

Directrices de la OMM sobre los nuevos desafíos en materia de datos

Edición de 2019

TIEMPO CLIMA AGUA



ORGANIZACIÓN
METEOROLÓGICA
MUNDIAL

OMM-N° 1239

Directrices de la OMM sobre los nuevos desafíos en materia de datos

Edición de 2019



ORGANIZACIÓN
METEOROLÓGICA
MUNDIAL

OMM-N° 1239

NOTA DE LA EDICIÓN

Se ha adoptado la siguiente disposición tipográfica: las prácticas y procedimientos normalizados figuran impresos en letra redonda **negrita**. Las prácticas y procedimientos recomendados figuran impresos en letra redonda sencilla. Las notas han sido impresas en caracteres más pequeños, en letra redonda sencilla.

METEOTERM, base terminológica de la OMM, está disponible en la página web: <http://public.wmo.int/es/recursos/meteoterm>.

OMM-N° 1239

© **Organización Meteorológica Mundial, 2019**

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 N° 2300
CH-1211 Genève 2, Suiza

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03
Fax: +41 (0) 22 730 81 17
Correo electrónico: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-31239-6

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.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PERCEPCIONES DE LOS MIEMBROS SOBRE EL DESAFÍO EN MATERIA DE DATOS	1
3. TENDENCIAS EN LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD	2
3.1 Tecnología de datos	2
3.1.1 Macrodatos	3
3.1.2 Aprendizaje automático	3
3.1.3 Computación en la nube	3
3.1.4 Interacción máquina-máquina	5
3.1.5 Computación de alto rendimiento	5
3.1.6 Redes sociales	5
3.2 Entorno social y demográfico	5
4. NUEVOS DESAFÍOS EN MATERIA DE DATOS	6
4.1 Volúmenes de datos	7
4.2 Distintas fuentes de datos	7
4.3 Análisis de macrodatos	8
4.4 Datos abiertos	9
4.5 Datos y servicios comerciales	10
4.6 Información sobre los impactos	11
4.7 Redes sociales (entrada y salida de datos)	12
5. IDEAS FUNDAMENTALES	12
5.1 Infraestructura y redes	13
5.2 Volumen, velocidad y variedad	13
5.3 Cadena de suministro	14
5.4 Disrupción	14
5.5 Intercambio de datos	15
5.6 Innovación	15
5.7 Servicios inteligentes	16
5.8 Personas	16
6. CONSTATAACIONES Y RECOMENDACIONES	17
6.1 Pensar globalmente: reforzar el papel fundamental de la OMM y del programa de Vigilancia Meteorológica Mundial	17
6.2 Actuar localmente: aprovechar el potencial de los Miembros, los datos y las personas	18
6.3 Proyección exterior: aprovechar las nuevas oportunidades en materia de datos, ciencia, tecnologías y asociaciones	19
7. CONCLUSIONES	20
8. REFERENCIAS	22

1. **INTRODUCCIÓN**

Los datos son la esencia misma de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y de sus Miembros, y abarcan desde el registro y la transmisión de mediciones hasta la información de entrada y de salida de los modelos más avanzados, pasando por los canales que se utilizan para facilitar información a los usuarios y los análisis que describen cómo, cuándo, dónde y por qué estos utilizan los datos y los servicios. Sin embargo, los datos son un medio para alcanzar un fin, no un fin en sí mismos; su verdadero valor radica en la eficacia con que se utilizan para satisfacer las necesidades de la sociedad, ya sea a corto plazo para respaldar las respuestas a los fenómenos meteorológicos violentos, a medio plazo para facilitar la planificación y la preparación de la resiliencia ante los riesgos meteorológicos, o a largo plazo para obtener información histórica sobre el clima y evaluar el impacto.

Las *Directrices de la OMM sobre los nuevos desafíos en materia de datos* son el resultado de una solicitud formulada en el Decimoséptimo Congreso Meteorológico Mundial para arrojar luz y proporcionar orientación a los Miembros sobre cómo desenvolverse en un mundo de datos y tecnologías de datos en rápida evolución, y en especial para ayudar a comprender las tendencias y los nuevos desafíos en materia de datos y su utilización (OMM, 2015a). Las Directrices, si bien atañen a los aspectos técnicos de los datos, se centran en las repercusiones (positivas y negativas) de los nuevos desafíos en materia de datos en los sistemas de la OMM y los sistemas y servicios que prestan los Miembros de la OMM, así como en la respuesta colectiva, colaborativa e individual que podrían ofrecer los Miembros a escala mundial, regional o nacional. Las presentes Directrices se basan directamente en el informe de un examen realizado por la Comisión de Sistemas Básicos (CSB) (OMM, 2019a).

Se reconoce que los países en desarrollo Miembros se enfrentan a los desafíos de mayor envergadura en la mayoría de los casos y que los datos son solo uno de ellos, pero la fortaleza de la comunidad de la OMM reside en la medida en que la conectividad mundial esté integrada en su naturaleza. Los datos fueron una parte fundamental del establecimiento de la OMM (y antes de ella, de la Organización Meteorológica Internacional), en concreto, del programa de Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM). No debe sorprender que la respuesta a muchos de los desafíos que plantean los datos sea reconsiderar ese aspecto. Las presentes Directrices llevan a esa conclusión y clasifican las principales constataciones y las medidas propuestas en tres ámbitos: pensar globalmente, actuar localmente y proyección exterior.

2. **PERCEPCIONES DE LOS MIEMBROS SOBRE EL DESAFÍO EN MATERIA DE DATOS**

La génesis de las presentes Directrices fue el debate de alto nivel sobre datos celebrado durante el Decimoséptimo Congreso. Las cuestiones que más inquietaban a los participantes cuando asignaron esa tarea reflejaban varias preocupaciones en distintos frentes:

- a) la mayoría de los Miembros no estaban preparados para el aumento vertiginoso del volumen de datos y la diversidad cada vez mayor de nuevas fuentes de datos;
- b) la percepción y la expectativa crecientes de que el análisis de datos es una nueva tecnología que necesita más desarrollo y utilización;
- c) el sector privado es cada vez más activo en el suministro de datos y servicios en esferas que solían ser atendidas por los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) y los asociados del sector público;
- d) el aumento de las observaciones y los servicios facilitados por el sector privado puede suscitar problemas en relación con el libre intercambio de datos;

- e) la mayor capacidad y agilidad del sector privado en materia de innovación está estableciendo tecnologías disruptivas que dejan atrás a la comunidad de la OMM y a los SMHN, especialmente los de los países menos adelantados (PMA) y los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID);
- f) el reconocimiento de que, en el nuevo marco de un “ámbito de la meteorología a escala mundial” en el que participan los sectores público, privado y académico, es necesario encontrar formas eficaces de colaboración entre los sectores para que los Miembros puedan seguir cumpliendo sus mandatos básicos estipulados en el Convenio de la OMM, incluida la conservación de una voz autorizada (u oficial) en aras del interés público mundial, así como a escala nacional.

Estas preocupaciones conjugaron varios desafíos, pero sobre todo los dos siguientes:

- a) los datos, especialmente los desafíos en cuanto a la gestión y el aprovechamiento de su creciente diversidad, volumen y velocidad;
- b) el compromiso y la colaboración entre los sectores público y privado en relación con los datos, pero también la repercusión más amplia que estos tienen en la OMM, en concreto, en el papel futuro de los servicios meteorológicos e hidrológicos del sector público.

Más recientemente (especialmente en la 69ª reunión del Consejo Ejecutivo; OMM, 2017), las preocupaciones de los Miembros aumentaron en torno a las posibles repercusiones de los datos disponibles comercialmente en el intercambio gratuito y libre de datos, de conformidad con la Resolución 40 del Decimosegundo Congreso (OMM, 1995), y a las repercusiones conexas en la predicción numérica del tiempo mundial.

El ritmo del cambio tecnológico y el rápido incremento de la demanda de servicios por muchos sectores empresariales supone un reto para todos los Miembros, especialmente los PMA y los PEID. Sin embargo, para dar respuesta a las preocupaciones y los desafíos mencionados, así como para aprovechar las nuevas oportunidades, será conveniente encontrar formas eficaces de colaboración en los sectores público y privado y en el ámbito académico. El Marco Normativo de la OMM para la Participación de los Sectores Público y Privado, adoptado por el Consejo Ejecutivo en su 70ª reunión (OMM, 2018), aborda estas cuestiones y destaca la evolución de las funciones y las interdependencias entre los diversos sectores de la ámbito de la meteorología a escala mundial. Podría decirse que ese es ahora un paso esencial para asegurar que los Miembros puedan seguir beneficiándose de la distribución gratuita de datos y continuar cumpliendo sus mandatos de servicio público, manteniendo al mismo tiempo la condición de “portavoz autorizado” a escala local, regional y mundial.

3. TENDENCIAS EN LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD

Para comprender mejor y abordar los desafíos y oportunidades que suscita el creciente volumen, variedad y velocidad de los datos en la prestación de servicios meteorológicos e hidrológicos eficientes, eficaces y pertinentes, conviene tener en cuenta la influencia de dos importantes factores que orientarán las decisiones en materia de datos que adopten los Miembros: la tecnología y las personas.

3.1 Tecnología de datos

Se puede decir que la tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) es el principal factor del crecimiento de la productividad y la innovación en el siglo XXI. La adopción y la utilización eficaz de los servicios de TIC ha facilitado la innovación en una gama cada vez más diversa de ámbitos, sobre todo en lo que respecta a los métodos de detección, respuesta y recuperación para casos de desastre.

Desde hace unos años, la tecnología está evolucionando cada vez más hacia un enfoque basado en los servicios, que la hace más ágil y receptiva a las necesidades y las expectativas de los usuarios. Ahora está a punto de dar un paso más allá, para respaldar un enfoque que realmente se centre más en el usuario, en el que los usuarios y sus necesidades y comportamientos formen parte del diseño de las soluciones de datos. A la hora de tomar decisiones relacionadas con el desarrollo de sistemas y servicios y la inversión conexa en infraestructura, los Miembros deben tener en cuenta este paradigma cambiante.

