales, y estas podrán aplicarse a la predicción numérica del tiempo (PNT) a escala mundial y a los reanálisis. Actualmente la OMM trabaja para establecer un Servicio de Financiamiento de Observaciones Sistemáticas (SOFF) que proporcionará apoyo financiero y técnico para la implementación y el funcionamiento de la GBON a aquellos Miembros que, de otro modo, no podrían implementar esa red. Sin embargo, el paso de la GBON y del SOFF del papel a una realidad operacional requiere de la participación y del apoyo de todas las partes.

Algunos de los problemas relacionados con el funcionamiento de la red de observaciones *in situ* han sido abordados por el Mecanismo de Cooperación del GCOS (GCM). Aunque el impacto del GCM a nivel de estación o nacional puede ser significativo, los fondos de que dispone este mecanismo solo permiten ayudar a un puñado de países. En cambio, si el SOFF se financia al nivel previsto de forma sostenida, propiciaría mejoras a escala mundial, aunque solo repercutirían en unas pocas variables climáticas esenciales. **Sigue siendo necesario apoyar las observaciones *in situ* del resto de variables climáticas esenciales.**

**Prevalecen grandes deficiencias en las observaciones oceánicas.** Las mediciones subsuperficiales son fundamentales para poder monitorear el sistema climático y elaborar pronósticos. Por ese motivo se decidió ampliar el programa Argo, a fin de que recabara datos de toda la columna de agua y bajo el hielo marino, incluidas variables biogeoquímicas. Deben realizarse muestreos más sistemáticos en el marco de cruceros oceanográficos de alta calidad, y debe incrementarse el despliegue de plataformas de observación, en particular a lo largo de los límites continentales y en los océanos polares y los mares marginales. Asimismo, debe mejorarse el monitoreo de las condiciones oceánicas que inciden en la pérdida de hielo en Groenlandia y la Antártida para poder mejorar las proyecciones de futuras tasas de pérdida de hielo y subida del nivel del mar. Las observaciones *in situ* realizadas sobre el hielo siguen siendo todo un desafío a causa de las dificultades logísticas. Es necesario incrementar la cobertura de las mediciones de los flujos superficiales de calor, carbono, agua dulce y momento, y debe mejorarse la calidad de esas observaciones.

Entre las **deficiencias en las observaciones por satélite** cabe destacar las siguientes:

- Déficits en cuanto a observaciones del ozono en la troposfera inferior (para complementar la limitada cobertura en superficie y determinar tendencias estadísticamente significativas).
- Falta de un instrumento de medición de los perfiles estratosféricos de metano (CH<sub>4</sub>) a nivel mundial.
- Existencia de un desequilibrio regional en materia de observaciones satelitales. En las zonas de alta montaña, se realizan pocas observaciones criosféricas por satélite. En las regiones polares, la cobertura satelital para observar determinadas variables climáticas esenciales atmosféricas es deficiente o nula.

## **Administración y archivo de los datos y acceso a los mismos**

**La preservación del registro de datos climáticos esenciales es fundamental.** Los reanálisis y otros productos de valor añadido siempre pueden recrearse o mejorarse mediante registros de datos básicos. Para comprender el cambio climático y darle respuesta es necesario conservar a perpetuidad las series temporales más largas posibles. Sin embargo, no todas las variables climáticas esenciales cuentan con un repositorio de datos mundial reconocido (como ICOADS, donde se han recopilado casi todos los datos que cumplen los requisitos fijados). Incluso cuando existe un repositorio de datos mundial reconocido, cabe la posibilidad de que esté incompleto y no cuente con apoyo suficiente. Los datos deberían ser abiertos y todos los usuarios tendrían que poderlos consultar de forma gratuita. La administración y el archivo



adecuados de los datos, así como el acceso apropiado a los mismos, requieren una financiación sostenible, a largo plazo y suficiente, sin olvidar el establecimiento de requisitos que garanticen la coherencia de las prácticas seguidas en los distintos centros de datos. Se necesitan principios claramente definidos, como los principios TRUST (Lin y otros, 2020) y los principios FAIR (Wilkinson y otros, 2016), además de planes de gestión y de citación de datos claros y aplicados de forma eficaz.

El rescate de datos conservados en registros impresos o formatos digitales obsoletos es una práctica que permite ampliar las series de datos con valores del pasado. Debe planificarse y financiarse adecuadamente y sus resultados deben ponerse a disposición de los usuarios de forma abierta y gratuita. Ese tipo de actividades requiere de un apoyo constante. El uso generalizado de nuevos enfoques —como la ciencia ciudadana y los planteamientos basados en el aula— puede ayudar a que las iniciativas de digitalización alcancen la escala de aplicación requerida.

