

REPORTE TÉCNICO
No: 2013 - 4

WIGOS

Sistema mundial integrado de sistemas de observación
de la OMM

PLAN DE EJECUCIÓN PARA LA EVOLUCIÓN DE LOS
SISTEMAS MUNDIALES DE OBSERVACIÓN



Organización
Meteorológica
Mundial
Tiempo · Clima · Agua

WIGOS

Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM

PLAN DE EJECUCIÓN PARA LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS MUNDIALES DE OBSERVACIÓN



El presente plan se ha elaborado bajo la dirección del Grupo abierto de área de programa (GAAP) sobre los sistemas de observación integrados (GAAP sobre los SOI) y es una contribución al Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (WIGOS)

© Organización Meteorológica Mundial, 2013

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
P.O. Box 2300
CH-1211 Ginebra 2, Suiza

Tel.: +41 (0) 22 730 8403
Fax: +41 (0) 22 730 8040
Correo electrónico: 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 Secretaría 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 con mención a los autores son las de los autores y no reflejan necesariamente las de la Organización ni las de sus Miembros.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	2
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Preámbulo	10
1.2. Contexto	10
1.3. Antecedentes y finalidad del nuevo plan	11
2. El enfoque estratégico en la ejecución	13
2.1. Enfoque general y relación con el WIGOS	13
2.2. Agentes de ejecución	15
3. Medidas generales y transectoriales	16
3.1. Respuesta a las necesidades de los usuarios.....	16
3.2. Integración.....	19
3.3. Política de datos	20
3.4. Ampliación	21
3.5. Automatización	22
3.6. Interoperabilidad, y compatibilidad, consistencia y homogeneidad de los datos	22
3.7. Necesidades de radiofrecuencias.....	23
4. Consideraciones relativas a la evolución de los sistemas de observación en los países en desarrollo	25
5. Sistema de observación en superficie	27
5.1. Introducción	27
5.2. Cuestiones generales: representatividad, trazabilidad, calibración de instrumentos e intercambio de datos.....	29
5.3. Cuestiones específicas de cada componente de los sistemas de observación.....	31
5.3.1. Sistemas de observación en altitud sobre tierra	31
5.3.1.1. Estaciones en altitud	32
5.3.1.2. Estaciones perfiladoras de teledetección en altitud.....	36
5.3.1.3. Estaciones meteorológicas de aeronave.....	37
5.3.1.4. Estaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG)	40
5.3.1.5. Estaciones receptoras del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS).....	41
5.3.2. Sistemas de observación en superficie sobre tierra.....	42
5.3.2.1. Estaciones sinópticas y climáticas en superficie	42
5.3.2.2. Estaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG)	45
5.3.2.3. Estaciones de la Vigilancia de la Criosfera Global	45
5.3.2.4. Sistemas de detección de relámpagos.....	46
5.3.2.5. Estaciones en superficie que prestan servicio a aplicaciones específicas	47
5.3.3. Sistemas de observación hidrológica sobre tierra	49
5.3.3.1. Estaciones hidrológicas de referencia	49
5.3.3.2. Estaciones de redes hidrológicas nacionales.....	49
5.3.3.3. Estaciones de observación de aguas subterráneas	50
5.3.4. Estaciones de radar meteorológico.....	51
5.3.5. Sistema de observación en altitud sobre los océanos. Buques del Programa Aerológico Automatizado a bordo de Buques (ASAP).....	53
5.3.6. Sistemas de observación en superficie sobre los océanos.....	54
5.3.6.1. Radares costeros en ondas decamétricas (HF)	54
5.3.6.2. Estaciones marinas (en océano, islas y plataformas costeras y fijas).....	54
5.3.6.3. Sistema de buques de observación voluntaria (VOS)	55
5.3.6.4. Boyas fondeadas y a la deriva	56
5.3.6.5. Boyas en el hielo	58
5.3.6.6. Estaciones de medición de mareas.....	58
5.3.7. Sistemas de observación oceánica subsuperficial.....	59
5.3.7.1. Flotadores perfiladores.....	59
5.3.7.2. Plataformas ancladas al hielo.....	60
5.3.7.3. Buques ocasionales	60
5.3.8. Investigación y desarrollo y precursores operativos	61
5.3.8.1. Aeronaves no tripuladas.....	63
5.3.8.2. Globos sonda a la deriva (barquillas).....	63
5.3.8.3. Estaciones de la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS)	63
5.3.8.4. Mediciones atmosféricas desde aeronaves	64
5.3.8.5. Animales marinos con instrumentos.....	64
5.3.8.6. Planeadores oceánicos	65
6. Sistema de observación espacial	65
6.1. Introducción	65

6.2.	Cuestiones generales: calibración de datos, intercambio de datos, generación de productos, administración de datos, educación y formación.....	66
6.2.1.	Disponibilidad y oportunidad de los datos.....	67
6.2.2.	Información del usuario, formación y administración de datos.....	67
6.2.3.	Cuestiones de calibración.....	69
6.3.	Cuestiones específicas de cada componente del sistema de observación.....	70
6.3.1.	Satélites geoestacionarios operativos.....	70
6.3.1.1.	Reproductores de imágenes visibles e infrarrojas multiespectrales de alta resolución.....	70
6.3.1.2.	Sondeadores infrarrojos hiperespectrales.....	71
6.3.1.3.	Reproductores de imágenes de relámpagos.....	72
6.3.2.	Satélites en órbita polar heliosincrónica operativos.....	73
6.3.2.1.	Sondeadores infrarrojos hiperespectrales.....	74
6.3.2.2.	Sondeadores de microondas.....	74
6.3.2.3.	Reproductores de imágenes visibles e infrarrojas multiespectrales de alta resolución.....	75
6.3.2.4.	Reproductores de imágenes de microondas.....	76
6.3.3.	Misiones operativas adicionales en órbitas apropiadas.....	77
6.3.3.1.	Dispersómetros.....	77
6.3.3.2.	Constelación de sensores de ocultación radio.....	77
6.3.3.3.	Constelación de altímetros.....	79
6.3.3.4.	Reproductor de imágenes infrarrojas de doble ángulo de visión.....	80
6.3.3.5.	Reproductores de imágenes visibles o casi infrarrojas hiperespectrales de alta resolución espectral de banda estrecha.....	80
6.3.3.6.	Reproductores de imágenes visibles o casi infrarrojas multiespectrales de alta resolución.....	81
6.3.3.7.	Radares de precipitación con reproductores de imágenes de microondas pasivos.....	81
6.3.3.8.	Radiómetros visibles y casi infrarrojos de banda ancha para la medición del balance de la radiación terrestre.....	83
6.3.3.9.	Constelación de instrumentos de medición de la composición atmosférica.....	83
6.3.3.10.	Radar de apertura sintética.....	85
6.3.4.	Precursores operativos y demostradores de tecnologías.....	85
6.3.4.1.	Lidares a bordo de satélites en órbita terrestre baja.....	86
6.3.4.2.	Radiómetro de microondas de baja frecuencia a bordo de satélites en órbita terrestre baja.....	87
6.3.4.3.	Reproductores de imágenes y sondeadores de microondas a bordo de satélites geoestacionarios.....	88
6.3.4.4.	Instrumentos visibles y casi infrarrojos multiespectrales de banda estrecha de alta resolución en satélites geoestacionarios.....	89
6.3.4.5.	Reproductores de imágenes visibles e infrarrojas en satélites en órbitas de alta inclinación muy elípticas.....	89
6.3.4.6.	Sensores gravimétricos.....	90
7.	Meteorología del espacio.....	90
	Anexo I – Referencias.....	94
	Anexo II – Cuadro resumido de las medidas.....	95
	Anexo III – Abreviaturas.....	124

RESUMEN EJECUTIVO

Introducción

El presente Plan de ejecución para la evolución de los sistemas mundiales de observación (en adelante, el “Plan de Ejecución”) tiene como objetivo esbozar las principales actividades que se deben realizar durante el período comprendido entre 2012 y 2025 destinadas al mantenimiento y desarrollo de todos los sistemas de observación componentes de la OMM. Esos sistemas tienen una identidad colectiva que emana del Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (WIGOS), y la visión del WIGOS se tiene en cuenta en el presente plan. El objetivo del presente Plan de Ejecución es abordar las necesidades de observaciones de las aplicaciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas de la OMM del modo más económico. Los sistemas de observación componentes también aportarán importantes contribuciones a la Red mundial de sistemas de observación de la Tierra (GEOSS) y al Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC). Algunas actividades tienen que ver con los sistemas de observación copatrocinados y deberán realizarse en estrecha cooperación con organizaciones asociadas.

Las observaciones sirven de apoyo a una gama cada vez más amplia de aplicaciones de vigilancia y predicción en relación con la atmósfera, los océanos y las superficies terrestres, a distintas escalas temporales. Esas actividades sirven de apoyo a un número cada vez mayor de servicios que ofrecen grandes beneficios socioeconómicos. Las necesidades de los usuarios ahora son más estrictas y han aparecido nuevas necesidades en relación con esas aplicaciones. Hay más sistemas de observación que atienden a las distintas necesidades de disponibilidad en tiempo real, casi real o no real. También está previsto que aumenten las necesidades de observaciones relativas al Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC)/OMM-COI-PNUMA-CIUC y al Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC). En muchos casos, se podrían lograr importantes avances por medio de, simplemente, distribuir oportunamente las observaciones que ya se han realizado para otros fines.

Las medidas elaboradas en el presente Plan de Ejecución son el resultado de las siguientes actividades en curso de la OMM, llevadas a cabo en estrecha cooperación con expertos mundiales en las disciplinas pertinentes:

- La “Visión para el Sistema Mundial de Observación en 2025”, aprobada por el Consejo Ejecutivo en su 61ª reunión (Ginebra, 2009), que establece objetivos de alto nivel para orientar la evolución de los sistemas mundiales de observación;
- El examen continuo de las necesidades, que se lleva a cabo desde hace varios años. Compara las capacidades de los sistemas de observación con las necesidades de los usuarios en (actualmente) 12 ámbitos de aplicación distintos de la OMM, y ofrece una “declaración de orientaciones” para descubrir las principales lagunas;
- Los resultados de los estudios de repercusión, incluidos los experimentos de los sistemas de observación y los experimentos de simulación de los sistemas de observación, en algunos ámbitos de aplicación.

Agentes de ejecución

En lo que respecta a los sistemas de observación en superficie, las medidas de ejecución competen principalmente a organismos nacionales como los servicios meteorológicos nacionales (SMN) o los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN), si bien en varios casos las redes de observación in situ están a cargo de institutos u organismos que no se ocupan de la meteorología, en el contexto de un programa internacional o de una

intensa cooperación internacional. En algunos casos las redes se financian con fines de investigación y, por ende, su sostenibilidad es motivo de preocupación.

En lo que respecta a los sistemas de observación desde el espacio, los agentes son, unas veces, organismos nacionales que operan satélites con fines de investigación u operativos y, otras, organismos multinacionales especializados en las observaciones desde el espacio.

Tanto para los sistemas en superficie como para los espaciales, el nivel de cooperación internacional que se necesita es alto, por lo que se justifica la existencia de diversos programas internacionales patrocinados o copatrocinados por la OMM en asociación con otras organizaciones internacionales.

En lo que respecta a las redes terrestres de observación in situ, el diseño y el desarrollo a menudo se llevan a cabo por conducto de las asociaciones regionales, que desempeñan en sus respectivas regiones un papel fundamental de coordinación en el empleo de las directrices de las Comisiones Técnicas de la OMM, principalmente la CSB (pero no es la única). Se satisface una serie de necesidades a través de sistemas de observación copatrocinados (SMOC, SMOO, SMOT). En lo tocante a las redes de observación de los océanos in situ, la Comisión Técnica Mixta OMM/COI sobre Oceanografía y Meteorología Marina (CMOMM) desempeña una función para todos los sistemas de observación al realizar mediciones de meteorología marina en la superficie, así como mediciones oceanográficas en la superficie del océano o en profundidad. Las observaciones de la química atmosférica se llevan a cabo mediante el Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) y su plan estratégico y addendum. En cuanto a los sistemas de observación espaciales, existe una tendencia general a que la observación satelital tenga un carácter mundial y menos regional que las observaciones realizadas por las redes in situ. Y no hay que olvidar el papel de la OMM, igualmente importante, pues trabaja en estrecha cooperación con el Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos (GCSM) y con organismos nacionales e internacionales.

Algunas redes de observación terrestres desempeñan un papel fundamental en la vigilancia del clima y deben ampliarse. Obtienen las mediciones de radiación en superficie, que son complementarias a la irradiación solar total obtenida con los instrumentos satelitales, y todas las variables que son necesarias para la vigilancia del ciclo del carbono en el sistema Tierra, especialmente el carbono en el suelo, así como los flujos de dióxido de carbono y metano entre la atmósfera, el océano y la superficie terrestre. En la estrategia sobre el carbono del Grupo de observación de la Tierra (GEO) también se explica qué instituciones son los agentes de ejecución de estas observaciones.