Las tecnologías como la computación en la nube, los servicios web y el análisis de datos presentan nuevos conceptos operativos que aumentarán la eficiencia operativa, mejorarán el intercambio de información y la prestación de servicios y permitirán a los usuarios explotar los datos con muchos menos obstáculos, como la localización, la accesibilidad y el costo, por parte de los proveedores y los usuarios. Ahora bien, el aumento de la eficiencia y la productividad gracias a las nuevas tecnologías de datos está sujeto a ciertas tolerancias de la oferta y la demanda. Por ejemplo, en el caso de muchas de las nuevas fuentes de “macrodatos”, los factores socioeconómicos y medioambientales influyen en la oferta y la demanda.

3.1.1 **Macrodatos**

“Macrodatos” (*big data*) (o “datos no estructurados”) es un término muy utilizado y por lo general se refiere a nuevas soluciones técnicas para manejar ingentes cantidades de datos (volumen) que se están creando o moviendo con frecuencia (velocidad), cantidades en que la naturaleza de los datos puede ser muy diferente (variedad) y cuya confiabilidad depende en gran medida de la fuente (veracidad). Todos esos elementos se denominan habitualmente las “cuatro V de los macrodatos”¹ y guardan relación especialmente con el análisis de datos, que tiene por objeto extraer conocimientos de los datos multifacéticos, en los que las relaciones subyacentes suelen ser complejas o poco comprendidas.

Al transponer esto al mundo de los Miembros de la OMM, el valor constituye una quinta “V” importante: ¿cómo beneficiarán los datos, los macrodatos o simplemente una gran cantidad de datos a las organizaciones y los servicios para los usuarios? Antes de que los Miembros se sientan atraídos por el lema “cuanto más, mejor”, es importante equilibrar las necesidades genuinas y las oportunidades potenciales, y garantizar que las decisiones se rijan por la adecuación a los objetivos.

3.1.2 **Aprendizaje automático**

El volumen y la complejidad de los datos, tanto de los datos de entrada observados (especialmente de los satélites) como de la información de salida procesada o posprocesada, seguirán aumentando, así como la utilización de sistemas automatizados para extraer valor de los datos. La proliferación de datos y el consiguiente auge del análisis darán lugar a la implantación de tecnologías de aprendizaje automático. Se prevé que el empleo de esas tecnologías cobrará mayor importancia en muchos ámbitos, a medida que los Miembros empiecen a entender cómo integrarlas en sus operaciones. Sin embargo, no es probable que aplicaciones como los modelos físicos meteorológicos, que se basan fundamentalmente en una comprensión pormenorizada de complejos procesos atmosféricos y sus interacciones medioambientales, constituyan una esfera en la que se vaya a utilizar el aprendizaje automático, aunque la interpretación de la información de salida posprocesada es muy posible que sí.

3.1.3 **Computación en la nube**

Las tecnologías de computación en la nube ya han alcanzado un nivel satisfactorio de desarrollo, y los servicios asociados están empezando a ser competitivos desde el punto de vista económico

¹ Como indica IBM en: <http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data>.

con respecto a las soluciones del equipo informático internas. El grado de desarrollo y la flexibilidad de la computación en la nube quedan demostrados mediante los distintos estratos de servicios que satisfacen diferentes necesidades:

- a) infraestructura como servicio: proporciona el sistema operativo y el equipo informático de red;
- b) plataforma como servicio: proporciona software y servicios corrientes existentes, como bases de datos SQL o servidores web, en los que los usuarios establecen sus propias aplicaciones;
- c) software como servicio: proporciona aplicaciones orientadas al usuario final.

La computación en la nube hace posible el concepto de “acercar las aplicaciones de los usuarios a los datos” en lugar de “acercar los datos a los usuarios”. Además, las tecnologías de la computación en la nube ofrecen plataformas para la agregación y la combinación de una amplia variedad de fuentes de datos. También ofrecen escalabilidad, lo que significa que los usuarios pagan solo por lo que utilizan, y pueden aumentar repentinamente si la demanda es alta. Los usuarios pueden mantener el control total sobre las regiones (varios países o incluso continentes) en las que despliegan sus servicios, de modo que pueden estar más cerca de sus usuarios finales.

En muchas situaciones, en lugar de utilizar recursos internos, puede resultar mucho más rentable para una organización utilizar un servicio en la nube para procesar, almacenar e intercambiar datos y para suministrar servicios y datos a los usuarios. Las organizaciones empezarán a utilizar entornos multinube (nubes privadas y públicas de proveedores independientes) y pasarán progresivamente a emplear entornos de nube realmente híbridos, lo que permitirá que las cargas de trabajo se trasladen sin problemas de un entorno a otro, de carácter público o privado, en función de las necesidades y los requisitos de volumen y latencia de los datos asociados.

El Sistema de Información de la OMM (WIS) 2.0 constituye la evolución del WIS. Se ha diseñado con un mayor énfasis en el apoyo a los programas mundiales, como el Marco Mundial para los Servicios Climáticos, la reducción de riesgos de desastre y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, así como en la reducción de costos y la facilitación de las actividades de los SMHN. Para ello, el WIS 2.0 utilizará las tecnologías de la nube a fin de mejorar la forma en que los proveedores de datos gestionan, publican y comparten sus datos, productos y servicios, y proporcionará a los usuarios un acceso ininterrumpido a los datos, la información y el conocimiento. Las normas del WIS 2.0 se elaborarán en los próximos años de acuerdo con el enfoque de ejecución aprobado en el Decimotavo Congreso (OMM, 2019a, Resolución 57).

El WIS 2.0 prestará servicios basados en la nube mediante el procesamiento de macrodatos a fin de crear resultados o productos que sean lo suficientemente pequeños para facilitar su descarga y utilización con una infraestructura técnica mínima. Algunos centros del WIS prestarán servicios de software como servicio que permitirán a los usuarios con escasos recursos informáticos y de comunicación ejecutar procesos complejos a partir de grandes conjuntos de datos sin necesidad de gestionar costosas infraestructuras de TIC. Se podrán ejecutar, compartir y mejorar los algoritmos, también mediante técnicas de aprendizaje automático, con una infraestructura e instalaciones informáticas mínimas y acceso a una amplia variedad de conjuntos de datos en tiempo real e históricos, lo que se podría utilizar para reducir la brecha de capacidad si se facilita a los países con menor capacidad tecnológica acceso a un conjunto de herramientas e instalaciones ya preparadas con unos requisitos mínimos de infraestructura.

El desarrollo previsto de la infraestructura de computación en nube puede originar cambios en la forma en que se producen, consumen y utilizan los datos y la información en todo el ámbito de la meteorología a escala mundial. Los servicios en la nube que proporcionan software como servicio pueden respaldar el intercambio de algoritmos y de datos en plataformas colaborativas en las que se recopilarían metodologías e ideas. Esas metodologías e ideas pueden compartirse directamente mediante su aplicación, por ejemplo, si se permite que los meteorólogos, hidrólogos o climatólogos accedan a algoritmos de aprendizaje automático. Los expertos científicos y técnicos de los países con menor capacidad tecnológica también podrán acceder a un costo reducido a esas instalaciones, que contribuirán a colmar la brecha existente.

3.1.4 **Interacción máquina-máquina**

Las interfaces para programas de aplicación (API) y los servicios web son actualmente soluciones comunes para la interacción máquina-máquina. Mediante el uso de interfaces normalizadas y la posibilidad de intercambiar datos utilizando normas oficiales o de facto, las organizaciones deberían ejecutar soluciones para facilitar la comunicación máquina-máquina. El Open Geospatial Consortium ha establecido varias normas para facilitar esas interacciones. Junto con esas soluciones, deberían desarrollarse interfaces ágiles que permitan a los usuarios interactuar con los datos. Puesto que esas interacciones suelen requerir la autenticación de los usuarios, los Miembros tendrán que aceptar servicios de autenticación validados por terceros, como los que prestan la red de investigación GÉANT (eduGAIN) o entidades comerciales como Google o Facebook.

3.1.5 **Computación de alto rendimiento**

La evolución de las soluciones de computación de alto rendimiento aumentará la presión sobre el almacenamiento y la gestión de datos de alto rendimiento, pero los retos que generan esas soluciones guardan más relación con la necesidad de adaptar el entorno de producción para sacar el máximo partido de esos sistemas que con los desafíos en materia de datos *per se*.

3.1.6 **Redes sociales**

El envío de notificaciones, mensajes y alertas se ha convertido en una práctica común mediante el uso de las redes sociales. Los servicios como Twitter se establecen aplicando protocolos de mensajería conformes a las normas del sector y rápidamente se amplían para dar cabida a muchos millones de usuarios simultáneos que comparten información en tiempo real. Estas tecnologías ofrecen nuevas oportunidades para difundir datos meteorológicos en tiempo real a partir de las prácticas comunes del sector. Sin embargo, ese intercambio inmediato de información también conlleva riesgos asociados, como la posibilidad de falsas alarmas y la emisión de alertas y avisos no oficiales, así como el posible debilitamiento de la voz autorizada.

El WIS 2.0 utilizará protocolos abiertos de mensajería conformes a las normas (como el Protocolo Avanzado de Espera de Mensajes) para el intercambio de datos operativos por conducto del Sistema Mundial de Telecomunicación, a fin de que los Miembros de la OMM puedan desarrollar aplicaciones sencillas que proporcionen notificaciones de manera similar a las redes sociales y conservar los aspectos necesarios para servir de fuente autorizada a fin de emitir alertas y avisos.

3.2 **Entorno social y demográfico**

La comunidad meteorológica comprende y comparte el imperativo inherente de cooperar a escala mundial, pero existe el imperativo complementario de actuar y prestar servicios a escala local. En consecuencia, es necesario establecer vínculos entre los datos mundiales y la información local. La creciente capacidad de cuantificar y cualificar los datos personales a través del sinfín de redes sociales, aplicaciones y otros dispositivos permite a los proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos llegar a una gama cada vez más diversa de actores y usuarios a una escala más específica que nunca, y de esta manera salvar la brecha entre lo mundial y lo local. Además, estas redes bidireccionales permiten a los proveedores de servicios comprender mejor y responder a las necesidades de las comunidades a las que atienden.

A medida que proliferen el volumen, la diversidad y la complejidad de los datos, las competencias y los conocimientos de quienes desarrollan y prestan los servicios y de quienes los utilizan también tendrán que seguir el ritmo de los cambios. Hay un creciente cambio demográfico hacia una mayor agilidad y un mayor potencial de innovación por medio de un mayor compromiso y colaboración a escala mundial.