## **Definición de nuevas necesidades y requisitos desde el Plan de Ejecución de 2016**

### **Apoyo al Acuerdo de París**

Para promover la consecución de los objetivos del Acuerdo de París, la comunidad encargada de las observaciones debe colmar la falta de conocimientos mediante la recopilación de aquellas variables climáticas esenciales que permitan monitorear los ciclos físicos, químicos y biológicos. Conviene prestar atención a los ámbitos especialmente susceptibles de sufrir los efectos del cambio climático y a la medida en que los requisitos en materia de variables climáticas esenciales captan las escalas temporales y espaciales pertinentes. A continuación se enumeran algunos de ellos:

- Las retroalimentaciones asociadas a los cambios en el uso del suelo o a la cubierta del mismo, como la secuencia cronológica de liberación del carbono almacenado en el permafrost ártico en función de distintos regímenes de temperatura y estabilización y las implicaciones que ella conlleva (IPCC, 2018).
- La mejora de nuestra comprensión sobre el modo en que las opciones y las políticas de respuesta pueden reducir o aumentar los efectos en cadena causados por los suelos y el clima, en particular en relación con los cambios no lineales y los puntos de inflexión en sistemas naturales y humanos (IPCC, 2019a).
- La circulación de retorno de los océanos es un factor clave que controla los intercambios de calor y carbono con la atmósfera y, por tanto, el clima mundial. Sin embargo, no se dispone de mediciones directas de ella y solo se cuenta con unos pocos indicadores indirectos de su posible evolución. Se trata de una carencia fundamental en las observaciones sostenidas del océano a escala mundial (IPCC, 2019b).
- Dados los compromisos de reducción de emisiones de carbono asumidos por la mayoría de los países, es preciso evaluar cuantitativamente los flujos de gases de efecto invernadero antropógenos a través de mediciones de la composición atmosférica. También es necesario garantizar que las observaciones climáticas realizadas a escala mundial contribuyan a la evaluación cuantitativa del efecto de las actividades humanas en el cambio climático.
- Las observaciones climáticas desempeñan una función primordial en pro de la adaptación, uno de los principales objetivos del Acuerdo de París.

## Ciclos del sistema Tierra

En 2018, el GCOS inició las evaluaciones del balance energético y de los ciclos del carbono y del agua, y determinó posibles déficits e incoherencias en los sistemas de observación (von Schuckmann y otros, 2020; Dorigo y otros, 2021; Crisp y otros, en preparación). Entre las implicaciones más importantes, cabe destacar las siguientes:

- La incertidumbre en el ciclo energético global está dominada por la captación de calor por parte de los océanos, un aspecto para el que es necesario mantener y ampliar un sistema integrado de observación del océano.
- Las mayores incertidumbres en los flujos de energía se deben a las precipitaciones, el calentamiento de la atmósfera fruto de la radiación de onda corta y los flujos turbulentos de calor sensible y latente en el océano y la tierra. Se están llevando a cabo investigaciones para tratar de mejorar las capacidades de medición de esos flujos, en particular sobre los océanos. Primero deben concluirse esos trabajos y, si tienen éxito, luego deberán aplicarse.
- La incertidumbre (variabilidad interanual) en el presupuesto de carbono total está dominada por los flujos vinculados a los usos del suelo y por la captación oceánica y terrestre. Esas incertidumbres son motivo de preocupación, ya que sugieren que nuestros sistemas de observación actuales aún no tienen la precisión necesaria para monitorear esas tendencias de forma adecuada anualmente y no pueden orientar a las partes concernidas en lo relativo a las medidas de reducción de emisiones que deben aplicar para alcanzar el objetivo de temperatura establecido en virtud del Acuerdo de París. Para ello será necesario mejorar las observaciones, sobre todo en el océano austral y en la atmósfera situada sobre la tierra. Las observaciones por satélite deben complementarse con un aumento significativo de las observaciones *in situ* de los gases de efecto invernadero, prestando especial atención a la mejora de las observaciones realizadas en torno a las zonas urbanas.
- La mayor incertidumbre en el ciclo del agua se encuentra en los flujos de evaporación sobre la tierra (incluidas las regiones polares) y el océano, así como en las precipitaciones que caen sobre el océano y las montañas. Es preciso medir variables clave para determinar los flujos de evaporación con el fin de mejorar la elaboración del balance hídrico en las zonas tropicales. También debe establecerse una misión de medición de la nieve para acotar mejor la hidrología de las tierras frías.
- Se está instaurando una nueva variable climática esencial dedicada al almacenamiento de agua en tierra (observación mediante gravimetría satelital). Ayudará a cuantificar el efecto neto de los cambios en el clima, el uso del agua por parte de las comunidades humanas y otros efectos hidrológicos en el balance hídrico continental, y contribuirá a la elaboración del balance hídrico terrestre. También sustentará los estudios de adaptación concebidos para determinar los aspectos críticos de los cambios en el ciclo del agua y evaluar la gravedad de las sequías.