Medidas generales y transectoriales

A fin de satisfacer las necesidades de los usuarios, se deben adoptar medidas para transmutar algunos sistemas de observación con fines de investigación, una vez que ya están maduros y son rentables, a un estado operativo. Es preciso evaluar continuamente con los usuarios de las observaciones las modificaciones introducidas en sistemas que ya existen y el desarrollo de nuevos sistemas. Esto es particularmente importante en el caso de distintos sistemas de observación de los océanos que actualmente se mantienen con financiación para investigación por una duración limitada. En el caso de algunos sistemas de observación, es probable que se logre una mayor rentabilidad mediante un modo de adaptación que trate de variar el conjunto de observaciones de acuerdo con la situación meteorológica.

La función integradora del WIGOS es importante para lograr progresos en la “Visión para el Sistema Mundial de Observación en 2025”. Es necesario alentar a todos los operadores a que produzcan observaciones que cumplan las normas SIO y WIGOS. Son igualmente esenciales para muchos usuarios la continuidad y la coherencia de los registros de los datos respecto de los principales componentes del sistema de observación.

Deben adoptarse medidas de política de datos a fin de garantizar la continua disponibilidad de todos los datos esenciales de las observaciones para todos los Miembros de la OMM, y de asegurar el continuo cumplimiento de los principios de la OMM en lo relativo a compartir los datos independientemente de su origen, incluidos los datos producidos por entidades comerciales. Es necesario que progresen las políticas de datos de los Miembros y de la OMM conforme evolucionen las necesidades de los usuarios y los sistemas de observación y que se recopilen e intercambien mayores volúmenes y tipos diferentes de datos procedentes de una gama más amplia de fuentes.

Para 2025, los adelantos técnicos harán posibles procedimientos más automáticos, volúmenes de datos mucho mayores y un flujo mucho más elevado de datos que se transmitirán en tiempo real. Es preciso adoptar medidas para asegurar que las capacidades del Sistema Mundial de Observación (SIO) puedan afrontar la manipulación de ese volumen y flujo de observaciones, y también asegurar la protección de las frecuencias radioeléctricas necesarias para el WIGOS.

Muchos países en desarrollo y países con economías en transición no disponen de las capacidades o los recursos necesarios para suministrar las observaciones esenciales in situ. Es importante abordar este problema tratando de aplicar estrategias de creación de capacidad en relación con los sistemas de observación a través de proyectos financiados por organizaciones internacionales, la creación de asociaciones bilaterales y la facilitación de la cooperación regional, lo cual podría implicar la provisión de directrices y la organización de eventos de formación y creación de capacidad.

Sistema de observación en superficie

A fin de satisfacer las diferentes necesidades de los usuarios, se podría conseguir incrementar la eficacia de muchos sistemas de observación en superficie sin tener necesariamente que producir más observaciones. Esto se podría llevar a cabo mediante el procesamiento e intercambio de más datos, por ejemplo mediante:

- El intercambio global de todos los datos horarios que se pueden utilizar en aplicaciones globales, y la promoción del intercambio global de datos subhorarios en apoyo de ámbitos de aplicación pertinentes;
- El intercambio entre las diferentes comunidades de usuarios (con arreglo a las normas WIGOS) de las observaciones procedentes de sistemas de observación atmosféricos, oceánicos o terrestres, con diferentes niveles de preprocesamiento cuando resulte necesario.

Los sistemas de observación en altitud se pueden mejorar mediante diversas medidas destinadas a las radiosondas, los datos de las aeronaves y los perfiladores, como por ejemplo:

- Hacer más uniforme la cobertura de los datos mundiales tomados en altitud cuando se consideran todos los sistemas de observación en conjunto;
- Hacer un esfuerzo especial para mantener aislados los emplazamientos o las plataformas de radiosondas (incluidas las estaciones del Programa Aerológico Automatizado a bordo de Buques - ASAP);

- Hacer un esfuerzo especial para reactivar los emplazamientos de radiosondas existentes que han parado sus operaciones o que producen observaciones que no se transmiten;
- Desarrollar un componente de adaptación para las radiosondas y la retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves (AMDAR), a fin de producir algunas observaciones donde y cuando más se necesitan;
- Hacer un esfuerzo especial para mantener los emplazamientos de radiosondas de la Red de observación en altitud del SMOC (ROAS) y desarrollar la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS);
- Mejorar el procesamiento y la difusión de los datos por las radiosondas a fin de ponerlos a disposición a una mayor resolución vertical, junto con la posición y la fecha y hora para cada dato;
- Desarrollar una red coherente de estaciones de teledetección perfiladoras a una escala regional;
- Desarrollar y utilizar sensores de humedad como un componente integrado del sistema AMDAR.

La mayoría de los sistemas de observación en superficie sobre tierra se beneficiarían enormemente de las medidas generales sobre las normas SIO y WIGOS (en relación con el procesamiento y el intercambio de observaciones). Asimismo está previsto que se obtengan beneficios del intercambio a nivel mundial de los datos fruto de observaciones más frecuentes, incluidos los de estaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG), sistemas de detección de rayos y estaciones hidrológicas. Una manera muy rentable de lograr más observaciones en superficie para los diferentes usuarios consiste en aumentar y ampliar el intercambio de observaciones efectuadas para atender aplicaciones específicas como el transporte por carretera, la aviación, la meteorología agrícola, la meteorología urbana y la producción de energía.

Es necesario adoptar medidas específicas con respecto a las estaciones de radar meteorológico a fin de:

- Mejorar la calidad de las estimaciones cuantitativas de la precipitación;
- Elaborar un marco para el procesamiento y el intercambio de los datos recogidos con radares meteorológicos para atender a todos los usuarios, logrando así formatos homogéneos de los datos para su intercambio internacional.

Se deben adoptar medidas en relación con las estaciones marinas, el sistema de buques de observación voluntaria (VOS), las boyas fondeadas, las boyas a la deriva y las boyas en el hielo, a fin de mejorar la cobertura geográfica de las observaciones oceánicas, en particular para mediciones en el mar de la temperatura superficial, altura, salinidad, visibilidad, olas y viento de superficie.

En lo que atañe a la subsuperficie oceánica, se precisan iniciativas en asociación con la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO para producir más observaciones (temperatura, salinidad, etc.) con una alta resolución vertical a través de flotadores perfiladores y de batitermógrafos no recuperables (XBT), y para difundir todos los datos en tiempo real. En la profundidad de los océanos, resulta complicado realizar observaciones, y es importante promover el desarrollo de algunas técnicas emergentes.

Sistema de observación espacial

La “Visión para el Sistema Mundial de Observación en 2025” prevé una capacidad de observación espacial ampliada, una comunidad más extensa de organismos espaciales que

contribuyan a los programas de la OMM y una mayor colaboración entre ellos; así como más satélites que puedan ser aprovechados para diversas aplicaciones en lugar de estar dedicados a una sola actividad científica.

Para la mayoría de los componentes espaciales es importante la cuestión de la continuidad y el solapamiento de los principales sensores satelitales, que deben estar garantizados, junto con el procesamiento y distribución de los datos tanto en tiempo real como en modo diferido, así como los procedimientos adecuados de intercomparación e intercalibración.

Se deben adoptar medidas continuas para complementar o mantener al menos seis satélites geostacionarios operativos separados idealmente por una longitud no superior a 70 grados, equipados como mínimo con:

- Un reproductor de imágenes visibles e infrarrojas;
- Un sondeador infrarrojo hiperespectral;
- Un reproductor de imágenes de rayos.

Las misiones de los satélites en órbita terrestre baja deberían incluir al menos tres satélites operativos en órbita polar heliosincrónica (con horas de cruce del ecuador a aproximadamente las 13:30, 17:30 y 21:30 horas locales, a fin de lograr una cobertura mundial óptima). Esas plataformas orbitales deberían estar equipadas como mínimo con:

- Un sondeador infrarrojo hiperespectral;
- Un sondeador de microondas;
- Un reproductor de imágenes visibles e infrarrojas multiespectrales de alta resolución;
- Un reproductor de imágenes de microondas.

Es preciso adoptar medidas para la transmisión, el preprocesamiento y la difusión a los usuarios en tiempo real de los grandes volúmenes de datos que está previsto obtener de los satélites en órbita terrestre baja.

Además de las misiones básicas de los satélites meteorológicos, es necesario realizar un mantenimiento de los instrumentos de los satélites, o bien desarrollarlos, para su empleo en aplicaciones meteorológicas, oceánicas, climáticas y de otro tipo. Muchos de los instrumentos que se enumeran a continuación se pueden utilizar en distintos ámbitos de aplicación:

- Dispersómetro: se necesitan al menos dos satélites situados en órbitas bien separadas con un dispersómetro a bordo;
- Receptores del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) a bordo de satélites en órbita terrestre baja: se necesita una constelación de ocultaciones radio que produzca al menos 10 000 ocultaciones diarias;
- Altimetro: satisfacer las necesidades de los usuarios requiere una misión de altímetro de referencia en una órbita inclinada no heliosincrónica de alta precisión, así como otros dos instrumentos en órbitas heliosincrónicas bien separadas;
- Reproductor de imágenes infrarrojas de doble ángulo de visión: este reproductor de imágenes se necesita a bordo de un satélite en órbita polar para ofrecer mediciones de la temperatura superficial del mar con la calidad requerida para la vigilancia del clima;
- Reproductores de imágenes visibles y de infrarrojo cercano de banda estrecha: se necesita al menos un reproductor de imágenes de este tipo para la observación del color del océano, la vegetación, el albedo de las superficies, los aerosoles y las nubes;

- Reproductores de imágenes visibles e infrarrojas multiespectrales de alta resolución: este tipo de instrumento es importante para la meteorología agrícola, la hidrología, el uso de la tierra y la vigilancia de las crecidas y los incendios;
- Radares de precipitaciones: asociados con reproductores de imágenes de microondas pasivos, estos instrumentos se necesitan como apoyo de misiones de medición de la precipitación global;
- Radiómetros de banda ancha que operan en el espectro visible e infrarrojo: este tipo de radiómetro es necesario para vigilar el balance de la radiación terrestre (en al menos un satélite en órbita polar);
- Diversas sondas (en bandas del espectro ultravioleta, visible e infrarrojo cercano) en varias órbitas geoestacionarias y terrestres bajas, que incluyan una capacidad de sonda del limbo. Su finalidad principal es la química atmosférica y la vigilancia de los gases de efecto invernadero y la contaminación atmosférica;
- Radar de apertura sintética (SAR): es importante disponer al menos de un SAR en un satélite en órbita polar para vigilar las superficies terrestres, el nivel del mar, el nivel del agua en zonas inundadas, etc., a fin de contribuir con eficacia a la gestión de desastres.

Además de los instrumentos mencionados, existen varios instrumentos y tecnologías de nuevo cuño o emergentes que habría que comprobar y posiblemente poner en funcionamiento antes de 2025. Ejemplos de ellos a bordo de satélites en órbita terrestre baja son los lidares (para el viento, las nubes y los aerosoles) y los radiómetros de microondas de baja frecuencia (para la humedad del suelo y la salinidad de los océanos). En los satélites geoestacionarios habría que demostrar la aplicabilidad de los instrumentos de banda estrecha que operan en el espectro visible e infrarrojo cercano. Los sensores gravimétricos presentan posibilidades para la vigilancia de las aguas subterráneas. Hasta el momento nunca se ha colocado un instrumento meteorológico u oceanográfico en una órbita muy elíptica, y sería útil contar con una demostración de esta tecnología.

Meteorología del espacio

Las observaciones de la meteorología del espacio son necesarias para: predecir la probabilidad de ocurrencia de perturbaciones meteorológicas espaciales; emitir alertas de peligro cuando se traspasan los umbrales de perturbación; mantener la sensibilización acerca de las actuales condiciones ambientales; determinar las condiciones climatológicas para el diseño tanto de sistemas espaciales (por ejemplo, procedimientos de seguridad de los satélites y los astronautas) como de sistemas terrestres (por ejemplo, protección de la red eléctrica y gestión del tráfico aéreo); elaborar y validar modelos numéricos; y realizar investigaciones dirigidas a mejorar nuestra comprensión. Toda red completa de observación de la meteorología del espacio debe comprender observatorios en tierra y en el espacio, que efectúen una combinación de mediciones por teledetección e in situ.

En particular, es necesario adoptar medidas para:

- Coordinar planes que garanticen la continuidad de las mediciones solares, las mediciones del viento solar y del campo magnético interplanetario, y la reproducción de imágenes heliosféricas desde el espacio; coordinar, normalizar y ampliar los datos actuales de la observación solar desde tierra; mejorar la vigilancia ionosférica a través de la ampliación de las mediciones terrestres del GNSS, mayor oportunidad de las mediciones de ocultación radio de GNSS espaciales, y el intercambio de datos terrestres y espaciales del GNSS entre las comunidades de la meteorología de la atmósfera y de la meteorología del espacio en tiempo cercano al real por conducto del SIO; coordinar el uso por la comunidad de la meteorología del espacio de las

- observaciones efectuadas con altímetros radar de doble frecuencia; aumentar la disponibilidad de datos muy oportunos obtenidos con magnetómetros terrestres;
- Elaborar un plan de mantenimiento y mejora de las observaciones de la meteorología del espacio en relación con el entorno de las partículas de plasma y energéticas.