La generación de las redes sociales tiene grandes expectativas en cuanto a la personalización de los servicios que se le prestan; los servicios deben ser casi instantáneos y de interés para

la ubicación geográfica y quizás incluso para el contexto. La nueva generación, además de ser mucho más polifacética en cuanto a sus competencias y estar más dispuesta a cambiar de profesión que las generaciones anteriores, está mucho más al corriente de la información; la separación entre el trabajo y la vida social también se está difuminando cada vez más. Para ese cambio de enfoque es necesario un replanteamiento de la forma en que los proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos contratan, retienen y desarrollan a las personas. Es importante, sobre todo para las organizaciones del sector público con mandatos legislados, retener el valor de los altos niveles de competencias y del compromiso que se adquieren durante las trayectorias profesionales prolongadas, y combinar ese valor con la agilidad y la innovación evidentes de los sectores de las tecnologías modernas. Es posible que los proveedores de servicios del sector público, a medida que tratan de articular su valor único, se tornen cada vez más conscientes de que sus activos más valiosos no son sus modelos, sino las personas que los crean, interpretan y aplican.

El equilibrio de muchas tareas de predicción se orientará hacia la automatización, y el papel de la persona con un profundo conocimiento del tiempo y de los usuarios tenderá hacia la interpretación y la narración del relato. Los requisitos cambiantes en materia de formación, cualificaciones y competencias de los profesionales de la meteorología y la hidrología tendrán que experimentar una transformación acorde. Se ha alentado de manera acertada a los meteorólogos a que confíen cada vez más en los modelos, si bien es cierto que tal vez la competencia humana esencial sea reconocer cuándo es necesario hacer precisamente lo contrario. La experiencia, el conocimiento y la competencia técnica para hacer eso se encuentran en los individuos y las comunidades de trabajo —nadie lo sabe todo—, por lo que es necesario fomentar un entorno de colaboración e intercambio de conocimientos en el que se utilice mejor la sabiduría de los predictores colectivos y los conocimientos técnicos de los usuarios, casi como un modelo basado en la nube de utilización de los conocimientos meteorológicos e hidrológicos. Esas competencias van de la mano con la capacidad de escuchar y de comunicarse y entenderse entre sí y con los usuarios.

Una mayor automatización de los sistemas de observación y recopilación de datos también cambiará intrínsecamente la necesidad de algunas profesiones clásicas como la de los observadores meteorológicos. Aunque es probable que la automatización proporcione datos de la superficie y en altitud más frecuentes y de más fácil acceso, es importante mantener las competencias básicas y la base de conocimientos de los observadores meteorológicos entre las competencias requeridas. De esa forma se garantizará la continuidad de las competencias esenciales para la interpretación de las observaciones (como los detalles más precisos de las características de las nubes) y para las funciones de inspección del sistema de observación y de aseguramiento de la calidad.

4. **NUEVOS DESAFÍOS EN MATERIA DE DATOS**

Los datos meteorológicos e hidrológicos se encuentran ya entre los tipos de datos más complejos de gestionar. Son de gran tamaño, heterogéneos, dinámicos, multidimensionales, inherentemente geoespaciales y multitemporales. Los datos observados y modelados se integran y normalizan a través de las fronteras políticas en todo el mundo, abarcando los océanos, el hielo, la tierra, los cursos de agua y la atmósfera desde la capa límite hasta más allá de la estratosfera. Los datos se utilizan con fines decisivos de seguridad y son esenciales para las actividades socioeconómicas de importancia primordial. Deben ser accesibles de forma operativa en todo momento, en tiempo real, a través de distintos formatos, protocolos y normas, y también deben constituir la base de un registro climático seguro y a largo plazo del que dependan las principales decisiones económicas y políticas. Todas estas consideraciones, desde la complejidad de los datos hasta las exigencias que se plantean al respecto, pasando por su disponibilidad decisiva para la toma de decisiones, se acentuarán aún más en los próximos años.

En este capítulo se ofrece un resumen de alto nivel de los nuevos desafíos en materia de datos. Los desafíos se presentan siguiendo aproximadamente la cadena de producción desde las mediciones hasta la prestación de servicios, pasando por el creciente volumen y variedad de los

datos y las fuentes de datos, la extracción de conocimientos a través del análisis de datos y las arquitecturas alternativas necesarias para respaldar toda esa labor, lo que da lugar a la función que desempeñan los datos en la potenciación de nuevos modos de prestación de servicios.

4.1 **Volúmenes de datos**

Los satélites, los radares y los modelos numéricos están produciendo información en mayores volúmenes que nunca. Por otro lado, las mejoras en la ciencia que sirve de fundamento impulsarán la demanda del intercambio de todo tipo de datos con una frecuencia mucho mayor y a escala mundial. Aparte de la información que utilizan tradicionalmente los SMHN, se recurrirá cada vez más a la información procedente de fuentes que antes no se tenían en cuenta, tanto de carácter privado como público. Entretanto, comienzan a estar disponibles otras fuentes de información, como la información indirecta de las redes sociales y la producción colectiva (*crowdsourcing*), que llevan aparejados nuevos retos en cuanto a la gestión y el volumen de los datos.

Los volúmenes de datos generados por los sistemas de observación de la Tierra y de predicción numérica siguen aumentando de una forma considerablemente más rápida que el rendimiento de las redes de telecomunicaciones. Ese creciente flujo de información plantea importantes retos en cuanto al procesamiento, la distribución y el almacenamiento. Por lo tanto, será cada vez más difícil gestionar y difundir el creciente volumen de datos enviados a los usuarios finales. En cambio, los usuarios pueden querer seleccionar los subconjuntos que satisfagan sus necesidades, o ejecutar sus consultas y algoritmos muy cerca de los datos, para reducir el volumen de información que se va a transferir, enfoque que se describe como “llevar al usuario a los datos”. Sin embargo, en relación con algunos servicios, el suministro oportuno de los datos que sirven de fundamento al usuario seguirá siendo fundamental (“llevar los datos al usuario”).

A modo de muestra razonable de la tasa de crecimiento de los volúmenes de datos del modelo mundial, el modelo mundial de generación actual, incluidos los conjuntos, que se ejecuta en la Oficina de Meteorología de Australia (APS2 G2+GE2) asciende a 4 TB durante un día, mientras que el modelo mundial de nueva generación en desarrollo (APS3) es probable que sea unas cinco veces mayor y se espera que la configuración propuesta para la generación siguiente (APS4) sea diez veces mayor, del orden de 40 TB.

4.2 **Distintas fuentes de datos**

En su condición de proveedores oficiales de servicios nacionales, los SMHN tradicionalmente operan y gestionan sus propias redes de observación para respaldar la prestación de servicios en tiempo real, así como el registro climático a largo plazo. Estas organizaciones se comprometen en general a cumplir los reglamentos y las normas de la OMM en relación con las observaciones meteorológicas e hidrológicas, y a proporcionar los datos esenciales que se intercambian a escala internacional por conducto del WIS. Sin embargo, también manejan cada vez más otras fuentes de datos, como redes de voluntarios, datos convencionales de terceros, nuevos sensores y datos procedentes de la producción colectiva. Cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes en relación con las tareas y responsabilidades públicas de un SMHN.

Los datos de las redes de voluntarios son los que se recopilan por conducto de una red organizada, muy probablemente de científicos ciudadanos que han recibido formación sobre cómo realizar mediciones, a partir de dispositivos de medición aprobados. Los datos, que por lo general no son oficiales, pueden seguir estando sujetos a controles de calidad y pueden llegar a ser de mayor calidad que los de las estaciones oficiales. Estas redes existen en distintas formas desde hace muchos años, pero la disponibilidad de sus datos en Internet es cada vez mayor. Pueden utilizarse para completar o cumplimentar datos en lugares donde un SMHN no dispone de mediciones, como parte de un enfoque escalonado. Una ventaja es que su costo es relativamente bajo, y la cooperación con las redes de voluntarios representa un alcance positivo y una buena práctica de relaciones públicas para un SMHN.

Los datos convencionales de terceros pueden provenir de muchas fuentes, como el ámbito académico, otros organismos gubernamentales (por ejemplo, de defensa o de agricultura), organizaciones colaboradoras, los gobiernos locales, la industria u operadores comerciales. Es posible que las observaciones no se ajusten a las normas de la OMM en materia de exposición, metadatos o calidad, especialmente si la estación no ha sido instalada por técnicos debidamente cualificados. Los SMHN tienen la oportunidad de establecer parámetros de verificación para los datos recopilados y de erigirse como voz autorizada para hacer cumplir esas normas, o de considerarlos prudentemente como datos suplementarios de nivel inferior. A veces, los proveedores de esos datos pueden restringir el uso y la distribución de la información derivada de las observaciones. Si se sigue el enfoque de adecuación a los objetivos, esos datos pueden ser más rentables que los de un SMHN, lo que ofrece oportunidades adicionales.

Los SMHN cada vez tienen más acceso a datos de nuevos sensores digitales, a menudo de bajo costo. Esos datos podrían incluir la medición de la temperatura, el polvo, el granizo o la contaminación del aire, entre otras variables. Con los continuos cambios en la tecnología año tras año, la creciente disponibilidad de sensores de bajo costo puede ser vista como una competencia para las empresas de sensores consolidadas. El lado positivo de los avances tecnológicos en los sensores podría ser la mejora de la precisión de las mediciones y una mayor distribución espacial, a medida que disminuye el costo y la tecnología fácil de usar se torna atractiva para los usuarios. Siempre queda el reto de asimilar esos datos con fuentes más convencionales y de las dudas sobre su fiabilidad, hasta que se prueben y verifiquen, pero tienen un lugar dentro de una red escalonada.