## Adaptación y valores extremos

El GCOS ha comenzado a analizar cuestiones relacionadas con la adaptación, pero su labor en ese sentido aún no ha concluido. Muchos de los principales problemas que deben encarar las estrategias de adaptación —como las inundaciones, las sequías y las olas de calor— son fruto de valores extremos y no guardan relación con las medias a largo plazo de las variables climáticas esenciales. Los datos monitoreados deben ser pertinentes para vulnerabilidades específicas (por ejemplo, personas, agricultura o infraestructura) y no promedios calculados a partir de todas las observaciones efectuadas. Por tanto, en el futuro habrá que prestar atención al monitoreo de valores extremos con una resolución espacial y temporal adecuada para cada finalidad específica. Por consiguiente, a la hora de definir los requisitos en materia de variables climáticas esenciales, puede que no baste con disponer de valores que cuantifiquen únicamente la exactitud y la resolución.

La conclusión a la que se ha llegado es que, con las capacidades actuales respecto de sus variables climáticas esenciales y los correspondientes productos, el sistema mundial de observación del clima podría proporcionar indicadores con fines de adaptación que podrían utilizarse para elaborar el balance mundial. Si los productos se mejoraran ligeramente, o bien si se crearan productos nuevos, estos podrían utilizarse a nivel de país para agregar valor a los planes nacionales de adaptación de diferentes modos: a través de la evaluación de los riesgos climáticos y de las vulnerabilidades, contribuyendo a determinar y aplicar las opciones de adaptación, y mediante la gestión, el seguimiento y la evaluación de las actividades de adaptación.

### **Próximas medidas**

Desde 2015 se han producido numerosas mejoras de gran calado en el sistema mundial de observación del clima, y han contribuido a mejorar la comprensión del cambio climático, la formulación de políticas y la planificación de las actividades de adaptación y mitigación.

El presente informe se presentará a la CMNUCC y a los copatrocinadores del GCOS (OMM, COI, PNUMA e ISC) para su consideración. Posteriormente, en 2022, se elaborará un nuevo Plan de Ejecución del GCOS, en el que se determinarán las principales esferas prioritarias susceptibles de mejora en vista de las conclusiones aquí expuestas.

## Referencias

Crisp D. y otros: *How well do we understand the land-ocean-atmosphere carbon cycle?* (en preparación). <https://doi.org/10.1002/essoar.10506293.1>.

Dorigo, W. y otros, 2021: "Closing the water cycle from observations across scales: Where do we stand?", en *Bulletin of the American Meteorological Society* (publicado en línea antes de su impresión en 2021). <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0316.1>.

IPCC, 2018: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. En prensa. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

IPCC, 2019a: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. <https://www.ipcc.ch/srccl/>.

IPCC, 2019b: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. <https://www.ipcc.ch/srocc/>.

Lin D. y otros, 2020: "The TRUST Principles for digital repositories", en *Scientific Data*, vol. 7, 144. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0486-7>.

*Status of the Global Observing System for Climate (GCOS-195)*. Organización Meteorológica Mundial (OMM), OMM, 2015. [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=18962#.YR54R44zaUk](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=18962#.YR54R44zaUk).

*The Global Observing System for Climate: Implementation Needs (GCOS-200)*. Organización Meteorológica Mundial (OMM), OMM, 2016. [https://library.wmo.int/?lvl=notice\\_display&id=19838#.YR55TY4zaUk](https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=19838#.YR55TY4zaUk).

von Schuckmann, K. y otros, 2020: "Heat stored in the Earth system: where does the energy go?", en *Earth System Science Data*, vol. 12, págs. 2013 a 2041. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2013-2020>.

Wilkinson, M. y otros, 2016: "The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship", en *Scientific Data*, vol. 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.

---