Estrategia de ejecución

Se prevé que la mayoría de las medidas recogidas en el documento sean viables en 2025. La principal salvedad se refiere a las medidas de investigación y desarrollo sobre los nuevos sistemas de observación: existe gran incertidumbre en cuanto a su posible uso operativo en 2025.

Las medidas transectoriales (que no se relacionan con ningún sistema de observación particular) están documentadas en las secciones 3 y 4 del presente plan. Las medidas que documentan la evolución de los sistemas de observación terrestres se describen en la sección 5, sistema a sistema. Las que documentan la evolución de los sistemas de observación espaciales se recogen en la sección 6, igualmente sistema a sistema; y las que documentan la meteorología del espacio, en la sección 7.

La ejecución del plan se revisará y evaluará periódicamente en el marco de la orientación de la CSB durante el período 2012-2025, junto con otros documentos, especialmente la “Visión para el Sistema Mundial de Observación en 2025”. Para ello será necesaria la presentación regular de informes sobre el conjunto de medidas contenido en el presente Plan de Ejecución.

En el [anexo I](#) figura un cuadro resumido de las medidas propuestas en el presente Plan de Ejecución.

Plan de ejecución para la evolución de los sistemas mundiales de observación

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Preámbulo

En 2025 los sistemas mundiales de observación se habrán desarrollado considerablemente; aprovecharán los subsistemas existentes en superficie y en el espacio y rentabilizarán las tecnologías existentes y emergentes. Serán los componentes centrales del Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (WIGOS), que brindará un sistema integrado y completo de sistemas de observación en apoyo de las necesidades de información de los Estados Miembros de la OMM sobre el tiempo, el clima, el agua y asuntos ambientales conexos. Los actuales componentes del actual Sistema Mundial de Observación de la OMM (SMO) se vincularán con los sistemas de observación copatrocinados por la OMM y otros sistemas no dependientes de la OMM. Aportarán contribuciones importantes a la Red mundial de sistemas de observación de la Tierra (GEOSS¹) y al recién creado Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC²). El componente espacial se basará en una mayor colaboración a través de asociaciones como la del Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos (GCSM³) y el Comité sobre satélites de observación de la Tierra (CEOS⁴). Algunos subsistemas de observación dependerán de sistemas de organizaciones asociadas a la OMM como el Sistema Mundial de Observación Terrestre (SMOT⁵), el Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO⁶) y otros. Sus componentes climáticos aportarán importantes contribuciones al Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC⁷).

Los anteriores sistemas de observación abordarán las necesidades de observaciones de un amplio abanico de ámbitos de aplicación en todos los Programas de la OMM y copatrocinados por ella, lo que contribuirá a mejorar los datos, productos y servicios de los servicios meteorológicos nacionales (SMN) y los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN). Si bien los sistemas de observación se desarrollarán principalmente gracias a pequeños aportes y cambios tecnológicos incrementales, se prevé que la evolución será considerable y conllevará nuevos enfoques en la ciencia, el tratamiento de datos, el desarrollo y utilización de productos y la formación.

1.2. Contexto

Se han experimentado adelantos muy significativos en el Sistema Mundial de Observación de la OMM (SMO) durante las últimas décadas, que se han traducido en enormes mejoras en la variedad y calidad de las observaciones disponibles para las actividades meteorológicas operativas y, por tanto, en la calidad de los servicios que prestan.

La evolución ha sido particularmente importante para el componente espacial del SMO, que ahora es parte de muchos instrumentos satelitales y sistemas diferentes, con lo que contribuye considerablemente a una amplia gama de aplicaciones.

¹ <http://www.earthobservations.org/>

² En 2009 la tercera Conferencia mundial sobre el clima (CMC-3) decidió establecer un Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) con el fin de reforzar la producción, la disponibilidad, el suministro y la aplicación de predicciones y servicios climáticos basados en conocimientos científicos. Se puede consultar información más detallada en: <http://www.wmo.int/gfcs>

³ <http://www.cgms-info.org/>

⁴ <http://www.ceos.org/>

⁵ El SMOT está copatrocinado por la FAO, el GCGI, el PNUMA, la UNESCO y la OMM - <http://www.fao.org/gtos/>

⁶ SMOO está copatrocinado por el GCGI, la COI, el PNUMA, la UNESCO y la OMM - <http://www.ioc-goos.org/>

⁷ El SMOC está copatrocinado por el GCGI, la COI de la UNESCO, el PNUMA y la OMM - <http://www.wmo.int/gcos>

Además de desempeñar sus funciones tradicionales en la meteorología operativa y en apoyo de rápidos avances en la predicción numérica del tiempo (PNT), las observaciones han empezado a prestar apoyo a una creciente gama de aplicaciones, no solo en la vigilancia en tiempo real y la predicción en relación con la atmósfera, sino también en relación con los océanos y las superficies terrestres, incluida la predicción a largo plazo a escalas mensual y estacional. Ahora son más estrictas las necesidades de los usuarios, han aparecido nuevas necesidades y nuevas herramientas para esas actividades, y han progresado con rapidez los modelos y sus necesidades de observaciones. En definitiva, las necesidades de observación cada vez son más estrictas y su evolución se va acelerando.

Las necesidades de observaciones atañen a todas las aplicaciones pertinentes utilizadas en el marco de los programas patrocinados y copatrocinados por la OMM. Algunas de ellas son aplicaciones en tiempo real, como la predicción meteorológica y oceánica, para las cuales las observaciones generalmente se intercambian y procesan a escalas temporales que van de unos pocos minutos a unas cuantas horas (dependiendo de la técnica de observación, las necesidades del usuario y el tipo de difusión). Hay otras aplicaciones que son operativas pero pueden admitir mayores retardos en la recopilación y utilización de las observaciones. Existen otras actividades de investigación que están vinculadas con aplicaciones en tiempo real, pero no se ven menoscabadas por retardos en la difusión. Muchos sistemas de observación atienden necesidades tanto en tiempo real como no real. Las actividades del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) y las del Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) tienen diversas necesidades que no resultan afectadas por limitaciones en las observaciones en tiempo real, si bien el intercambio de datos en tiempo real o casi real podría ayudar considerablemente a algunos de sus aspectos. Se prevé que las necesidades de observaciones (en cuanto a variables medidas, resolución espacial, frecuencia de las observaciones, etc.) relativas a la prestación de servicios climáticos operativos en el marco del MMSC irán en aumento conforme estos servicios vayan siendo más utilizados por los usuarios⁸. En algunos casos, se podrían conseguir importantes avances simplemente por medio de distribuir observaciones en tiempo real ya efectuadas para otros fines.

1.3. Antecedentes y finalidad del nuevo plan

Bajo los auspicios de la Comisión de Sistemas Básicos de la OMM (CSB), el Grupo abierto de área de programa (GAAP) sobre los sistemas de observación integrados (SOI) y su Equipo de expertos de la CSB sobre la evolución de los sistemas mundiales de observación guían y vigilan la evolución de los sistemas mundiales de observación. Este grupo y su equipo de expertos han supervisado el proceso de examen continuo de las necesidades, en cuyo marco las necesidades de observaciones se clasifican con arreglo a diferentes ámbitos de aplicación y se cuantifican en términos de densidad de datos (resolución horizontal y vertical), incertidumbre (exactitud), ciclo de observación (frecuencia) y oportunidad, para una lista exhaustiva de variables meteorológicas y ambientales (viento, temperatura, etc.). El proceso de examen continuo de las necesidades regula la gestión de una base de datos⁹ que contiene dicha información, que se revisa y actualiza periódicamente. Actualmente el examen continuo de las necesidades se lleva a cabo para 12 ámbitos de aplicación: predicción numérica del tiempo (PNT) global, PNT de alta resolución, predicción inmediata y predicción a muy corto plazo, predicción estacional a interanual, meteorología aeronáutica, aplicaciones oceánicas (incluida la meteorología marina), química atmosférica, meteorología agrícola, hidrología, vigilancia del clima, aplicaciones climáticas y meteorología del espacio. Se añaden a estos los ámbitos de aplicación que se consideran

⁸ Los usuarios de los servicios climáticos en el contexto del MMSC son un grupo amplio y muy diverso integrado por responsables de políticas, gestores, ingenieros, investigadores, estudiantes y el público en general, de todos los sectores y sistemas socioeconómicos (incluidos la agricultura, el agua, la salud, la construcción, la reducción de riesgos de desastre, el medio ambiente, el turismo, el transporte, etc.), y aún no se conoce en toda su extensión el abanico de sus necesidades.

⁹ <http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/RRR-DB.html>

necesarios. Para cada ámbito de aplicación, las necesidades de observaciones se comparan con las capacidades de los sistemas de observación actuales y planificados mediante la realización de un “examen crítico” por expertos en la materia. El examen crítico también toma en consideración los resultados de los estudios de repercusión. Las principales deficiencias en las capacidades actuales o planificadas, en relación con las necesidades de los usuarios, se resumen en un análisis de deficiencias o “declaración de orientaciones”. Las necesidades de los usuarios, la evaluación de las capacidades actuales y planificadas y las declaraciones de orientaciones son los principales elementos que contribuyeron, primero, a la “Visión para el Sistema Mundial de Observación en 2025”, y ahora, al análisis y las medidas recogidas en el presente Plan de Ejecución.

La primera versión del presente Plan de Ejecución se elaboró durante el período 2001-2003 y fue aprobado por la CSB en 2005. Contenía un conjunto de recomendaciones cuyo objetivo era mejorar los subsistemas terrestre y espacial del Sistema Mundial de Observación (SMO). Este nuevo plan es el resultado de una nueva redacción completa del antiguo plan, necesaria por los siguientes motivos:

- Desde 2003 se han añadido muchos comentarios y actualizaciones a las recomendaciones originales, como parte del proceso de presentación de informes sobre los progresos realizados en el Plan de Ejecución. En el momento presente tales comentarios y actualizaciones tienen un interés principalmente histórico y dificultan la lectura del documento;
- Algunas recomendaciones están obsoletas;
- Se han añadido algunas recomendaciones nuevas al informe sobre los progresos, y muchas de ellas todavía son pertinentes para el nuevo Plan de Ejecución;
- La “Visión para el Sistema Mundial de Observación en 2025”¹⁰, iniciada en 2007 por el Equipo de expertos de la CSB sobre la evolución de los sistemas mundiales de observación y aprobada en 2009 por el Consejo Ejecutivo, en su 61ª reunión, ofrece objetivos de alto nivel para la evolución de los sistemas de observación. El nuevo Plan de Ejecución es una respuesta global a la nueva Visión y se refleja en su estructura. El WIGOS ofrece un nuevo marco organizacional para los sistemas de observación de la OMM, y es necesario para situar el Plan de Ejecución dentro de ese marco e incluir elementos que son importantes en el WIGOS, como la integración y la interoperabilidad;
- El nuevo Plan de Ejecución es más específico respecto del agente que se debe encargar de las diferentes medidas de ejecución;
- El nuevo Plan de Ejecución responde a la nueva versión del Plan de ejecución para el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC)¹¹, las nuevas necesidades del Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC), y la Vigilancia de la Criosfera Global. En el presente Plan de Ejecución se recogen medidas para poner de relieve y difundir las necesidades de observaciones del SMOC de variables climáticas esenciales de alta calidad así como las prácticas de observación establecidas en los Principios de vigilancia del clima del SMOC.

El objetivo del presente Plan de Ejecución es documentar un conjunto de medidas de ejecución que son importantes para la mejora gradual de los sistemas mundiales de observación y para la convergencia hacia la Visión 2025. Muchas de las medidas de la antigua versión del plan se reiteran y actualizan. Además, el nuevo Plan señala quiénes son los agentes (organizaciones, órganos) responsables de cada medida, el plazo previsto, la gestión y vigilancia general así como los indicadores de ejecución. Estos indicadores a menudo hacen referencia al “número de observaciones” o al “número de sistemas de observación”. Aunque no se especifican para cada

¹⁰ Véase http://www.wmo.ch/pages/prog/www/OSY/WorkingStructure/documents/CBS-2009_Vision-GOS-2025.pdf

¹¹ Véase <http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/Publications/gcos-138.pdf>

medida en particular, esas cifras deben interpretarse como, por ejemplo, el número de observaciones de calidad aceptable, y está previsto que el Marco de gestión de la calidad (MGC) de la OMM que se aplica a instrumentos y métodos de observación¹² desempeñe un papel importante en este particular (véase la sección 2.1).

El nuevo Plan de Ejecución describe las medidas de ejecución que están previstas en la primera parte del decenio de 2010-2020, y comprende el período hasta 2025. A fin de vigilar la aplicación de las medidas del presente Plan de Ejecución, se deberá realizar periódicamente un informe sobre los progresos en el que se describan los progresos realizados utilizando como referencia el Plan de Ejecución.