Los datos de producción colectiva pueden ser recopilados de muchas personas, ya sea previo pago o de forma gratuita, normalmente a través de teléfonos inteligentes u otros dispositivos conectados a Internet. Por lo general, las observaciones serán una función secundaria del dispositivo conectado, tomadas cuando resulte oportuno. Las posibilidades en cuanto al volumen y la variedad de este tipo de datos están creciendo; algunos pueden ser muy pertinentes para propósitos específicos, como la gestión de carreteras y el tráfico, pero no todos serán precisos. Algunas observaciones pueden surgir a raíz de determinados eventos, como las realizadas por las personas afectadas por una crecida repentina o un incendio forestal, que pueden estar tuiteando información durante el desarrollo de la situación. Otras pueden ser más metódicas, como las de una red de estaciones meteorológicas domésticas, o estar bien organizadas como parte de una “red de sensores” o de una red del Internet de las cosas. También pueden estar estrechamente relacionadas con una oferta de servicios especializados, como una aplicación agrícola o un servicio de salud ambiental urbano. En todos estos casos se pueden obtener observaciones en tiempo real, y corresponde a los SMHN determinar si son adecuadas para su uso, por ejemplo, para formular predicciones en tiempo real o para verificar fenómenos. A menudo las observaciones pueden carecer de metadatos. Con la llegada de la nube, los datos procedentes de la producción colectiva podrían almacenarse y distribuirse más fácilmente, y validarse mediante técnicas estadísticas. Si se utilizan adecuadamente, con pleno conocimiento de la fuente y sus limitaciones, este tipo de datos podría brindar a un SMHN acceso a una base de datos más amplia con un costo más asequible que si no fuera el caso. Para que las estaciones sean visibles en OSCAR (Herramienta de análisis y examen de la capacidad de los sistemas de observación), habría que poner en marcha el proceso para asignar identificadores de estaciones apropiados del Sistema Mundial Integrado de Observación de la OMM (WIGOS).

4.3 **Análisis de macrodatos**

En un principio, el término “macrodatos” (*big data*) se utilizaba para hacer referencia a datos tan voluminosos y complejos que las aplicaciones tradicionales de tratamiento de datos no tenían capacidad suficiente para trabajar con ellos. El término se emplea ahora con mayor frecuencia en relación con los análisis predictivos o de comportamiento de los usuarios, o con otros métodos avanzados de análisis de datos que extraen valor de los datos, y rara vez al tamaño de un conjunto de datos. El término también se utiliza para describir sistemas en los que las relaciones subyacentes entre variables apenas se comprenden.

El uso de los análisis (la localización, la interpretación y la comunicación de patrones significativos en los datos y en diversos conjuntos de datos) aplicado a los macrodatos implica

beneficios y dificultades para la comunidad meteorológica. Los análisis ofrecen nuevas formas de dar sentido a la abundancia de datos, que se manifiestan a través de modelos, observaciones tradicionales y de producción colectiva, impactos, información sobre el comportamiento de los usuarios y observaciones en tiempo real sobre la calidad del servicio. Se pueden descubrir patrones en cada uno de ellos y en combinaciones de todos ellos, lo que puede mejorar los conocimientos extraídos y permitir un enfoque más preciso sobre la relevancia y la repercusión de los servicios meteorológicos, al posibilitar que los servicios se adapten proactivamente a los distintos usuarios y a sus necesidades.

Un mayor acceso a los datos y los análisis iguala las condiciones para los proveedores de servicios meteorológicos, ya sean grandes o pequeños, o de carácter público o privado, y abre la puerta a la competencia que no forma parte del dominio meteorológico tradicional. Los proveedores pueden considerarlo una amenaza, aunque esa apertura tal vez dé lugar a que se extraiga más valor de los datos y a la posibilidad de mayores beneficios socioeconómicos. Sin embargo, los datos y los conocimientos que se extraen sobre ellos pueden estar sujetos a una lucha por la titularidad, la propiedad intelectual, la veracidad y la autoridad.

Existe cierto riesgo de que un enfoque analítico de “caja negra” pueda reducir la capacidad de comprender e interpretar señales más complejas dentro de los datos, como las que podrían estar representadas de manera más apropiada por un modelo del sistema Tierra basado en la física, con la consiguiente pérdida de matiz, interpretación y comprensión respecto a los procesos en curso. Es posible que con los análisis de macrodatos no se pueda generar una predicción de siete días de buena calidad, pero pueden ser eficaces si se utilizan para mejorar el rendimiento de los modelos físicos que utilizan el reconocimiento de patrones para aislar los datos incorrectos del gran número de observaciones de entrada. Además, el análisis puede ser una extraordinaria herramienta de posprocesamiento para reducir la escala y generar productos derivados que se ajusten a modelos de uso específicos.

Hay muchos tratados escritos sobre el empleo eficaz de los análisis de datos, pero un aspecto esencial reside en la utilidad de revisar los procedimientos de trabajo para incorporar los conocimientos extraídos de los datos al flujo de trabajo de establecimiento y prestación de servicios, en lugar de hacer reajustes.

4.4 **Datos abiertos**

Desde muchos sectores, por ejemplo, desde el seno de los gobiernos, desde los usuarios y desde el sector privado, se está impulsando la publicación de datos producidos con dinero público como datos abiertos para su uso sin restricciones por la población en general, lo que se considera un factor de la innovación en la economía digital. Tradicionalmente, aunque los Miembros están comprometidos con las políticas de la OMM en materia de datos prescritas por la Resolución 40 del Decimosegundo Congreso (OMM, 1995), la Resolución 25 del Decimotercer Congreso (OMM, 1999) y la Resolución 60 del Decimoséptimo Congreso (OMM, 2015a) de la OMM, las políticas nacionales han variado mucho, desde mantener cerradas sus bases de datos financiadas con fondos públicos, hasta proporcionar acceso universal gratuito.

Algunos SMHN están preocupados por la pérdida de los ingresos que genera la venta de datos, puesto que los gobiernos legislan para que los datos financiados con fondos públicos estén disponibles de manera abierta y sin costo o pagando solo por su suministro. Sin embargo, la combinación de datos meteorológicos y conexos con datos auxiliares que también estén disponibles de manera abierta, como los datos demográficos o sobre el uso de la tierra, ayudará en gran medida a los SMHN a llevar a la práctica predicciones y servicios que tienen en cuenta los impactos. Además, las pruebas dan a entender, según la experiencia de los Estados Unidos de América al ofrecer abiertamente los datos del Landsat, que el suministro abierto de los datos genera un valor neto para la economía mayor que los ingresos por las ventas de datos.

La organización de grandes y complejos acervos de datos de manera que se puedan localizar y se pueda acceder a ellos con facilidad, y la implantación de mecanismos modernos de acceso como los servicios web y las API, plantean retos considerables. La implantación del WIS 2.0 puede ser útil, dado que la estrategia de futuro incluye la prestación de servicios web. Pueden

ser necesarias orientaciones sobre la adopción y la aplicación de licencias abiertas, incluida la forma de proteger a los proveedores contra posibles impugnaciones legales si, por ejemplo, los datos incorrectos o los datos utilizados de forma inapropiada (es decir, de una forma que no es adecuada para los objetivos) causan pérdidas o daños.

Los proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos que adquieran servicios de datos de terceros también tendrán que tener en cuenta consideraciones con respecto a los datos abiertos, como la titularidad de los derechos de propiedad intelectual.

4.5 Datos y servicios comerciales

Los SMHN y otras instituciones gubernamentales han proporcionado tradicionalmente la base para las observaciones mundiales y para la prestación de servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos nacionales de interés público. El sector meteorológico privado ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos decenios, lo que ha dado lugar a una variedad de nuevas tecnologías, tanto *in situ* como espaciales, y a ofertas de servicios que incluyen observaciones comerciales y la prestación de servicios multinacionales a través de medios de comunicación digitales. Los avances tecnológicos y el incremento en la demanda de servicios, incluidos los servicios entre empresas, han impulsado ese crecimiento. El modelo empresarial de comercio requiere agilidad en el desarrollo tecnológico y de servicios, y los grandes actores disponen de capital significativo, recursos informáticos y alcance en los medios de comunicación a nivel mundial.

En general, la capacidad del sector privado para innovar supera con creces la de la mayoría de las organizaciones del sector público, en concreto en el uso de tecnología moderna y potencialmente disruptiva, lo que aporta ventajas en esferas como el clima en relación con los medios de comunicación. Como resultado, muchos SMHN perciben al sector meteorológico privado como una amenaza a su relevancia y al apoyo financiero de los gobiernos nacionales, lo que, a su vez, se considera un elemento de alto riesgo que puede disminuir la calidad de los servicios básicos relacionados con la seguridad para la sociedad y una amenaza para el interés público. Por otra parte, la percepción del sector privado es que se ha otorgado a los SMHN una posición privilegiada mediante restricciones legales y reglamentarias, lo que en algunos países obstaculiza la innovación y las oportunidades de prestar servicios de alta calidad de manera más eficiente. La naturaleza de las interacciones entre los sectores público y privado depende del contexto político y económico a escala nacional, y puede variar desde la cooperación hasta la competencia directa. Un riesgo que podría surgir y que podría poner a prueba el enfoque de colaboración que impulsa a gran parte del ámbito de la meteorología existente es que un solo actor del sector privado sea lo suficientemente grande como para dominar una parte significativa del mercado mundial de datos y servicios meteorológicos e hidrológicos, y que opte por operar fuera del contexto de la OMM.

En lo que respecta a las observaciones, muchas instituciones públicas nacionales se enfrentan a continuas presiones en relación con los costos para mantener la infraestructura del sistema de observación, y pueden tratar de aplicar modelos comerciales de suministro sostenible de datos que entrañen la adquisición de datos del sector privado como una opción rentable para satisfacer algunas de las necesidades nacionales, sobre todo a corto plazo. En otros casos, es posible que el establecimiento de tecnología nueva o especializada de titularidad pública simplemente no sea rentable, si los datos de las redes de titularidad privada están disponibles para su adquisición. Entre las consideraciones importantes para esas soluciones híbridas cabe mencionar la calidad, la trazabilidad y la sostenibilidad a largo plazo de los datos procedentes de proveedores comerciales. Pueden imponerse restricciones al intercambio de datos comerciales, y es conveniente contemplar la posibilidad de elaborar principios que promuevan el intercambio de observaciones en apoyo del interés público, a la vez que se mantienen los modelos comerciales viables, teniendo en cuenta asimismo que muchos SMHN también operan mecanismos comerciales. La creciente diversidad de actores en la esfera de los datos lleva a pensar que puede ser oportuno revisar los elementos de las políticas de datos pertinentes de la OMM que requieren compromisos de los Estados Miembros para el intercambio internacional gratuito e ininterrumpido de datos —de observación y procesados— como un elemento fundamental para facilitar todas las actividades de la ámbito de la meteorología a escala mundial.

La capacidad y la agilidad de los grandes operadores del sector privado presenta una oportunidad para que los organismos del sector público, por medio de asociaciones, aprovechen el liderazgo del sector privado en esferas como el análisis de macrodatos, la inteligencia artificial y los servicios digitales. En contrapartida, la OMM ofrece unos cimientos sólidos en materia de ciencia, intercambio de datos y normas mundiales en los que se sustenta la mayoría de los servicios prestados por los SMHN, cimientos que pueden plasmarse e influir en el desarrollo de los servicios prestados por el sector privado y garantizar la calidad de esos servicios para el beneficio público. Esto puede ser especialmente útil cuando las ofertas de servicios del sector privado trascienden las fronteras nacionales, sobre todo para aclarar la cuestión de los avisos autorizados.

Los operadores comerciales (de los sectores privado y público) pueden generar sus propias observaciones, pero muchos dependen en gran medida de las observaciones financiadas con fondos públicos, los productos de la modelización y otros datos generados por los SMHN, las organizaciones afiliadas y la comunidad internacional, especialmente los organismos espaciales. Por lo tanto, la sostenibilidad de esta infraestructura y alianza mundial dirigida por la OMM también es importante para el sector privado, que puede ser un partidario enérgico, sobre todo a escala nacional.

4.6 Información sobre los impactos

Como se reconoce en el documento *Directrices de la OMM sobre servicios de predicción y aviso multirriesgos que tienen en cuenta los impactos* (OMM, 2015b), el paradigma de los servicios de predicción y aviso que tienen en cuenta los impactos ha cobrado impulso rápidamente a medida que los Miembros aprecian el valor de ese enfoque para incrementar la pertinencia y el valor de los servicios para los usuarios, y la influencia positiva que estos servicios pueden tener en la toma de decisiones de los usuarios.

La información relacionada con los impactos puede ayudar a los proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos a comprender mejor las consideraciones de exposición y vulnerabilidad, contribuir a comunicar con mayor eficacia los mensajes sobre la inminencia de fenómenos meteorológicos extremos y propiciar en las personas un comportamiento con miras a la protección contra los efectos de los peligros meteorológicos e hidrológicos y su mitigación. La información relacionada con los impactos puede recopilarse libremente de las redes sociales y otras fuentes en línea, pero cuestiones como la variedad de formatos, la veracidad de la información, la titularidad de los derechos de propiedad intelectual y la privacidad pueden limitar la utilidad de esa información en el análisis y la predicción en tiempo real. La información sobre los impactos de los fenómenos meteorológicos extremos “en el momento en que se producen” puede recopilarse, archivarse y también utilizarse en tiempo real para sustentar y poner de relieve los mensajes de aviso, pero es necesario cierto nivel de toma de decisiones en cuanto a la redacción y considerar varias cuestiones relativas a la autenticación, la veracidad y el riesgo.

Un estudio posterior al fenómeno, a partir de los datos recopilados por los usuarios, puede contribuir a que se comprendan mejor los efectos y los impactos de los fenómenos meteorológicos (no solo de los fenómenos meteorológicos extremos, sino también de las condiciones adversas prolongadas, como las olas de calor o de frío o las sequías), y dar lugar a información, predicciones y avisos más específicos en futuras ocasiones. En su defecto, se puede utilizar la información de los fenómenos meteorológicos históricos, sobre la base de los conocimientos especializados de las ciencias sociales, para comprender mejor la relación entre los fenómenos meteorológicos y sus impactos sociales y económicos.

Para prestar unos servicios que se podrían denominar servicios “integrados” que tienen en cuenta los impactos, que permitan a los usuarios interpretar y aplicar las predicciones meteorológicas e hidrológicas en su propio contexto de toma de decisiones, hace falta que, bien el usuario, bien el proveedor de servicios, integre los datos de los usuarios con los datos meteorológicos e hidrológicos; esta posibilidad constituye una forma de modelo de prestación de servicios entre empresas. Por ejemplo, un servicio bien definido para tratar brotes de asma de las tormentas eléctricas se vería mejorado si se integraran datos demográficos, de efectos

en la salud y de vigilancia del medio ambiente/de la calidad del aire. Las competencias que los proveedores de servicios están desarrollando para integrar observaciones de fuentes cada vez más diversas resultarán útiles para crear interfaces para los diversos conjuntos de datos de los usuarios.

Lograr los mejores resultados a partir de los servicios que tienen en cuenta los impactos exige una comprensión profunda de las características de los datos de todas las fuentes y, en lo posible, la capacidad de lograr su interoperabilidad. Los datos meteorológicos e hidrológicos son a menudo más complejos que otros tipos de datos que pueden utilizarse con ellos, especialmente en cuanto a las características temporales y espaciales (hora de un fenómeno, duración, hora y distribución de las observaciones de verificación, período y zona de validez de una predicción, etc.). El desarrollo de modelos de datos interoperables, por ejemplo, a partir de capas comunes o compartidas de datos meteorológicos junto con datos geoespaciales, sociales o de ingeniería en un único flujo de trabajo conforme a las normas, aumentaría la pertinencia, la utilidad y el valor para el usuario del servicio que tiene en cuenta los impactos.

El uso de información relacionada con los impactos para el estudio posterior al fenómeno es un punto de partida recomendado para los proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos que aún no han comenzado a incorporar información relacionada con los impactos en sus servicios de predicción y aviso.

4.7 **Redes sociales (entrada y salida de datos)**

Los proveedores de redes sociales suelen utilizar ciberplataformas interactivas. La presencia generalizada de esas plataformas y el alcance mundial de las capacidades de Internet y de los servicios web han brindado excelentes oportunidades para utilizar esos instrumentos con el fin de apoyar la recopilación de datos y la difusión de avisos meteorológicos, y para promover la posibilidad de colaborar de manera proactiva con los proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos.

El acceso a la información recopilada a través de la producción colectiva (*crowdsourcing*) o de la prospección de las redes sociales es probablemente el beneficio fundamental más inmediato, al proporcionar información meteorológica actualizada sobre la aparición de lluvia, nieve, niebla y otros fenómenos, así como información sobre el impacto del tiempo, como crecidas, avalanchas y fuertes vientos, en la seguridad pública, con su repercusión en actividades específicas, por ejemplo, en el senderismo, el vuelo sin motor y la navegación a vela. Todo ello puede documentarse mediante fotografías y vídeos geolocalizados, en los que se observa lo que realmente está sucediendo sobre el terreno. Con los procesos adecuados para garantizar su validación, esa información puede utilizarse para actualizar o emitir avisos y para ajustar el ámbito geográfico y el nivel de gravedad de los avisos.

La difusión de observaciones y servicios a través de las redes sociales permite una conexión inmediata y directa con los usuarios, así como la posibilidad de adaptar la información a la ubicación y la actividad de interés. En combinación con el análisis de datos, el servicio se puede ajustar aún más para garantizar la mayor repercusión y valor, por medio de un uso más generalizado de los datos y el servicio.

Las redes sociales pueden ser un potente instrumento para promover o mejorar la imagen de los proveedores de servicios, mediante las observaciones sobre la utilidad de los servicios y el diálogo sobre el desempeño y las cuestiones de actualidad.

5. **IDEAS FUNDAMENTALES**

Este capítulo incluye distintas apreciaciones sobre las tendencias y los temas tratados en los capítulos anteriores, y constituye la base para las medidas y recomendaciones que se sugieren en el capítulo siguiente.

5.1 Infraestructura y redes

El compromiso a largo plazo con la medición y la vigilancia en la escala necesaria para caracterizar el clima mundial y comprender el cambio a lo largo del tiempo y en el lugar, de manera análoga a los niveles regional y nacional, depende de una inversión sostenida en infraestructura de observación y en conocimientos especializados y sistemas conexos de calidad y gestión de datos. Las estructuras institucionales de la OMM y sus Miembros, sobre todo (pero no en exclusiva) por conducto de los SMHN, han sido tradicionalmente el pilar de ese compromiso a largo plazo. La infraestructura mundial y nacional y los datos compartidos que esta facilita, complementados por el diseño para satisfacer las necesidades más volátiles asociadas a los fenómenos meteorológicos localizados, a corto plazo o extremos, también proporcionan datos de entrada esenciales para la predicción numérica del tiempo. Las observaciones de una amplia diversidad de proveedores (ajenos a los SMHN) también pueden ayudar a ampliar la cobertura de la red en asociación con los SMHN. Otros participantes en el ámbito de la meteorología, como el sector privado y el mundo académico, seguirán invirtiendo en observaciones en diverso grado, e incluso algunos de ellos contemplan la posibilidad de realizar importantes inversiones espaciales.

Sin embargo, por lo que se refiere a la cobertura completa de las necesidades de los servicios meteorológicos operativos, cabe decir que todos los actores dependen en última instancia de la infraestructura y los datos básicos facilitados bajo los auspicios de la OMM gracias a la financiación pública de sus Miembros. El Marco Normativo de la OMM para la Participación de los Sectores Público y Privado tiene por objeto lograr una implicación más activa y coordinada entre los sectores, tanto a escala mundial como nacional, lo que incentivaría la posibilidad de que el sector privado orientara sus inversiones en infraestructura y sus políticas de intercambio de datos hacia un mayor beneficio neto para la sociedad, al tiempo que seguiría logrando sus objetivos financieros. Las partes interesadas del sector privado también podrían ser partidarios enérgicos a escala nacional de una inversión gubernamental continua y reforzada en la infraestructura de medición y datos. Los Miembros pueden contribuir a esa colaboración mediante la creación de los marcos reglamentarios y los mecanismos necesarios para una asociación proactiva, y mediante medidas prácticas como la invitación a participar en el WIGOS y la facilitación del acceso a OSCAR y al WIS.