Cuando parezca que basta con las actuales actividades planificadas para satisfacer las necesidades en 2025, no se incluye ninguna medida en la correspondiente subsección. Sin embargo, ello no quiere decir que no se vayan a adoptar otras medidas en una fecha posterior, en caso de que la labor de vigilancia de los progresos realizados en el Plan muestre que los planes de los agentes de ejecución han cambiado y ha surgido una “deficiencia”.

En la sección 3 del presente Plan se abordan las medidas multisectoriales, y en la sección 4, consideraciones especiales en relación con los países en desarrollo. Acto seguido, las medidas correspondientes a cada sistema de observación se documentan por separado: para los sistemas de observación en superficie, en la sección 5; y para los sistemas de observación en el espacio, en la sección 6. Por último, en la sección 7 se documenta la meteorología del espacio.

2. EL ENFOQUE ESTRATÉGICO EN LA EJECUCIÓN

2.1. Enfoque general y relación con el WIGOS

El presente Plan contiene medidas de ejecución dirigidas a la observación de muchas variables que describen la atmósfera y el medio ambiente en contacto con la atmósfera (océano, hielo y tierra). Está previsto que esas medidas resulten complicadas, pero factibles, en el período 2012-2025, aunque no se completen en 2025. Esas medidas provienen en gran medida del análisis de deficiencias ofrecido por el proceso de examen continuo de las necesidades. La prioridad de las diferentes medidas se orienta por el examen continuo de las necesidades en los diferentes ámbitos de aplicación así como por las correspondientes declaraciones de orientaciones.

La elaboración de las medidas se ha basado en información diversa, no solo sobre las deficiencias entre las capacidades de observación actuales y planificadas y las necesidades de los usuarios que ahora se exponen, sino también sobre las maneras más económicas de solventar esas deficiencias. En la medida de lo posible, se han extraído orientaciones de los experimentos sobre la repercusión de cambios reales o hipotéticos en los sistemas de observación. En particular, se han tenido en cuenta los resultados de experimentos de los sistemas de observación (OSE), experimentos de simulación de sistemas de observación y otros tipos de estudios de repercusión llevados a cabo por centros de predicción numérica del tiempo (PNT).

Las medidas especificadas en el presente Plan de Ejecución tienen en cuenta la visión, los objetivos y el alcance del WIGOS especificados en la Estrategia de desarrollo y ejecución del WIGOS, adoptada por el 16º Congreso Meteorológico Mundial (2011), así como en el Plan de

¹² Véase la Guía de la CIMO (<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html>) Parte III, Capítulo 1 "Gestión de la calidad"

ejecución del WIGOS, que se aprobará por el Consejo Ejecutivo en su 64ª reunión (2012) (véase el sitio web¹³):

La Visión y las necesidades del WIGOS

La visión del WIGOS contempla un sistema de observación integrado, coordinado y englobador que satisfaga, de manera continuada y eficaz en términos de costo, las renovadas necesidades de observación de los Miembros de la OMM para la prestación de sus servicios relacionados con el tiempo, el clima, el agua y el medio ambiente. El WIGOS constituirá un marco para la integración y evolución optimizada de los sistemas de observación de la OMM, incluido para las aportaciones de la OMM a los sistemas copatrocinados.

Para una mejor prestación de servicios hay que aumentar las capacidades de observación existentes, hacer que sean más rentables y mantener su funcionamiento. Es preciso mejorar la gobernanza, gestión e interacción de los sistemas de observación, con objeto de garantizar un sistema coordinado, completo y sostenible que satisfaga las necesidades de la OMM y de sus asociados.

La integración deberá acometerse con el propósito de garantizar la interoperabilidad y facilitar la optimización de todos los componentes de observación. Un requisito esencial para la integración es la normalización en tres esferas clave: los instrumentos y métodos de observación; el intercambio y la búsqueda de información en el marco del Sistema de información de la OMM (SIO); y la gestión de los datos en conformidad con el Marco de gestión de la calidad (MGC).

Marco de gestión de la calidad (MGC)

Se espera que el WIGOS permita efectuar observaciones de largo período y en tiempo oportuno, sometidas a procesos de garantía y control de la calidad y adecuadamente documentadas. Es necesario aplicar procedimientos de gestión de la calidad con objeto de mejorar la utilización de las capacidades de observación nuevas y existentes.

El WIGOS debería atenerse a los procedimientos del Marco de gestión de la calidad (MGC)¹⁴ para asegurarse de que las observaciones, los registros y los informes relacionados con el tiempo, el agua, el clima y otros recursos medioambientales, las predicciones operativas, los avisos, la información y otros servicios conexos sean de calidad reconocida y se ajusten a la correspondiente normativa conjunta acordada con otras organizaciones internacionales.

Para ello habría que basarse en unas normas de garantía y control de la calidad previamente acordadas, con el fin de diseñar y poner en marcha un sistema integrado de gestión de la calidad; gracias a eso, y solo mediante la aplicación eficaz de esas normas a escala nacional, se obtendrán flujos de datos fiables y oportunos mediante un control de la calidad apropiado y metadatos pertinentes.

Planificación coordinada y optimización de los sistemas de observación

En el marco del WIGOS, la planificación coordinada y la optimización de los sistemas de observación se llevarán a cabo mediante el proceso de examen continuo de las necesidades, según se describe en la sección 1.3.

¹³ Véase <http://www.wmo.int/wigos>

¹⁴ <http://www.wmo.int/qmf>

Para el desarrollo del WIGOS se aprovecharán diversos proyectos piloto que está previsto que ayuden al desarrollo a largo plazo de los sistemas mundiales de observación.

El presente Plan de Ejecución describe las medidas de ejecución propuestas para cada sistema de observación. Aunque importantes, otros aspectos del WIGOS, como la gestión de las redes, las relaciones con las organizaciones asociadas, la coordinación con el Sistema de información de la OMM (SIO), etc., quedan fuera del alcance del presente Plan de Ejecución.

Hay varios elementos del enfoque estratégico del presente Plan de Ejecución que también son comunes al enfoque estratégico del Plan de ejecución del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC). Se trata de los siguientes:

- Cobertura mundial de las redes de observación en superficie in situ y por teledetección. Para conseguir esta cobertura, en gran medida es preciso introducir mejoras en las redes existentes a fin de alcanzar los niveles técnicos, operativos y de mantenimiento recomendados, especialmente en los países en desarrollo.
- Ampliación de las redes existentes y especialmente mejora de la densidad y frecuencia de las observaciones para las regiones con escasez de datos, como los océanos, los trópicos y las latitudes y altitudes altas, y ampliación con miras a satisfacer las nuevas necesidades de las comunidades de usuarios del Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC).
- Mejores sistemas de obtención de datos y procedimientos de gestión de los datos, con el objetivo de minimizar la falta de datos, manteniendo la coherencia con los conceptos del SIO y el WIGOS; esto incluye la observancia de las normas internacionalmente aceptadas para el tiempo, el clima, el agua y las observaciones ambientales conexas, así como el intercambio de datos asociado.
- Utilización efectiva de los datos satelitales a través de un proceso mejorado de calibración y/o validación, la gestión eficaz de los datos, y la continuidad de las actuales observaciones satelitales de alta prioridad.
- Mejor vigilancia de la disponibilidad y calidad de los datos (en todas las fases de procesamiento, intercambio y uso) sobre la base de los sistemas existentes de datos.
- Generación continua de nuevas capacidades mediante la investigación, el desarrollo técnico y la demostración por proyectos piloto.

2.2. Agentes de ejecución

En lo que respecta a los sistemas de observación en superficie, las medidas de ejecución competen principalmente a organismos nacionales como los servicios meteorológicos nacionales (SMN) y los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN), si bien en varios casos las redes de observación in situ están a cargo de institutos u organismos que no se ocupan de la meteorología, en el contexto de un programa internacional o de una intensa cooperación internacional. En algunos casos las redes se financian con fines de investigación y, por ende, su sostenibilidad es motivo de preocupación.

En lo que respecta a los sistemas de observación desde el espacio, los agentes son, unas veces, operadores de satélites y organismos nacionales que operan satélites con fines de investigación u operativos y, otras, organismos multinacionales especializados en las observaciones desde el espacio.

Tanto para los sistemas en superficie como para los espaciales, el nivel de cooperación internacional que se necesita es alto, por lo que se justifica la existencia de diversos programas internacionales patrocinados o copatrocinados por la OMM en asociación con otras organizaciones internacionales. En lo referente a los sistemas de observación que evolucionan de una situación de investigación a una operativa, son tres las Comisiones Técnicas de la OMM que

desempeñan un papel principal: la Comisión de Sistemas Básicos (CSB), la Comisión de Ciencias Atmosféricas (CCA) y la Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación (CIMO).

En lo que respecta a las redes terrestres de observación in situ, el diseño y el desarrollo a menudo se llevan a cabo por conducto de las asociaciones regionales, que desempeñan en sus respectivas regiones un papel fundamental de coordinación en el empleo de las directrices de las Comisiones Técnicas de la OMM, principalmente la CSB (pero no es la única). Se satisface una serie de necesidades a través de sistemas de observación copatrocinados (SMOC, SMOO, SMOT). En lo tocante a las redes de observación de los océanos in situ, la Comisión Técnica Mixta OMM/COI sobre Oceanografía y Meteorología Marina (CMOMM) desempeña una función para todos los sistemas de observación al realizar mediciones de meteorología marina en la superficie, así como mediciones oceanográficas en la superficie del océano o en profundidad. Las observaciones de la química atmosférica se llevan a cabo mediante el Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) y su plan estratégico y addendum (véanse las referencias web que figuran en la sección 5.3.1.4). En cuanto a los sistemas de observación espaciales, existe una tendencia general a que las observaciones satelitales tengan un carácter mundial y menos regional que las observaciones realizadas por las redes in situ. Y no hay que olvidar el papel de la OMM, igualmente importante, pues trabaja en estrecha cooperación con el Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos (GCSM) y con organismos nacionales e internacionales.

Algunas redes de observación terrestres desempeñan un papel fundamental en la vigilancia del clima y deben ampliarse. Obtienen las mediciones de radiación en superficie, que son complementarias a la irradiación solar total obtenida con los instrumentos satelitales, y todas las variables que son necesarias para la vigilancia del ciclo del carbono en el sistema Tierra, especialmente el carbono en el suelo, así como los flujos de dióxido de carbono y metano entre la atmósfera, el océano y la superficie terrestre. En la estrategia sobre el carbono del Grupo de observación de la Tierra (GEO)¹⁵ se explica qué instituciones son los agentes de ejecución de estas observaciones.

3. MEDIDAS GENERALES Y TRANSECTORIALES

Esta sección del Plan de Ejecución se ajusta estrechamente a la descripción de los aspectos generales y tendencias documentados en la “Visión para el Sistema Mundial de Observación en 2025”, y elabora las medidas generales que están necesariamente asociadas a esos aspectos y tendencias.

3.1. Respuesta a las necesidades de los usuarios

Los sistemas mundiales de observación proporcionarán observaciones completas que den respuesta a las necesidades de todos los Miembros y Programas de la OMM a fin de disponer de productos y servicios de datos mejorados para el tiempo, el agua, el clima y cuestiones ambientales conexas. Por conducto del WIGOS, la OMM Continuará proporcionando una colaboración mundial efectiva para la realización y difusión de observaciones mediante una red de sistemas de observación mixta, que incorporará un número creciente de sistemas complementarios.

Para lograr la sostenibilidad de esos sistemas de observación se necesitarán asociaciones entre los organismos de investigación y los operativos. Actualmente se realizan observaciones de diversas variables en el contexto de programas de investigación o por organismos espaciales cuya principal misión es la investigación y el desarrollo. Una vez que los métodos han madurado lo

¹⁵ http://www.earthobservations.org/documents/sbas/cl/201006_geo_carbon_strategy_report.pdf

suficiente para garantizar un conjunto continuo de observaciones con un nivel de exactitud aceptable, es preciso que estos se mantengan en el futuro como sistema de observación operativo en caso de que satisfagan las necesidades de algunos grupos de usuarios.

El sistema operativo incluye el proceso de observación, la transmisión a un centro de procesamiento, el archivo y la difusión a los usuarios con procedimientos que sean compatibles con el SIO. Tales actividades pueden o no implicar una transferencia de responsabilidad de una organización a otra. Siempre que se desarrollen nuevas tecnologías de observación o sistemas de procesamiento de datos, o se mejoren los existentes, es fundamental que exista una comunicación entre los diseñadores y los usuarios intermedios y finales para evaluar las necesidades y la repercusión del sistema nuevo o en evolución antes de ponerlo en práctica. De este modo se garantiza que se asimilan todas las necesidades esenciales, incluidas las de homogeneidad temporal de las observaciones. Se deben adoptar las medidas necesarias para que los usuarios puedan prepararse para los nuevos sistemas de observación con bastante anticipación a su implantación en lo concerniente a infraestructura de recepción, procesamiento y análisis de datos, así como a la educación y la formación conexas.