5.2 Volumen, velocidad y variedad

Mucho antes de que el término macrodatos (*big data*) se popularizara, la meteorología mundial ocupaba ese espacio y trabajaba para dar respuesta a los retos conexos, por ejemplo:

- Datos satelitales de gran volumen, predicción numérica del tiempo de alta resolución y modelización mundial.
- La ingente diversidad de variables, metodologías de medición, procesos físicos, biogeoquímicos y termodinámicos necesaria para caracterizar el sistema Tierra.
- La diversidad de escalas espaciales y temporales en las que se caracterizan esas observaciones y procesos.
- El “equilibrio” en la gestión de datos entre archivar y reanalizar los datos climáticos a largo plazo mientras se evalúan y asimilan los datos en tiempo real.
- Los plazos de recopilación, suministro y procesamiento de información a alta velocidad necesarios para ejecutar funciones esenciales, desde la predicción inmediata de fenómenos meteorológicos extremos hasta la elaboración de modelos numéricos mundiales totalmente acoplados.

A medida que aparecen nuevas fuentes de datos, los retos en cuanto a la procedencia, la confianza y el valor ocupan un lugar prioritario a la hora de determinar qué datos son adecuados para los objetivos y rentables para satisfacer una serie de necesidades de los usuarios.

Esos retos continuarán, pero a medida que las tecnologías de datos evolucionen, especialmente conforme la potencia de la computación de alto rendimiento aumente de forma cada vez más rápida y las estrategias tecnológicas alternativas pasen a ser viables, el enfoque tenderá cada vez más hacia la optimización de las arquitecturas de modelos y el código, así como hacia

nuevas metodologías de asimilación y difusión de datos. La topología del problema de los datos cambiará, y es probable que las iniciativas para resolverlo comprendan una gran colaboración, pero que estén a cargo de un menor número de centros mundiales de prestación de servicios a la comunidad de la OMM en general.

5.3 Cadena de suministro

Los datos mueven la cadena de valor del tiempo, el clima y el agua, y los SMHN han funcionado tradicionalmente como proveedores a lo largo de toda la cadena de valor, desde la creación de redes y servicios para satisfacer las necesidades de los usuarios, pasando por la adquisición y el procesamiento de datos, hasta el establecimiento y la prestación de servicios. A medida que se acelera la adopción de las nuevas tecnologías de datos en los SMHN y otras organizaciones de los sectores público y privado, algunas de las prácticas internas existentes no serán sostenibles ni productivas. Las asociaciones, los contratos o las alianzas serán cada vez más atractivos como forma de optimizar la inversión en la cadena de suministro en su conjunto o de mantener esta. El costo, el valor, la capacidad y la soberanía serán factores clave para impulsar esas opciones, teniendo en cuenta en particular el compromiso a largo plazo y basado en normas que es necesario para vigilar la calidad del clima y la importancia de que haya una voz oficial autorizada para garantizar un aviso y una respuesta inequívocos en caso de desastre.

Los distintos proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos elegirán qué partes de la cadena de suministro necesitan conservar internamente frente a las que ellos o sus gobiernos obtendrán a través de asociados, como otros SMHN, otros organismos del sector público y el sector privado. Al evaluar las funciones y responsabilidades a lo largo de la cadena de suministro, la comunidad mundial de la OMM ofrece una alianza particularmente importante para los Miembros a través de la operación basada en la reglamentación y los elementos básicos del programa de la VMM, el intercambio abierto de conocimientos especializados y experiencia práctica, la armonización del desarrollo de la capacidad con las necesidades y el apoyo de los Miembros más fuertes (por ejemplo, los que gestionan centros mundiales de producción) a los Miembros con menos capacidades, como en el modelo en cascada de la predicción numérica del tiempo.

La “parte afilada” de la cadena de suministro, en la que el valor para el cliente se obtiene mediante la adopción de datos y servicios en la toma de decisiones, está evolucionando y tiene un importante potencial de crecimiento desde el punto de vista del valor económico y la seguridad. Las posibilidades de prestar servicio al público de forma más eficaz a través de la tecnología móvil ya son una realidad. La prestación de servicios entre empresas es otra tendencia significativa porque cada vez hay más sectores capaces de integrar la información meteorológica en sus procesos de toma de decisiones, lo cual aporta eficiencia al mitigar las sensibilidades meteorológicas de la empresa; a nivel mundial, esa sensibilidad podría suponer billones de dólares.

5.4 Disrupción

“Disrupción” es el nombre que se le da habitualmente a los cambios radicales o graduales en la tecnología que pueden hacer que las aplicaciones, los métodos y los procesos más antiguos queden obsoletos. Las tecnologías digitales actuales, como Internet, la banda ancha fija y móvil y los servicios en la nube, ya han cambiado la forma en que los Miembros y sus proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos recopilan datos, extraen apreciaciones y prestan servicios, así como la forma en que los usuarios acceden a los datos y servicios, los aplican y responden a ellos. Las nuevas tecnologías de datos, como el Internet de las cosas, el análisis de macrodatos, el aprendizaje automático y los sistemas autónomos, elevarán el listón de las disrupciones en todas las esferas de la economía y en todos los sectores de la industria. La automatización y los aumentos de productividad asociados forman parte de las buenas noticias sobre las disrupciones. De cara al futuro, las disrupciones digitales para los Miembros repercutirán sobre todo en el entorno de los servicios, en la preparación y respuesta con respecto a las necesidades y capacidades cambiantes de los usuarios y en las formas en que se facilitarán

a los usuarios los mejores resultados y experiencias. También repercutirá en cómo y con quién se establecen las colaboraciones para ofrecer la ciencia más avanzada a fin de impulsar futuras mejoras en el servicio.

5.5 Intercambio de datos

El intercambio mundial de datos fue la base fundamental para el establecimiento de la OMM y de su programa insignia, la VMM. Los elementos que componen el programa de la VMM son los elementos esenciales de la OMM y los SMHN, y el reconocimiento de ese valor intrínseco está impulsando su modernización, reinención y ampliación mediante el WIGOS, el WIS/WIS 2.0 y el Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (SMPDP) sin Discontinuidad, complementados por la Estrategia de prestación de servicios.

La OMM ha posibilitado el intercambio internacional de datos mediante el establecimiento de normas, reglamentos y prácticas para garantizar la sincronización y la interoperabilidad mundiales. Los requisitos relativos a las horas fijas de observación, los códigos meteorológicos, los procedimientos unificados de calibración y el control de calidad de los datos se han promulgado como reglamentos técnicos de la OMM que los Estados Miembros deben cumplir. Además, se ha puesto en marcha un sólido programa de desarrollo de la capacidad por conducto de las comisiones técnicas de la OMM en cooperación con los organismos internacionales y nacionales de ayuda al desarrollo. Todo ese esfuerzo ha dado como resultado un sistema internacional de sistemas único, y la OMM ha sido presentada como ejemplo por su “mundialismo infraestructural”.

El intercambio de datos, por personas y máquinas, se basa en las posibilidades de localización, que a su vez dependen de la aplicación de metadatos de localización que se ajustan a las normas apropiadas en materia de interoperabilidad. El WIS 2.0 se ocupará de garantizar que los metadatos de la OMM, así como la localización, el acceso, la recuperación y la aplicación de los datos y sistemas, sean adecuados para su objetivo en la era digital.

El intercambio de datos en la OMM se ha articulado específicamente en los últimos 20 años en la Resolución 40 (Cg-XII), la Resolución 25 (Cg-XIII) y la Resolución 60 (Cg-17) de la OMM (OMM, 1995, 1999, 2015a). Este enfoque libre y abierto en relación con los datos es una señal internacional única de la OMM y es envidiado por muchas otras organizaciones mundiales. Muchos operadores comerciales también dependen de la capacidad que se desarrolla a partir de los acuerdos mundiales de intercambio de datos.

En concreto, la Resolución 40 (OMM, 1995) tiene una importancia única al establecer el concepto de “datos y productos esenciales” como los “necesarios para la prestación de servicios en favor de la protección de la vida humana y bienes materiales, así como el bienestar de todas las naciones”. La rápida evolución de las necesidades de datos y servicios, junto con las nuevas e inmensas oportunidades que ofrece la tecnología, justifican cada vez en mayor medida la revisión del inventario de datos “esenciales”, articulado en el anexo 1 a la Resolución 40, para mantenerlo actualizado en relación con las nuevas tendencias en materia de datos, especialmente con las crecientes capacidades e importancia de los datos obtenidos por satélite y de sus implicaciones para la predicción numérica del tiempo mundial y en cascada (por lo que se refiere a los datos de entrada a la predicción numérica del tiempo y a la obtención de los beneficios de la predicción numérica del tiempo). En vista de la dinámica actual de la demanda de servicios y de la rápida evolución de la tecnología, debería aplicarse un enfoque ágil a la política de datos de la OMM (Resoluciones 40, 25 y 60) para que las nuevas necesidades y realidades del intercambio de datos queden reflejadas en el entorno conformado por múltiples partes interesadas, con la participación de los sectores público, privado y académico.

5.6 Innovación

Los datos y cómo se recopilan, analizan, procesan, aplican, utilizan, integran, comparten, entregan y verifican, alimentan el motor del ámbito de la meteorología. Conectan de manera indeleble a todos los Miembros de la OMM y son esenciales para que estos lleven a cabo su

trabajo. También se han convertido en un importante motor del cambio y la innovación, desde las observaciones hasta las decisiones tecnológicas adoptadas, las asociaciones establecidas, los servicios prestados, pasando por la interacción y el compromiso con los usuarios. En muchos sentidos, este último elemento es el más importante, dado que ni las observaciones ni los servicios tienen valor intrínseco hasta que se utilizan para tomar decisiones: para salvar vidas y proteger la propiedad, para mejorar la productividad y la sostenibilidad y para influir en otros resultados de la sociedad y la economía.

Mediante un impulso activo de la innovación sostenida y disruptiva, orientada a lograr un mayor impacto y valor, y a través de procedimientos racionalizados de evaluación y adopción de las innovaciones, los proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos pueden prestar un servicio más eficiente y eficaz a sus usuarios, fundamentar mejor las decisiones y generar un mayor valor.

La colaboración mundial es intrínseca a la OMM, y abarca desde los criterios de medición hasta el intercambio de datos, pasando por el desarrollo tecnológico y la ciencia. El concepto de “innovación abierta”², que describe una mayor apertura al análisis de oportunidades de innovación a través de la colaboración, en lugar de los enfoques más tradicionales de puertas cerradas, constituye un paso al frente. Puede abrir nuevas vías para la obtención e integración de actividades de investigación y desarrollo de vanguardia a fin de acelerar la asimilación de nuevos datos, nuevas formas de aplicarlos y su traducción en resultados de alto valor para el usuario.