Al mismo tiempo, se debe continuar manteniendo una atención constante en los sistemas en vigor. Los métodos de observación en uso desde hace tiempo siguen siendo valiosos y deben emplearse para la continuidad y ampliación de redes que satisfagan las necesidades de los usuarios.

Medida C1

Medida: Satisfacer las crecientes necesidades de los usuarios de información climática por medio de alentar y prestar asistencia a la ampliación de las plataformas de observación tradicionales dedicadas a las observaciones meteorológicas y climáticas.

Agente: El SMOC y la CSB dirigirán la medida, junto con los centros regionales que representen a usuarios y organizaciones que operen sistemas de observación componentes.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Grado de satisfacción de las necesidades de los usuarios.

Medida C2

Medida: Una vez que los sistemas de observación pertinentes dedicados a la investigación hayan mostrado suficiente madurez y rentabilidad, seguir una adecuada metodología de transformación a fin de convertirlos en sistemas operativos continuos.

Agente: La CSB, en colaboración con la CIMO y la CCA, iniciarán la medida y dirigirán la evolución, con todas las organizaciones que operan sistemas de observación componentes.

Plazo: Continuo. El calendario se decidirá en función de cada caso.

Indicador de ejecución: Número de sistemas operativos continuos en comparación con los objetivos.

Medida C3

Medida: Garantizar que todos los operadores que producen observaciones cumplen las normas SIO¹⁶.

Agente: Organizaciones y organismos que operan programas de observación. Medida supervisada por la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Grado en que se aplican las normas SIO.

¹⁶ Véase <http://www.wmo.int/pages/prog/wis/>

Medida C4

Medida: Se necesita una cuidadosa preparación antes de la introducción de nuevos sistemas de observación (o la modificación de sistemas existentes). Es necesario evaluar la repercusión mediante una consulta previa y en consulta permanente con los usuarios de los datos y la comunidad de usuarios en general. Asimismo, es necesario ofrecer a los usuarios de los datos orientación sobre la infraestructura de recepción/adquisición, procesamiento y análisis de los datos; datos indirectos; y programas de educación y formación.

Agente: Todas las organizaciones que operan sistemas de observación componentes, con arreglo a las mejores prácticas suministradas por la CSB, la CCA u otras Comisiones Técnicas y programas copatrocinados.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Grado en que se conocen las preocupaciones de la comunidad de usuarios.

Actualmente una gran parte de los sistemas de observación marina y oceánica se mantiene con fondos de investigación de duración limitada. Teniendo en cuenta la importancia de realizar observaciones continuas a largo plazo en relación con las principales variables marinas y oceánicas para muchas aplicaciones, incluida la predicción meteorológica y climática estacional a medio plazo, los Miembros de la OMM deberían señalar las posibles deficiencias que puedan ocurrir al final de estos programas de investigación a menos que se garantice una financiación permanente para redes de observación que tengan continuidad. Esas redes de observación comprenden: i) formaciones de boyas fijas en mares tropicales, ii) Argo, iii) una parte de las mejoras de los barómetros sobre boyas a la deriva en superficie (para la predicción meteorológica), y iv) mediciones de la temperatura superficial del mar y el hielo marino por altímetros, dispersómetros e instrumentos de microondas realizadas por misiones satelitales de investigación.

Medida C5

Medida: Garantizar una financiación sostenida para los principales sistemas de observación marina/oceánica (por ejemplo boyas fijas en mares tropicales, Argo, boyas a la deriva en superficie con barómetros, así como mediciones de altímetros, dispersómetros, temperatura superficial del mar por radiometría de microondas y hielo marino realizadas por misiones satelitales de investigación).

Agente: SMN, SMHN e instituciones nacionales asociadas, en colaboración con organizaciones internacionales, Comisiones Técnicas responsables de la coordinación de los sistemas de observación (p.ej. CMOMM, CSB, y CIMO) y organismos espaciales.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Porcentaje de redes de observación financiadas mediante un mecanismo permanente.

Los usuarios necesitan que los sistemas mundiales de observación proporcionen observaciones cuando y donde sean necesarias de forma fiable, estable, continuada y económica. Necesitan observaciones con resoluciones espacial y temporal especificadas, con precisión y de forma oportuna. Las necesidades de los usuarios evolucionarán rápidamente en respuesta a entornos de usuario y tecnológicos cambiantes, sobre la base de una mejor comprensión científica y de los avances en tecnologías observacionales y de procesamiento de datos. Nuestra capacidad para medir algunas de las principales variables ambientales a menudo está limitada por la falta de técnicas adecuadas. Estas limitaciones pueden deberse a varios factores, desde la técnica fundamental de observación subyacente, a los relacionados con los instrumentos, el procesamiento de los datos, las técnicas adecuadas de calibración/validación, la resolución espacial y/o temporal, la facilidad de funcionamiento y el costo. Conforme se vayan realizando nuevas observaciones de teledetección de variables ambientales, adquirirá una importancia

esencial que la validación de las propias mediciones y de los métodos utilizados para la recuperación se lleven a cabo bajo condiciones geofísicas suficientemente diversas. Es asimismo importante obtener productos de observaciones de un modo físicamente coherente en todos los dominios oceánicos, terrestres y atmosféricos. La elaboración de productos integrados exige combinar distintas bases de datos o fuentes de datos, que deben ser coherentes en el tiempo y el espacio.

Se alcanzará un cierto nivel en la realización de observaciones objetivo y parte de esas observaciones se realizarán o no en respuesta a la situación meteorológica local y las necesidades particulares de los usuarios. Los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN) deberán dirigir su realización, o colaborar en ella, a fin de garantizar la interoperabilidad y el intercambio potencial de los datos (véase asimismo la sección 5.3.1.1.1).

Medida C6

Medida: Respecto de cada sistema de observación propuesto para su funcionamiento en modo adaptable (esto es, proceso mediante el cual variaría el conjunto de observaciones en función de la situación meteorológica), estudiar la viabilidad, rentabilidad y efectos secundarios de la continuidad de los registros de datos climáticos.

Agente: Organizaciones que operan redes de observación de forma regular. Proceso que debe ser iniciado y coordinado por la CSB basándose en las recomendaciones de la CCA, otras Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y el SMOC.

Plazo: Proceso continuo de revisión de las evaluaciones de viabilidad y rentabilidad.

Indicador de ejecución: Número de redes operadas con algún nivel de búsqueda de objetivos.

3.2. Integración

El WIGOS proporcionará un marco que permitirá la integración y la mejor evolución posible de los sistemas de observación de la OMM (SMO, VAG, GCW y WHYCOS), incluida la contribución de esta a los sistemas copatrocinados (SMOC, SMOO, SMOT). Para llevar a cabo la integración se analizarán las necesidades y, cuando sea apropiado se compartirá infraestructura de observación, plataformas y sensores en diversos sistemas y con la participación de Miembros de la OMM y de otros asociados. Los sistemas de observación espaciales y de superficie se planificarán de manera coordinada para cubrir de forma económica diversas necesidades de los usuarios con resoluciones espaciales y temporales apropiadas.

Las técnicas de asimilación de datos deben desempeñar un papel importante en relación con la integración rentable de los distintos sistemas de observación que prestan servicio a distintas aplicaciones de diferentes disciplinas. De hecho, las técnicas de asimilación de datos son capaces de aportar un considerable valor a los sistemas de observación por medio de combinar conjuntos heterogéneos de informaciones para ofrecer conjuntos de campos geofísicos completos y con coherencia propia. Por separado, cada sistema de observación ofrece únicamente una pequeña muestra de información con respecto al conjunto de necesidades globales documentadas mediante el proceso de examen continuo de las necesidades. Sin embargo, cuando esos sistemas se combinan en una asimilación global, se pueden integrar sus mediciones y ofrecer análisis globales fiables para muchas variables, que son esenciales para muchas aplicaciones globales.

Para el logro del presente Plan de Ejecución, se plantea el importante desafío de encontrar los medios de mantener a largo plazo el funcionamiento y la continuidad de los sistemas de observación. Ello no significa que la continuidad de todos los sistemas se deba garantizar de forma indefinida; la estrategia consiste en asegurar que no se degrade la calidad de las variables importantes cuando se reemplace un instrumento o sistema de observación por otros. Hay varias aplicaciones que utilizan observaciones etiquetadas como “research” (investigación) o

“demonstration” (demostración) con fines operativos. Los límites entre la “investigación” y las “operaciones” no están bien definidos y varían constantemente, principalmente debido a que se ajustan al progreso científico en las aplicaciones y los métodos de utilización de datos. En este contexto, para evitar que se degraden las observaciones de variables importantes puede que sea necesario garantizar la transición de los sistemas de investigación/demostración a sistemas operativos (lo cual se sabe que es muy complicado).

El papel integrador del WIGOS también se apoya en la fuerte complementariedad existente entre las observaciones en superficie y las espaciales. Son ejemplos de ello los siguientes:

- Para la observación de la atmósfera, los sistemas en superficie son más eficientes en la capa límite, mientras que los instrumentos satelitales lo son en la estratosfera y por encima de las nubes.
- Se puede obtener una alta resolución horizontal con reproductores de imágenes y sondeadores situados en el espacio, que ofrecen cobertura de datos mundial; esto es imposible de lograr con redes de observación in situ, que siguen siendo el mejor sistema para obtener altas resoluciones verticales, especialmente en la atmósfera inferior.
- Los campos más exactos para la temperatura superficial del mar se obtienen de una combinación de datos recogidos por satélites y mediciones de referencia in situ.

Las observaciones deberían suministrarse a los distintos usuarios de forma oportuna, de modo que se satisfagan sus necesidades. Deberían ponerse a disposición utilizando prácticas normalizadas de procesamiento, formatos de codificación y difusión de los datos, a fin de facilitar su utilización.

Medida C7

Medida: Garantizar la continuidad y el solapamiento en el tiempo de los principales componentes de los sistemas de observación y sus registros de datos, con arreglo a las necesidades de los usuarios, mediante los procedimientos adecuados de gestión de cambios.

Agente: La CSB dirigirá la medida, en colaboración con otras Comisiones Técnicas, la CMOMM, asociaciones regionales, organismos de satélites, SMN y SMHN, y organizaciones que operan sistemas de observación.

Plazo: Continuo. El calendario se decidirá en función de cada caso.

Indicador de ejecución: Continuidad y coherencia de los registros de datos.

3.3. Política de datos

El paradigma de las operaciones para el SMO se ha construido sobre la base de los principios de intercambio de datos de la OMM, en virtud de los cuales todos los datos esenciales se comparten abiertamente entre todos los Miembros de la OMM. Esto se ha facilitado gracias al hecho de que, en el pasado, los datos de las observaciones provenían primordialmente de gobiernos nacionales y organismos internacionales. Las necesidades de los usuarios y los sistemas de observación han evolucionado y seguirán haciéndolo. Cada vez se recogen e intercambian mayores volúmenes y tipos de datos, provenientes de una variedad cada vez mayor de fuentes. Es necesario que las políticas de datos de los Miembros y de la OMM evolucionen en consonancia.

Las posibilidades de que en el futuro las entidades comerciales adquieran un papel más protagonista -p.ej. albergando la carga útil de los instrumentos o las “compras de datos” y mecanismos similares- hacen que surjan preocupaciones importantes en cuanto a la disponibilidad continua para todos los Miembros de la OMM de los datos obtenidos en virtud de esos arreglos.

Medida C8

Medida: Para los sistemas de observación de la OMM y copatrocinados por ella, garantizar la observancia continua de los principios de intercambio de datos de la OMM independientemente del origen de los datos, incluidos los datos suministrados por entidades comerciales.

Agente: SMN y SMHN, y organismos espaciales. Proceso supervisado por la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Disponibilidad permanente de todos los datos esenciales de las observaciones para todos los Miembros de la OMM.

También arrojaría grandes beneficios abrir el intercambio de datos procedentes de otros organismos, y se debería aprovechar cualquier oportunidad que se presente de alentar ese intercambio.

3.4. Ampliación

Se ampliarán tanto las aplicaciones de usuario como las variables observadas. Se incluirán observaciones para la producción de bases de datos relacionadas con las variables climáticas esenciales del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), cumpliendo los principios de vigilancia del clima del SMOC, así como cualesquiera otras observaciones necesarias para prestar servicios climáticos a escala mundial, regional y nacional dentro del Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC). La química atmosférica y la hidrología son asimismo dos tipos de aplicaciones que precisan la observación de un número cada vez mayor de variables desde un número cada vez mayor de estaciones.