5.7 Servicios inteligentes

Los cambios demográficos y en las expectativas de los consumidores, apoyados por las redes sociales, el análisis de macrodatos y la accesibilidad ubicua, impulsarán una tendencia hacia la inteligencia o la visión de contexto, en lugar de la prestación de los servicios de predicción tradicionales. El alcance de esos servicios de inteligencia incluye los “servicios inteligentes” (*smart services*), en los que la información suministrada responde directa e interactivamente a la ubicación, las actividades, las preferencias y otras variables del usuario, y los “servicios integrados”, en los que los datos y productos meteorológicos e hidrológicos pueden integrarse con los datos del usuario o el sector (por ejemplo, la salud, la energía y las emergencias) a fin de apoyar de manera proactiva las decisiones de interés para el sector y el contexto. Una gama de tecnologías de datos existentes y nuevas impulsarán estos cambios e influirán de forma fundamental en la forma que adopten los verdaderos servicios basados en el impacto, además de impulsar un enfoque de servicios integrados.

5.8 Personas

A pesar de la atención que se presta a la tecnología, la automatización y la disrupción, las personas siguen formando parte de la prestación de servicios y de la ciencia, a lo largo de toda la cadena de valor, en concreto mediante las siguientes interacciones:

- a) el mantenimiento y la operación de las tecnologías, y la recopilación y el aseguramiento de la calidad de los datos;
- b) el desarrollo de los fundamentos científicos, para el establecimiento de conocimientos, apreciaciones y sistemas;
- c) la aportación de conocimientos sociales para sustentar la excelencia en la comunicación y el compromiso con los usuarios y otros grupos de partes interesadas;
- d) la aportación de conocimientos especializados para el suministro de servicios de interpretación e interacción con los usuarios como elemento esencial de la prestación de servicios.

² Por ejemplo, véase <https://www.openinnovation.eu/open-innovation/>.

A medida que evolucionan las prácticas de trabajo, las personas implicadas en el ámbito de la meteorología trabajarán de diferentes maneras (y en diferentes lugares). Sin embargo, en un futuro a corto plazo, las competencias y capacidades existentes y cambiantes seguirán reportando beneficios únicos. Como sucedió en la revolución industrial, la revolución digital supondrá grandes aumentos de productividad, así como una reducción de la fuerza de trabajo en algunos sectores de los proveedores de servicios meteorológicos e hidrológicos, y un crecimiento en otros. La diversidad y los enfoques inclusivos seguirán teniendo una importancia vital para garantizar la igualdad de oportunidades y de representación, así como para mejorar la productividad y la innovación.

Las nuevas tecnologías de datos requerirán la interacción con diferentes actores (personas, organizaciones y sectores), aparte de los grupos habituales de partes interesadas. El mandato a largo plazo de los SMHN y su inversión sostenida en profesionales cualificados y en la investigación de apoyo, así como su capacidad para aprovechar las competencias, la ciencia y los sistemas de toda la comunidad de la OMM, incluidos los voluntarios, los diferenciarán de muchas otras organizaciones.

6. **CONSTATAIONES Y RECOMENDACIONES**

A partir del análisis de las cuestiones y las apreciaciones, las principales constataciones y recomendaciones de las presentes Directrices se clasifican en tres ámbitos: pensar globalmente, actuar localmente y proyección exterior.

6.1 **Pensar globalmente: reforzar el papel fundamental de la OMM y del programa de Vigilancia Meteorológica Mundial**

El análisis de los nuevos desafíos en materia de datos refuerza el papel fundamental y los puntos fuertes de la OMM en relación con su mandato de interés público y las políticas y principios conexos de intercambio de datos; su singular capacidad científica mundial; su infraestructura básica de observación e intercambio de datos, normas, control de calidad y prácticas reguladas; y su acceso a conocimientos especializados. Todo ello se refleja en el exitoso programa de la VMM, que ahora está siendo renovado y rediseñado para poner de relieve los retos y las oportunidades de la “era de los datos” (en efecto, la VMM 2.0).

La comunidad de la OMM estará mejor preparada para hacer frente a los retos que plantean los nuevos desafíos en materia de datos mediante iniciativas mundiales específicas, por ejemplo:

- a) Reforzar la importancia de un enfoque estratégico en relación con los datos y el protagonismo y el poder de convocatoria de la OMM en el ámbito de la meteorología global mediante un compromiso proactivo con la comunidad general de participantes, que abarque los sectores público y privado y el ámbito académico, entre otras cosas mediante:
 - i) un diálogo coordinado y dirigido por la OMM con las organizaciones del sector privado y los órganos representativos pertinentes;
 - ii) la elaboración de un enfoque basado en principios con miras a las asociaciones en el ámbito de la meteorología a escala mundial;
 - iii) orientaciones claras para los Miembros sobre la forma en que podrían emplear esos principios para crear alianzas regionales y a nivel nacional y local o de sectores específicos.
- b) Poner de manifiesto el compromiso ya asumido con la próxima generación de sistemas de la VMM (VMM 2.0), que son más adecuados para el paradigma de datos en evolución, y cada vez más disruptivo, que están experimentando la OMM y sus Miembros mediante:
 - i) una atención prioritaria al desarrollo ulterior y la plena implantación del WIGOS, el WIS 2.0 y el SMPDP sin Discontinuidad;
 - ii) la institucionalización de los sistemas mundiales y los procesos en cascada que permitirán que todos los Miembros se beneficien, independientemente de su etapa de desarrollo y de su capacidad, a fin de que ningún Miembro se quede atrás;

- iii) el fortalecimiento del enfoque basado en el cumplimiento de las normas, los reglamentos técnicos y el intercambio de datos, que es uno de los puntos fuertes de la OMM, y la aplicación de medidas prácticas adecuadas para supervisar y evaluar el cumplimiento.
- c) Adoptar medidas prácticas para que todos los Miembros, especialmente los PMA y los PEID, tengan:
 - i) una capacidad adecuada para hacer frente a los retos asociados al acceso y la gestión de los volúmenes y la complejidad cada vez mayores de los datos;
 - ii) orientación para tomar decisiones fundamentadas sobre la inversión o la asociación en tecnologías y aplicaciones de datos;
 - iii) la oportunidad de extraer los beneficios de la utilización eficaz de los datos en la prestación de servicios a sus comunidades. La vigilancia del clima mundial y los modelos mundiales necesitan datos mundiales, y la OMM se ha comprometido a garantizar que ningún Miembro se quede atrás a ese respecto.
 - d) Revisar las definiciones de datos esenciales que figuran en el anexo 1 de la Resolución 40 (y en las Resoluciones 25 y 60, según proceda), a fin de que se ajusten a los fines del paradigma moderno y en evolución de los datos de observación, en concreto que reflejen adecuadamente el aumento del volumen, la variedad y la importancia fundamental para los Miembros de los datos obtenidos por satélite, como dato de entrada esencial para la predicción numérica del tiempo mundial (y en otras escalas). El compromiso de todos los participantes con el ámbito de la meteorología a escala mundial es importante para garantizar un resultado que tenga más valor para la sociedad y sirva de sustento para los mandatos y los objetivos de los sectores público y privado.
 - e) Respaldar la investigación basada en las ciencias sociales sobre el uso y la comprensión de los datos meteorológicos e hidrológicos por quienes los reciben, y la distribución general garantizada de los conocimientos sobre este tema por conducto de la comunidad de la OMM para ayudar a los Miembros a garantizar que se aproveche al máximo el valor para la sociedad mediante los datos, los productos y los servicios de origen público y privado.
 - f) Revisar y actualizar las orientaciones para los Miembros, prestando especial atención a los nuevos desafíos en materia de datos y a las cuestiones relacionadas con la cadena de suministro, con respecto a las consideraciones que han de tenerse en cuenta al definir los mandatos nacionales para los servicios meteorológicos, climáticos e hidrológicos, de conformidad con el Convenio de la OMM.
 - g) Reflexionar sobre este tema a través del proceso de reforma de los órganos integrantes dirigido por el Consejo Ejecutivo y de los esfuerzos del Secretario General por racionalizar la Secretaría en aras de la eficiencia y la eficacia, en todas las cuestiones relacionadas con los datos, los sistemas de infraestructura conexos y el apoyo a estos. En particular, prestar atención a la armonización de los programas de la OMM y de las responsabilidades de las comisiones técnicas y las asociaciones regionales, incluidos los grupos de trabajo técnicos y los procesos de apoyo a la ejecución, en relación con los datos.

6.2 **Actuar localmente: aprovechar el potencial de los Miembros, los datos y las personas**

Aunque la OMM establece el marco estratégico general, los reglamentos y la orientación dentro de los que los Miembros definen y cumplen sus mandatos nacionales, la responsabilidad de diseñar y ofrecer la infraestructura operativa necesaria, de prestar los servicios y de comprometerse a satisfacer los requisitos regionales y mundiales especificados (por ejemplo, apoyar la aviación, el medio marino y el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC)) recae en el plano nacional, donde se toman las decisiones prácticas sobre qué datos se adquieren, gestionan y utilizan, de qué manera, en qué tecnologías de datos se invierte y qué alianzas se establecen. Las presentes Directrices no pueden ofrecer una dirección u orientación explícita sobre esas cuestiones, sino que ponen de relieve la medida en que la alianza mundial dirigida por la OMM puede ayudar a los Miembros a tomar sus decisiones y la manera en que

los Miembros pueden aprovechar la capacidad de su población y sus asociados para extraer el máximo valor de los datos y los resultados óptimos para su comunidad nacional. Entre las posibles iniciativas de interés para la OMM y sus Miembros, cabe citar las siguientes:

- a) Examinar las cadenas nacionales de suministro de datos y de prestación de servicios para determinar si son coherentes con los mandatos nacionales, si ofrecen un aprovechamiento de máximo valor de los recursos de los SMHN (finanzas, personas, etc.), si permiten extraer el máximo valor de los datos y las tecnologías de datos por lo que se refiere a los resultados para los usuarios, y dónde puede haber oportunidades para procurar alianzas y apoyo por conducto de acuerdos bilaterales, multilaterales, contractuales o de asociación.
- b) Ponerse en contacto con diversos proveedores de datos ajenos a los SMHN para ampliar la cobertura de las observaciones. Las directrices para la asociación de datos del WIGOS, elaboradas por el Grupo de coordinación intercomisiones sobre el WIGOS (OMM, 2019b), serán útiles para que los Miembros determinen, establezcan y estructuren oportunidades de asociación y fundamenten sus decisiones, entre otras cosas en relación con los acuerdos comerciales para el suministro de datos.
- c) Aprovechar el potencial de las comunicaciones digitales y las redes sociales para establecer conexiones con las comunidades de usuarios, comprender mejor sus necesidades de servicios y adaptar los servicios a sus necesidades.
- d) Invertir en las personas y en las capacidades esenciales a largo plazo, mediante:
 - i) la definición de conjuntos de competencias básicas que permitan a los Miembros, especialmente a los SMHN y a otras organizaciones que contribuyen a las iniciativas fundamentales de la OMM, como la Vigilancia de la Atmósfera Global, la Vigilancia de la Criosfera Global, el Sistema de Observación Hidrológica de la OMM, el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas y el SMOC, ofrecer de manera única beneficios valorados por el usuario y resultados sostenibles gracias a un uso más eficaz de los datos y de la gestión de la infraestructura de datos;
 - ii) una mirada hacia el futuro dirigida a las crecientes y nuevas necesidades en materia de competencias, como la ciencia computacional, la ciencia de datos y el aprendizaje automático, y una consideración las ventajas de adquirirlas mediante la inversión interna o la asociación;
 - iii) la aceptación de la diversidad y la inclusión como compromisos esenciales para la contratación, la formación de equipos y la planificación de la sucesión, para crear oportunidades equitativas, mejorar la productividad y la innovación, y armonizar mejor la fuerza de trabajo con la comunidad de usuarios;
 - iv) en colaboración con la OMM, analizar formas de invertir en las personas para capitalizar esos beneficios y ofrecer el máximo valor.
- e) Trabajar a nivel nacional o regional con organizaciones del sector privado, ya sean asociados o proveedores alternativos que utilicen datos e infraestructura del sector público, para colaborar en el diseño de redes y en la orientación de los servicios, y para aprovechar su influencia como promotores de la realización continuada de inversiones en la infraestructura meteorológica e hidrológica nacional.

6.3 **Proyección exterior: aprovechar las nuevas oportunidades en materia de datos, ciencia, tecnologías y asociaciones**

La disrupción de la era digital ya ha entrañado un cambio, un reto y una oportunidad para el ámbito de la meteorología, y así continuará, especialmente en relación con la aplicación de los datos, las apreciaciones del análisis de datos, la ciencia y la tecnología de datos, la ciencia impulsada por los datos, las oportunidades de asociación y las expectativas de los usuarios. Explotar el potencial de las innovaciones y las novedades en la tecnología de datos de una forma que se ajuste a la estrategia y el presupuesto traerá aparejada una ventaja significativa para quienes sean capaces de lograrlo. Entre las medidas que la OMM y sus Miembros podrían considerar a fin de prepararse mejor para afrontar el futuro y analizar las oportunidades asociadas a la disrupción en materia de datos cabe citar:

- a) Invertir en actividades coordinadas, dirigidas por una comisión técnica y en colaboración con asociados del sector privado, para estudiar:
 - i) el potencial asociado al aprovechamiento de las nuevas oportunidades y aplicaciones técnicas en beneficio de todos los participantes en el ámbito de la meteorología a escala mundial, incluidos el Internet de las cosas, las redes sociales, la producción colectiva y el análisis de datos de carácter novedoso;
 - ii) el establecimiento de principios para el intercambio de datos que no comprometan el éxito a largo plazo y la eficacia ininterrumpida del ámbito de la meteorología a escala mundial ni la viabilidad comercial del sector privado.
- b) Utilizar el marco de proyectos afiliados a la CSB de la OMM, establecer proyectos experimentales, involucrar a los asociados de los SMHN, el ámbito académico, las instituciones de investigación y el sector privado y compartir experiencias relacionadas con el uso y la aplicación de tecnologías emergentes, como el aprendizaje automático y el Internet de las cosas, y con la creación de ofertas de servicios específicos, como la predicción inmediata y la gestión ambiental de respuesta rápida. Una iniciativa concreta podría consistir en analizar cómo obtener el máximo valor del uso del análisis de datos en el diseño y la prestación de servicios interactivos y que se ajusten al contexto. Un mayor intercambio de experiencias, especialmente a nivel nacional, ayudará a otros a estar “preparados para la disrupción”.
- c) Implantar un marco de innovación a escala institucional (los SMHN y otros proveedores de datos o servicios) o en colaboración con los asociados, para determinar y probar nuevas ideas que se ajusten a las necesidades y estrategias prioritarias, y evaluar las oportunidades potenciales de innovación (y de “innovación abierta”), mediante un enfoque experimental y de “fracaso rápido” para racionalizar el desarrollo ulterior y la adopción de ideas alentadoras y facilitar que se rechacen o reorienten otras en las primeras fases.
- d) Ampliar el concepto de los servicios que tienen en cuenta el impacto a un enfoque de servicios integrados, en el que los datos financiados con fondos públicos sean de libre acceso y se integren con los datos de fuentes sectoriales, a fin de desarrollar servicios más pertinentes para el contexto y viables que informen directamente a los usuarios y los beneficien. Algunos ejemplos podrían ser la integración con los datos demográficos y del sector de la salud a fin de mejorar la preparación y respuesta para casos de olas de calor, y la integración de los datos hidrológicos con los datos específicos de cada lugar (geográficos, paisajísticos, de construcción, de drenaje, de planificación, etc.) para mejorar la especificidad de los servicios locales.

7. CONCLUSIONES

Las presentes Directrices sobre los nuevos desafíos en materia de datos se basan en una amplia gama de fuentes y expertos, incluida la documentación recopilada por las comisiones técnicas a petición del Presidente de la OMM y los debates en curso en el Congreso Meteorológico, el Consejo Ejecutivo y la CSB y en los órganos de trabajo asociados al WIGOS, el WIS, el SMPDP y la prestación de servicios meteorológicos para el público. El debate y la formulación de posibles consejos para presentar al Congreso oscilaron considerablemente entre la evolución y la revolución, incluida la necesidad de fortalecer el “núcleo irreductible” de la OMM y sus Miembros reforzando la función esencial del programa de la VMM; la aspiración de que “no se deje atrás a ningún Miembro” y de que “ningún Miembro esté solo”; la necesidad de colaborar, ser inclusivos y concertar alianzas, especialmente entre los sectores público y privado; la necesidad de crear y aprovechar oportunidades a través de los datos; y la necesidad de cuestionar los mecanismos tradicionales al tiempo que se reconocen las importantes funciones de las personas, que podrían ser modificadas.

Se ha hecho hincapié en aprovechar el excelente trabajo que ya realiza la OMM por medio de su respuesta en el ámbito de los datos y las tecnologías, en particular por conducto del WIGOS, el WIS/WIS 2.0, el SMPDP/SMPDP sin Discontinuidad (los cuales, juntos, son precursores de la VMM 2.0) y la Estrategia de prestación de servicios, para dotar a los Miembros de

las herramientas esenciales y asesorarlos a fin de que se adapten a esas oportunidades, las aprovechen y respondan a ellas, y de impulsar a la OMM como una organización dedicada a la normalización, la coordinación y la facilitación de una comunidad mundial al servicio de la sociedad.

Las presentes Directrices insisten en recordar la importancia de que los datos son un medio para alcanzar un fin y no un fin en sí mismos. Solo mediante su utilización inteligente en la interacción con los usuarios y en el establecimiento y la asimilación de servicios y resultados conexos que satisfagan las necesidades de la sociedad, se obtendrá de ellos todo su valor, ya sea a largo plazo, para tener una perspectiva histórica sobre el clima y gestionar los impactos, a medio plazo, para gestionar eficazmente los recursos hídricos y naturales y disponer de preparación para casos de desastre, o a corto plazo, para avisar de fenómenos meteorológicos violentos y de desastres inminentes y apoyar la respuesta ante estos. Las Directrices proporcionan un marco de respuesta que contempla medidas centradas en el pensamiento global, la actuación local y la proyección exterior.

Las nuevas tendencias en materia de datos y tecnologías de datos ofrecen a toda la comunidad de la OMM, a los distintos Miembros y al ámbito de la meteorología a escala mundial en general el reto y la oportunidad de nuevos horizontes científicos y tecnológicos. El reto consiste en reimaginar cómo serían unos servicios y una prestación de servicios eficientes, eficaces y pertinentes, cómo se podría alcanzar una mejor disposición para el futuro mediante formas nuevas e innovadoras de colaboración, y cómo se podría proporcionar un valor genuino a través de los datos y a partir de ellos.

8. REFERENCIAS

- Organización Meteorológica Mundial, 1995: *Duodécimo Congreso Meteorológico Mundial: informe final abreviado con resoluciones* (OMM-N° 827). Ginebra.
- , 1999: *Decimotercer Congreso Meteorológico Mundial: informe final abreviado con resoluciones* (OMM-N° 902). Ginebra.
- , 2015a: *Decimoséptimo Congreso Meteorológico Mundial: informe final abreviado con resoluciones* (OMM-N° 1157). Ginebra.
- , 2015b: *Directrices de la OMM sobre servicios de predicción y aviso multirriesgos que tienen en cuenta los impactos* (OMM-N° 1150). Ginebra.
- , 2017: *Consejo Ejecutivo - Sexagésima novena reunión: informe final abreviado con resoluciones y decisiones* (OMM-N° 1196). Ginebra.
- , 2018: *Consejo Ejecutivo - Septuagésima reunión: informe final abreviado con resoluciones y decisiones* (OMM-N° 1218). Ginebra.
- , 2019a: *Congreso Meteorológico Mundial: informe final abreviado de la decimoctava reunión* (OMM-N° 1236). Ginebra.
- , 2019b: *Guía del Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM* (OMM-N° 1165). Ginebra.
-

Para más información, diríjase a:

Organización Meteorológica Mundial

7 bis, avenue de la Paix – Case postale 2300 – CH 1211 Genève 2 – Suiza

Oficina de Comunicación y de Relaciones Públicas

Tel.: +41 (0) 22 730 87 40/83 14 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Correo electrónico: cpa@wmo.int

public.wmo.int