Aumentará la gama y el número de observaciones intercambiadas a nivel mundial. Varios sistemas de observación locales se utilizan actualmente únicamente para aplicaciones locales o regionales, los cuales se utilizarán también en aplicaciones mundiales tan pronto como hayan probado que pueden aportar un valor añadido. El volumen total de los datos globales intercambiados se ampliará considerablemente debido a que se realizarán observaciones de nuevas variables, las actuales observaciones locales se intercambiarán a nivel mundial y los sistemas mundiales de observación tendrán una resolución más alta (temporal y espacial). Los conjuntos de datos obtenidos por satélites y radares tendrán cada vez mayor utilidad en aplicaciones que exigen crecientes resoluciones horizontales. Esto implica que los centros especializados de datos deberán prestar servicio a una gama cada vez más amplia de aplicaciones a todas las escalas horizontales, desde la mundial a la hectométrica. Esa ampliación del volumen de datos añadirá presión a los procesos de procesamiento y difusión de los datos que se llevarán a cabo de acuerdo con las normas SIO (especialmente importante para aplicaciones en tiempo real).

Medida C9

Medida: Analizar la futura evolución de los volúmenes de datos que se intercambiarán y manipularán, basándose en los volúmenes de datos que se prevé que generarán las futuras fuentes espaciales y en superficie.

Agente: El SIO dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, la CMOMM, asociaciones regionales, organismos de satélites, SMN y SMHN, y organizaciones que operan sistemas de observación.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Evolución de los volúmenes de datos manipulados e intercambiados.

Algunas observaciones de la criosfera terrestre son parte de redes operativas; otras son parte de programas de investigación y no se obtienen de una manera consistente. Existe una gran

y reconocida deficiencia a nivel internacional en la capacidad para medir de una manera fiable las precipitaciones sólidas (nevadas, espesor de la capa de nieve, hielo y equivalente en agua de lluvia). Las soluciones deben aprovechar las nuevas tecnologías y técnicas para realizar observaciones in situ y de teledetección, y es preciso investigar la forma de integrar ambos tipos de observaciones. Por ejemplo, si bien el espesor de la capa de nieve es medido con regularidad en muchas estaciones terrestres, la cobertura de hielo de un lago o el balance de masa de un glaciar no lo son. Se necesitan mejoras en las prácticas de observación de la precipitación de nieve y una presentación de informes coherente y periódica junto con otras variables. Algunas propiedades fundamentales de la nieve y el hielo, como la precipitación de nieve, el equivalente en agua de la nieve y las propiedades del permafrost son difíciles de medir tanto desde el espacio como in situ, si bien resultan prometedoras las nuevas tecnologías y los nuevos sensores satelitales. La Vigilancia de la Criosfera Global (GCW) evaluará los sistemas de observación de la criosfera en superficie y espaciales y formulará recomendaciones dirigidas a reducir la brecha entre las capacidades actuales y las necesidades de los usuarios.

3.5. Automatización

Continuará la tendencia a desarrollar sistemas de observación completamente automáticos, utilizando nuevas tecnologías de información y de observación, donde estas sean rentables y no den lugar a una degradación en la satisfacción de importantes necesidades de algunas aplicaciones, por ejemplo, la vigilancia del clima. Se mejorará el acceso en tiempo real y a datos en bruto. Cada vez habrá más sistemas de observación que produzcan diferentes niveles de datos, desde grandes volúmenes de datos en bruto a conjuntos de datos con un alto grado de procesamiento. Una variedad de usuarios se interesarán en uno o varios niveles de postprocesamiento. Es importante que los diferentes paquetes de procesamiento observen un conjunto general de normas SIO. Se recopilarán y transmitirán los datos de las observaciones en formato digital, con una elevada tasa de compresión cuando sea necesario. El procesamiento de datos estará muy automatizado.

Se requiere especialmente un alto nivel de automatización para las redes de observación que abarquen zonas altamente expuestas a fenómenos meteorológicos extremos. Para la predicción inmediata y la mitigación del riesgo en esas zonas, es importante disponer de una infraestructura de telecomunicaciones que sea suficientemente robusta frente a esos fenómenos.

Véase la **G31** conexas sobre compatibilidad de los datos.

3.6. Interoperabilidad, y compatibilidad, consistencia y homogeneidad de los datos

Existirá una mayor normalización de instrumentos y de métodos de observación. Se mejorará la calibración de las observaciones y la provisión de metadatos para asegurar la consistencia y trazabilidad de los datos respecto a valores de referencia absolutos. Habrá una mayor homogeneización de formatos de datos y su difusión a través del Sistema de información de la OMM (SIO), así como también un mayor nivel de interoperabilidad entre sistemas de observación existentes y entre estos y nuevos sistemas. Los metadatos son esenciales para garantizar la calidad, trazabilidad y homogeneidad de las observaciones y, por consiguiente, es fundamental mantener un archivo de metadatos rigurosos que sirva de apoyo a la normalización, permita las evaluaciones de homogeneidad y garantice el origen de los datos y la adecuación al propósito.

A fin de asegurar la consistencia y homogeneidad de los conjuntos de datos, los principios de vigilancia para los datos satelitales que están documentados en el Plan de ejecución del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) con fines climatológicos son válidos en cierta medida para otras aplicaciones de la OMM, incluidas las aplicaciones en tiempo real. Esto es cierto para las recomendaciones relativas a la continuidad temporal, la homogeneidad y el solapamiento de la

observación, la estabilidad de la órbita y la calibración del sensor, y la interpretación, el procesamiento y el archivo de los datos. Los análisis globales para la predicción meteorológica y otras aplicaciones dependen de varios sistemas de observación principales. La continuidad temporal a largo plazo de esos sensores es obviamente muy importante para los fines climáticos, pero la importancia puede ser prácticamente la misma para las demás aplicaciones, incluidas las aplicaciones en tiempo real. Todos esos sensores se utilizan de un modo “sinérgico”, p.ej. en el caso de un sensor que ayuda en la evaluación de errores sistemáticos y desviaciones en otros sensores. En este proceso es igualmente importante el papel de las observaciones precisas in situ, que sirven de apoyo a las necesidades del SMOC para la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS).

En 2025 se dispondrá de mejores métodos de control de la calidad y la caracterización de los errores de todas las observaciones. Se necesitan sistemas operativos que puedan hacer un seguimiento de las irregularidades en las observaciones, identificarlas y notificarlas, en tiempo lo más real posible, a los administradores y operadores de las redes, incluidos los errores sistemáticos dependientes del tiempo. Esos sistemas de retroefecto ya son prácticas rutinarias para varios centros de predicción numérica del tiempo (PNT) en relación con los datos asimilados en los modelos operativos de PNT, así como para los centros de vigilancia del clima al objeto de garantizar la calidad global de los datos. No obstante, existe la necesidad de ampliar esas actividades de vigilancia a otras aplicaciones y también de establecer procedimientos de retroefecto para las cantidades observadas que no se pueden comparar con ningún modelo operativo. Asimismo, existe la necesidad, incluso en las actuales actividades rutinarias de vigilancia, de agilizar y hacer más eficiente tanto las informaciones de retroefecto a los operadores como las medidas de corrección.

Medida C10

Medida: Vigilar la corriente de todos los datos esenciales hacia los centros de procesamiento y los usuarios para garantizar el flujo oportuno de información de retroefecto desde los centros de vigilancia hacia la gestión de las redes de observación.

Agente: Centros de procesamiento de datos coordinados por las adecuadas Comisiones Técnicas y programas internacionales (la CSB dirigirá el proceso y lo iniciará cuando proceda).

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Los criterios de vigilancia habituales¹⁷.

Medida C11

Medida: Lograr una mejor homogeneidad de los formatos de los datos para su intercambio internacional, por medio de reducir el número de normas coordinadas a nivel internacional.

Agente: La CSB dirigirá la medida, en colaboración con otras Comisiones Técnicas.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de formatos de datos por tipo de dato.

3.7. Necesidades de radiofrecuencias

Los componentes del WIGOS utilizan una serie de distintas aplicaciones de radiocomunicaciones.

La detección pasiva en el espacio se efectúa en las bandas atribuidas a los servicios de exploración de la Tierra por satélite (pasiva) y meteorológico por satélite. La detección pasiva exige la medición de la radiación que ocurre naturalmente, a menudo con un nivel de potencia muy bajo, y que contiene información esencial del proceso físico sobre el que se investiga.

¹⁷ [Http://www.wmo.int/pages/prog/www/ais/monitor/introduction.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/ais/monitor/introduction.html)

Las bandas de frecuencias pertinentes se determinan por las propiedades físicas fijas (resonancia molecular) que no pueden cambiarse ni ignorarse. Por consiguiente, esas bandas de frecuencias son un importante recurso natural. Unos niveles de interferencia, incluso bajos, recibidos por un sensor pasivo, pueden degradar esos datos. Además, en la mayoría de los casos estos sensores no son capaces de hacer una distinción entre las radiaciones naturales y las producidas por el hombre. A este respecto, el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) autoriza el despliegue de servicios pasivos y el funcionamiento de sus sistemas en las bandas de frecuencias más esenciales.

Una serie de variables geofísicas contribuyen, a diversos niveles, a las emisiones naturales, y pueden observarse a una frecuencia dada con propiedades únicas. Por lo tanto, deben efectuarse simultáneamente mediciones a varias frecuencias en el espectro de microondas a fin de extraer estimaciones de las variables de interés del conjunto de mediciones. De ahí que las bandas de frecuencias pasivas deban considerarse como un sistema completo. Las cargas útiles actuales de los satélites científicos y meteorológicos no se dedican a una banda determinada, sino que incluyen numerosos instrumentos diferentes que efectúan mediciones en todo el conjunto de bandas pasivas. Asimismo la cobertura total de datos mundiales es de suma importancia para la mayoría de los servicios y aplicaciones meteorológicos, hídricos y climáticos.

También es muy importante disponer de un espectro de frecuencias suficiente y bien protegido para la meteorología y la exploración de la Tierra por satélite con fines de telemetría y telemando, así como para el enlace descendente del satélite de los datos compilados.

El servicio de radiocomunicaciones de ayuda a la meteorología (MetAids) se emplea en las observaciones y la exploración con fines meteorológicos e hidrológicos y proporciona el enlace entre un sistema local de detección de variables meteorológicas (p.ej. una radiosonda) y una estación base remota. La estación base puede encontrarse en una ubicación fija o móvil. Además, los radares meteorológicos y los radares perfiladores de viento aportan importantes observaciones. Actualmente hay aproximadamente 100 radares perfiladores de viento y varios cientos de radares meteorológicos en todo el mundo, que realizan mediciones de las precipitaciones y del viento y desempeñan una función primordial en los procesos de alerta meteorológica e hidrológica.

Las cuestiones relacionadas con las mencionadas necesidades de espectro radioeléctrico y de funcionamiento se abordan en la OMM por el Grupo director sobre la coordinación de las frecuencias radioeléctricas. En Europa, más de 20 servicios meteorológicos nacionales y otras organizaciones pertinentes han establecido el programa EUMETFREQ con objeto de coordinar sus actividades de protección de frecuencias. La gestión y protección de las frecuencias es especialmente importante para el Programa espacial de la OMM, y los organismos espaciales han creado el Grupo de coordinación de frecuencias espaciales (SFCG¹⁸) para coordinar sus actividades en este particular.

Medida C12

Medida: Garantizar una vigilancia continua de las frecuencias radioeléctricas que se necesitan para diferentes componentes del WIGOS, a fin de asegurarse de que estén disponibles y tengan el nivel de protección necesario.

Agente: El Grupo director sobre la coordinación de las frecuencias radioeléctricas dirigirá la medida, en coordinación con SMN, SMHN y organizaciones nacionales, regionales e internacionales encargadas de la gestión de las frecuencias radioeléctricas.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Bandas de frecuencias para la observación disponibles/no disponibles con el nivel de protección necesario.

¹⁸ Véase <http://www.sfcgonline.org/home.aspx>

4. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE OBSERVACIÓN EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO

Muchos países en desarrollo y países con economías en transición no disponen de las capacidades ni los recursos para suministrar las observaciones esenciales in situ. Esto supone un problema para la consistencia y la homogeneidad de las observaciones, especialmente a escala mundial. El apoyo que necesitan estos países y los mecanismos capaces de brindar ese apoyo son los mismos que los descritos en el Plan de ejecución del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) (véase su sección sobre los países en desarrollo) para fines climáticos, además de un cierto apoyo que generalmente se necesita para comunicar en tiempo real al SIO las observaciones que ya se han efectuado, en el formato apropiado.

Es preciso reforzar el apoyo a estos países, especialmente a los países menos adelantados (PMA) y los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID), ofreciéndoles orientación y organizando actividades de formación y creación de capacidad en las regiones correspondientes. En muchas zonas, incluidas grandes partes de África, Asia y América Latina (Regiones I, II y III y algunas zonas tropicales entre los paralelos 25N y 25S), las observaciones suministradas por el actual SMO en superficie son insuficientes. La evolución de los sistemas de observación en los países en desarrollo ha de abordar algunas de estas cuestiones, que se resumen en tres categorías, a saber: a) carencia de infraestructura pública, como electricidad, telecomunicaciones, medios de transporte, etc.; b) carencia de conocimientos técnicos del personal que ejecuta el trabajo, capacitación, etc.; y c) carencia de financiación para el equipo, los artículos fungibles, las piezas de repuesto, la mano de obra, etc. La carencia de infraestructura y de conocimientos técnicos puede ser consecuencia de una carencia de financiación.

La evolución de los sistemas de observación ha de tener en cuenta la mejora de la calidad, el restablecimiento, la sustitución y la creación de capacidad (especialmente en el uso de nuevas tecnologías). Han de considerarse dos aspectos: la producción y la utilización de los datos. Es posible que algunos países no son ni serán capaces de producir datos, por lo cual serán únicamente usuarios de los mismos. Para contribuir a que los países en desarrollo produzcan datos para el intercambio internacional, ha de darse la debida consideración a las tres cuestiones anteriormente expresadas, a saber: la infraestructura pública, los conocimientos técnicos y la financiación.

A continuación figuran posibles enfoques para la evolución de los sistemas de observación bajo estas condiciones. Como primer paso se deberían determinar los sistemas de observación que sean menos dependientes de la infraestructura local. Cuando existe la suficiente infraestructura local, se dispone de los conocimientos técnicos adecuados y el mantenimiento se realiza de un modo sostenido, puede ser posible aumentar las observaciones in situ con otras tecnologías como las relativas a los datos satelitales, la retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves (AMDAR), las radiosondas con paracaídas y las estaciones meteorológicas automáticas (EMA). Los sistemas automatizados generalmente exigen un alto nivel de competencia técnica y recursos para mantener, reparar y reemplazar el equipo cuando resulta necesario. La capacidad para presentar observaciones manuales por conducto de un sistema basado en la web disponible en todo el mundo podría ofrecer otra alternativa para algunos PMA y PEID.

Se necesita un conjunto mínimo de radiosondas fiables como estructura principal de la Red de observación en altitud del SMOC (ROAS). Los Miembros deberían hacer todo lo posible por cumplir los compromisos operativos de las estaciones aceptadas en el marco de la ROAS. Los estudios de repercusión en la predicción numérica del tiempo (PNT)¹⁹ han mostrado la destacada importancia de las observaciones de radiosondas aisladas para la PNT global y de alta resolución.

¹⁹ Véase http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Reports/NWP-4_Geneva2008_index.html

La obtención de perfiles verticales (de viento, temperatura y, en un futuro próximo, de humedad) mediante el AMDAR en muchas zonas con escasez de datos está surgiendo como un modo natural de obtener observaciones de algunas variables atmosféricas básicas en algunos países con aeropuertos importantes y muy pocas observaciones atmosféricas convencionales.

Continúa siendo necesario prestar atención a la creación de capacidad en algunos países. Las responsabilidades internacionales de intercambio de datos se podrían apoyar mediante la transición a las claves determinadas por tablas (BUFR²⁰ o CREX²¹) como representación fiable de los datos. Y lo que es aún más importante, será necesario desarrollar e implantar sistemas para la creación automática de mensajes (como los informes CLIMAT) y garantizar un flujo de datos esenciales oportuno, eficiente y de calidad controlada, en sintonía con la estrategia de ejecución del SIO.

Algunos países poseen estaciones receptoras de datos satelitales o reciben datos satelitales a través del Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT), pero carecen de los conocimientos técnicos necesarios para utilizar la información en su provecho. Algunos países están adquiriendo radares Doppler, pero necesitan capacitación sobre la manera de procesar e interpretar la información. La Región I, por ejemplo, se ha beneficiado de un acceso más amplio a datos convencionales e imágenes satelitales gracias al proyecto de *Preparación para la utilización de Meteosat de segunda generación en África* (PUMA). Este tipo de proyecto debería ampliarse para incluir otros tipos de datos para aplicación corriente (meteorología sinóptica, meteorología aeronáutica y predicción inmediata).

Se proponen las siguientes directrices para definir las prioridades de las actividades de cooperación técnica para los sistemas de observación meteorológica (por orden de prioridad):

- a) Establecer proyectos destinados a mejorar y restaurar las instalaciones existentes de observación en altitud de las Redes sinópticas básicas regionales (RSBR)²² y de las Redes climatológicas básicas regionales (RCBR) y al establecimiento de otras nuevas, centrándose en particular en la activación de estaciones en altitud que no envían informes y en la mejora de la cobertura en las regiones donde escasean los datos (en particular en lo que respecta a la compra de equipo y artículos fungibles, a telecomunicaciones y a formación de personal);
- b) Ampliar la cobertura del AMDAR en los países en desarrollo, PMA y PEID, para subsanar la escasez de observaciones en altitud o facilitar alternativas más económicas a los países que no se puedan permitir costosos sistemas de sondeos en altitud;
- c) Establecer proyectos destinados a mejorar la calidad, la regularidad y la cobertura de los datos de observación en superficie de las RSBR y RCBR, concretamente a la activación de las estaciones que no envían informes y a la mejora de la cobertura en las regiones donde escasean los datos;
- d) Establecer proyectos destinados a instalar y poner en funcionamiento nuevos sistemas y equipos de observación, tales como estaciones meteorológicas automáticas (EMA) de superficie, los sistemas AMDAR y ASAP y boyas a la deriva que sean rentables;

La cooperación técnica dirigida a lograr comunicaciones fiables aportaría una valiosa contribución a garantizar que los datos de las observaciones, una vez recogidos, se pudieran intercambiar ampliamente.

²⁰ Clave FM 94 BUFR GTS - Forma binaria universal de representación de datos meteorológicos

²¹ Clave FM 95 CREX GTS - Clave de caracteres para la representación y el intercambio de datos

²² Las estaciones de la Red de observación en superficie del SMOG (ROSS) y de la Red de observación en altitud del SMOG (ROAS) forman parte de la Red sinóptica básica regional (RSBR).

Por último, al examinar la evolución de los sistemas de observación en los países en desarrollo se deberían tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Definir las zonas geográficas a las que se debería asignar prioridad para la realización de observaciones adicionales, si se dispone de financiación adicional.
- Establecer un orden de prioridades cuando hay mayor necesidad del Programa de Cooperación Voluntaria de la OMM (PCV) u otra financiación.
- Dar gran prioridad en las Regiones al mantenimiento de una red mínima de radiosondas con un rendimiento aceptable.
- Dedicar actividades de recuperación de datos a conservar el registro de observaciones históricas en los países en desarrollo, y poner a disposición conjuntos de datos a largo plazo para actividades como el reanálisis, la investigación, la adaptación, la vigilancia y otros servicios climáticos.
- Alentar a las asociaciones regionales a que, en colaboración con la CSB, definan experimentos sobre el terreno en las zonas donde escasean los datos, por una duración limitada, al objeto de evaluar cómo los datos adicionales podrían contribuir a mejorar la eficacia a escalas regional y mundial, siguiendo el ejemplo del experimento sobre el terreno del Análisis multidisciplinario del monzón africano (AMMA²³).
- Examinar la medida en que, en el futuro, las estaciones automáticas podrían convertirse en una alternativa viable y rentable a las estaciones con dotación humana para la red de superficie, y estudiar configuraciones mejoradas para las estaciones automáticas y manuales.
- Seguir los Principios de vigilancia del clima del SMOC y las prácticas de gestión de cambios cuando se hagan cambios en los sistemas de observación climática mediante una estrecha colaboración entre los gestores de las observaciones y los climatólogos.²⁴
- Para la predicción inmediata y la mitigación del riesgo en zonas vulnerables, es un problema no disponer de una infraestructura sólida de telecomunicaciones (sólida frente a condiciones meteorológicas extremas). Utilizar redes sólidas de telecomunicaciones.
- Utilizar el concepto de centro climático regional para ofrecer acceso a especialistas que podrían organizar capacitación y dirigir el mantenimiento de sistemas más complejos como las estaciones meteorológicas automáticas (EMA).

Medida C13

Medida: Establecer estrategias de creación de capacidad para sistemas de observación en países en desarrollo mediante proyectos financiados por organizaciones internacionales y asociaciones bilaterales y la facilitación de la cooperación regional.

Agente: SMN y SMHN junto con asociaciones regionales, la CSB y otras Comisiones Técnicas, en colaboración con programas internacionales.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Mejora sustancial en la recuperación de datos de observaciones por parte de los países en desarrollo.

5. SISTEMA DE OBSERVACIÓN EN SUPERFICIE

5.1. Introducción

El componente de superficie del Sistema Mundial de Observación (SMO) se desarrolló originalmente para satisfacer las necesidades de la meteorología operativa sin considerar las aplicaciones nuevas y emergentes actualmente abarcadas por los Programas de la OMM.

²³ Véase <http://amma-international.org/>

²⁴ Véase OMM/DT-Nº 1378 en: <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/WCDMPNo62.pdf>

Los sistemas de superficie generalmente ofrecen observaciones con coherencia temporal y cuya procedencia se puede determinar que constituyen una referencia coherente de importancia histórica para muchos sistemas de observación. En el decenio de 1970 se comenzó a tomar en consideración la cuestión de la complementariedad con el componente espacial del SMO.

Para la observación de la atmósfera alta, las estaciones sinópticas de observación en altitud (que comprenden radiovientosondas, radiosondas, radiovientos y estaciones de globo piloto²⁵) fueron los únicos sistemas de observación en superficie que existían en un principio, hasta que fueron complementadas por las mediciones meteorológicas realizadas desde aeronaves y posteriormente por los sistemas de observación por teledetección (perfiladores y radares meteorológicos). La densidad de estaciones de radiosonda siempre ha sido inadecuada para cubrir las necesidades meteorológicas respecto de las zonas remotas, incluidos los océanos y desiertos, y la plena aplicación de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) ha sido un continuo desafío para la OMM, incluso sobre las zonas terrestres.

Para la observación de la atmósfera cerca de la superficie, la red de estaciones de observación en superficie es más densa que la de la red en altitud. En tierra consta principalmente de estaciones en superficie automáticas y atendidas por personal. En el mar consta principalmente de buques del Sistema de buques de observación voluntaria (VOS), y boyas fijas y a la deriva. Muchas estaciones que originalmente no tenían más que un único fin (p.ej. exclusivamente sinóptico o climatológico, o de meteorología agrícola o aeronáutica) se transformaron en estaciones con múltiples fines que prestan servicio a diversos programas y usuarios.

Las redes mundiales sinópticas y climatológicas se componen de las Redes sinópticas básicas regionales y las Redes climatológicas básicas regionales (RSBR/RCBR). Las redes RSBR/RCBR deben satisfacer un mínimo de necesidades regionales para permitir que los Miembros de la OMM cumplan sus responsabilidades en el marco de la Vigilancia Meteorológica Mundial y para la vigilancia del clima.

En el *Manual del Sistema Mundial de Observación* (OMM-Nº 544) y otros manuales se recogen las prácticas de observación normalizadas. Las prácticas recomendadas figuran en varias guías, entre ellas la *Guía del Sistema Mundial de Observación* (OMM-Nº 488) y la *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos* (OMM-Nº 8). Las medidas individuales del presente Plan de Ejecución tal vez se traduzcan en cambios de las mejores prácticas y en una necesidad de actualizar los mencionados textos reglamentarios de la OMM, en los cuales se tendrá que reconocer las necesidades cambiantes en las esferas de la integración, la automatización, la interoperabilidad, y la compatibilidad, consistencia y homogeneidad de los datos. Esta actualización se abordará en el marco de la aplicación del WIGOS y mediante una elaboración del Manual y la Guía del WIGOS.

La observación de las profundidades del océano sigue siendo un reto: no se puede efectuar desde el espacio y se dispone de muy pocos sistemas in situ para ello (batitermógrafo no recuperable - XBT, instrumentos de barcos, flotadores perfiladoras). La observación de la superficie del océano es menos problemática puesto que los satélites pueden contribuir en gran medida y los sistemas de observación utilizados en meteorología (barcos, boyas) también pueden transportar instrumentos para medir variables de la superficie como la temperatura superficial del mar.

Para la observación de la superficie terrestre, algunas mediciones (como la temperatura del suelo a distintos niveles, el estado del suelo, el espesor de la capa de nieve y la humedad del suelo) pueden ser efectuadas por estaciones sinópticas en superficie. Hay asimismo una gran variedad de estaciones y redes que se han desarrollado de forma independiente para diversas

²⁵ Informe de observación de viento en altitud proveniente de una estación terrestre fija

aplicaciones, como la hidrología, la meteorología urbana, la agricultura, la vigilancia de la contaminación del aire o la producción de energía eléctrica. Estas ofrecen un gran abanico de variables con posibilidades de uso para varias disciplinas y deberían ser integradas.

Es preciso que los instrumentos sean lo suficientemente sólidos para tomar muestras en condiciones extremas de manera acorde con la climatología de la región donde son instalados. Para apoyar unas mejores predicciones y la ciencia climática, es fundamental resistir vientos fuertes y descargas de rayos y medir adecuadamente extremos de temperatura y precipitación.

Para 2025, existirá una mayor tendencia a la integración de los sistemas de observación en superficie de los tres componentes climáticos: atmósfera, océano y sistema terrestre. Dicha tendencia a la integración es natural en el contexto de la vigilancia del clima y la predicción, que requieren observaciones de los tres componentes. La “integración” también significa que habrá más instrumentos, estaciones y redes destinados a múltiples fines, y más progreso en la interoperabilidad, intercambio y procesamiento de los datos.

Los volúmenes de datos para algunos sistemas de observación, como las radiosondas o las estaciones en superficie, permanecerán a un nivel relativamente reducido. Por el contrario, para los sistemas de observación por teledetección como el radar, se prevé que el volumen de los datos observados crezca con rapidez (de forma parecida a los datos satelitales) y se prevé que el volumen de datos intercambiado crezca a un ritmo incluso más rápido.

En la sección que sigue a continuación (5.2) se recogen cuestiones generales relativas a los sistemas mundiales de observación en superficie, con las correspondientes recomendaciones que son adecuadas para su aplicación en el período 2012-2025. En la sección 5.3 se describen las medidas recomendadas para los diferentes sistemas de observación que deberán utilizarse de modo operativo en 2025, con inclusión de algunas posibles actividades de investigación y desarrollo que deberían llevarse a cabo al objeto de mejorar los sistemas de observación.

5.2. Cuestiones generales: representatividad, trazabilidad, calibración de instrumentos e intercambio de datos

A fin de garantizar la calidad de los datos, especialmente respecto de las aplicaciones climáticas, las mediciones de los instrumentos deberían ser trazables mediante el Sistema Internacional de Unidades; esto debería hacerse por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones, evaluaciones de calidad (incluyendo la representatividad de los emplazamientos) y calibraciones de los instrumentos y las respectivas normas de trabajo internacionales. Considerando la rápida ampliación en el número de distintos organismos que operan redes de observación (especialmente estaciones meteorológicas automáticas) y su posible contribución a los sistemas de observación de la OMM, se debe mantener a lo largo del tiempo la evidencia de la trazabilidad o la gestión de la calidad. Cuando la trazabilidad mediante el Sistema Internacional de Unidades no sea posible para algunas observaciones manuales (p.ej., tipo de nube), será necesario hacer referencia a las normas de la OMM publicadas.

Medida G1

Medida: Garantizar la trazabilidad de todas las observaciones y mediciones meteorológicas mediante el Sistema Internacional de Unidades o las normas de la OMM.

Agente: SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB y las asociaciones regionales dirigirán y supervisarán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de estaciones que realizan mediciones trazables mediante el Sistema Internacional de Unidades o las normas de la OMM.

El aumento de los volúmenes de datos para algunos sistemas de observación específicos, como radares y perfiladores de viento, debe ir acompañado de medidas que garanticen la capacidad del Sistema de Información de la OMM (SIO) para hacer frente al correspondiente aumento en el intercambio de datos. Ese aumento se deberá en parte a la realización de observaciones con mayor frecuencia, por ejemplo mediante la automatización, o bien al intercambio de las observaciones existentes que anteriormente no se hubieran intercambiado a nivel internacional.

Los experimentos de los sistemas de observación (OSE) llevados a cabo con modelos de predicción numérica del tiempo (PNT) han mostrado que las predicciones a nivel mundial se pueden mejorar significativamente mediante la asimilación de datos horarios, incluso aunque los datos únicamente estén disponibles en una pequeña parte del planeta, como por ejemplo las observaciones horarias de la presión atmosférica de estaciones sinópticas, datos de radares y datos de estaciones receptoras del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS). De igual modo, otras aplicaciones, incluidas las relativas al clima y la aviación, necesitan cada vez más datos subhorarios. Sería preciso que el acceso a todos los datos disponibles y su intercambio fueran abiertos y sin restricciones para mejorar el alcance y la calidad de los servicios que ofrecen los SMN y SMHN a sus usuarios.

Medida G2

Medida: Garantizar, en la medida de lo posible, un intercambio mundial de datos horarios que se utilicen en aplicaciones mundiales, optimizado de modo que se equilibren las necesidades de los usuarios con las limitaciones técnicas y financieras.

Agente: SMN y SMHN, asociaciones regionales, en coordinación con la CSB y programas y organismos internacionales. La CSB dirigirá la medida.

Plazo: Continuo. El calendario se decidirá para cada sistema de observación.

Indicador de ejecución: Indicadores habituales de vigilancia utilizados en la PNT global (véase la nota al pie N° 17 en la sección 3.6).

Medida G3

Medida: Promover un intercambio mundial de datos subhorarios en apoyo de las esferas de aplicación pertinentes.

Agente: SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida.

Plazo: Continuo. El calendario se decidirá en función de cada sistema de observación.

Indicador de ejecución: Número de tipos de datos subhorarios intercambiados mediante el SIO.

La modelización del clima y la realización de predicciones estacionales requieren asimismo un intercambio de datos entre los diferentes centros dedicados a la vigilancia de la atmósfera, los océanos y el subsistema terrestre. Aunque las limitaciones en relación con el tiempo real son menos estrictas que para la predicción numérica del tiempo (PNT), es importante integrar esos diferentes sistemas de observación, con normas comunes de preprocesamiento e intercambio, con arreglo a las normas SIO y WIGOS. Tal medida se traduciría en un aumento considerable de los beneficios para los usuarios sin necesidad de crear nuevos sistemas de observación. Habida cuenta de que los diferentes usuarios tienen limitaciones operativas diferentes y necesidades distintas de resolución de los datos, esto tal vez implique, para algunos sistemas de observación que producen grandes volúmenes de datos, que tengan que organizar el procesamiento con distintos niveles de datos (como ya se ha hecho para muchas misiones satelitales). La necesidad de validación de los productos satelitales mediante la utilización de observaciones en superficie también se puede tratar de satisfacer mediante la facilitación del acceso a los datos.

Medida G4

Medida: Garantizar el intercambio de observaciones de los sistemas de observación atmosférica, oceánica y terrestre, en conformidad con las normas SIO y WIGOS. De ser necesario, organizar diferentes niveles de preprocesamiento de las observaciones a fin de satisfacer las distintas necesidades de los usuarios.

Agente: SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida.

Plazo: Continuo. El calendario se decidirá en función de cada sistema de observación.

Indicador de ejecución: Estadísticas sobre los datos puestos a disposición de las distintas aplicaciones.

Medida G5

Medida: Garantizar que los operadores de redes de observación en superficie faciliten el adecuado acceso a las observaciones para apoyar la validación de la obtención en el espacio de los parámetros de superficie.

Agente: La CSB dirigirá la medida, en colaboración con SMN y SMHN.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Cantidad de datos obtenidos en superficie puestos a disposición para la validación de los productos satelitales.

Es importante, principalmente para la vigilancia del clima, pero también para otras aplicaciones:

- mantener estaciones con registros históricos de tiempo de observación ininterrumpida;
- efectuar una calibración periódica de los instrumentos;
- en la mayor medida posible, observar las directrices de clasificación de la CIMO para el emplazamiento y el mantenimiento del entorno de las estaciones;
- comprobar y comparar entre sí distintos instrumentos y sistemas de observación (p.ej. sistemas de radiosondas y sistemas de teledetección que ofrecen distintos tipos de perfiles verticales con vistas al establecimiento de la interoperabilidad de sus datos);
- recopilar y archivar suficientes metadatos para permitir realizar evaluaciones de homogeneidad y analizar la procedencia y adecuación de los datos para el fin perseguido;
- para todos los países, mantener sus estaciones del SMOC (ROSS, ROAS y RCBR) de modo que puedan efectuar observaciones de forma constante el mayor tiempo posible.

Para más detalles, véase el Marco de gestión de la calidad (sección 2.1 supra).

Medida G6

Medida: Hacer que los operadores de redes de observación en superficie consideren la posibilidad de utilizar observaciones y productos espaciales para controlar la calidad de los datos procedentes de las redes de superficie.

Agente: La CSB dirigirá la medida, en colaboración con los SMN y SMHN.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de sistemas de observación en superficie que utilizan datos satelitales para el control de la calidad.

5.3. Cuestiones específicas de cada componente de los sistemas de observación

5.3.1. Sistemas de observación en altitud sobre tierra

Hace ya tiempo que los perfiles en altitud se obtienen mediante métodos basados en globos. Esos métodos actualmente se complementan con una serie de otras fuentes sobre tierra, sobre los océanos y desde el espacio. En la actualidad la OMM adopta un enfoque combinado que trata de optimizar el uso de los distintos métodos para satisfacer las necesidades de observaciones en altitud. En la sección que sigue a continuación se tratan las contribuciones realizadas por las

estaciones de globos en altitud, las estaciones perfiladoras de teledetección, las observaciones desde aeronaves, las estaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) y las estaciones receptoras del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS). Las contribuciones realizadas sobre los océanos se tratan en la sección 5.3.5, y las realizadas desde el espacio, en el capítulo 6.

5.3.1.1. Estaciones en altitud²⁶

5.3.1.1.1. Red de radiosondas y cobertura de datos: optimización

Los estudios de repercusión en la predicción numérica del tiempo (PNT) han mostrado sistemáticamente la importancia de los datos de los perfiles verticales, en particular los datos obtenidos con radiosondas desde ubicaciones aisladas (véase la sección 4 de las actas del cuarto Cursillo OMM sobre el impacto de diversos sistemas de observación en la PNT), y la necesidad de una red de mediciones en altitud de suficiente cobertura para la vigilancia del clima. Entre las deficiencias figuran algunas grandes extensiones de regiones continentales que no están vigiladas por ningún emplazamiento de radiosonda. Es fundamental reducir esas grandes lagunas en la cobertura de datos con radiosondas o, al menos, evitar que se amplíen.

Es fundamental mantener estaciones operativas de radiosondas y de globos piloto en las zonas donde se realizan menos observaciones de las Regiones I, II y III, teniendo presente que no se puede optimizar la cobertura con radiosondas independientemente de las observaciones realizadas desde aeronaves y de otros sistemas de observación.

Medida G7

Medida: Aumentar las estaciones de radiosonda, o reactivar las estaciones de radiosonda que no envían informes, en las zonas con escasez de datos de las Regiones I, II y III que disponen de la peor cobertura de datos. Hacer todo lo posible por evitar la clausura de las estaciones existentes en las zonas con escasez de datos, donde incluso un número muy reducido de estaciones de radiosonda pueden aportar un beneficio esencial a todos los usuarios.

Agente: SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida, junto con las asociaciones regionales.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Indicadores de vigilancia habituales utilizados en la predicción numérica del tiempo (PNT) (véase la nota al pie N° 17 en la sección 3.6).

Una de las mayores prioridades en relación con las necesidades de observación es añadir más observaciones de perfiles en muchas zonas con escasez de datos. Por tanto, deberían utilizarse las oportunidades que brinda el sistema AMDAR (véase la sección 5.3.1.3) para mejorar la cobertura de datos sobre viento y humedad, especialmente en zonas con escasez de datos, como son las zonas entre trópicos o el centro y sur de África. Ello implica recopilar perfiles de viento y temperatura adicionales en determinados aeropuertos, equipar adecuadamente a algunas de las aeronaves que vuelan regularmente con destino a ellos, así como la obtención de datos en altitudes de vuelo de crucero en dichas regiones.

Medida G8

Medida: Estudiar de nuevo los diseños de las redes de radiosondas (p.ej., emplear estaciones aisladas) teniendo en cuenta otras fuentes de datos disponibles, como el sistema AMDAR y los perfiladores de viento.

²⁶ Se incluyen las radiosondas, los globos piloto y las dropsondas

Agente: La CSB, mediante estudios de repercusión en la PNT y estudios de diseño de redes, en coordinación con SMN y SMHN, programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, otras Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida, junto con las asociaciones regionales.

Plazo: 2015 (o antes) para un primer rediseño.

Indicador de ejecución: Diseño elaborado y llevado a la práctica.

Varios estudios y campañas (véase la referencia al sistema AMMA en las actas del cuarto Cursillo OMM sobre el impacto de diversos sistemas de observación en la PNT²⁷) han mostrado que en algunos casos las predicciones numéricas del tiempo se pueden mejorar sustancialmente mediante la utilización de mediciones selectivas adicionales en zonas sensibles previamente calculadas (a partir de modos de PNT operativos). Aunque la red de radiosondas es operada desde puntos fijos, también se ha mostrado que se puede lograr una mayor eficacia variando el momento de la observación o la frecuencia de lanzamiento en algunos emplazamientos de radiosonda, según confirman las pruebas llevadas a cabo por el Sistema mixto de observación de la Red de Servicios Meteorológicos Europeos - EUMETNET (EUCOS²⁸). En los próximos años se podrán obtener buenos resultados haciendo que la red de radiosondas existente sea más adaptable o, al menos, más óptima en cuanto a cobertura espacio-temporal.

La red de radiosondas podría armonizarse respecto de las siguientes características: i) la hora de las observaciones efectuadas con radiosondas (p.ej., se podría cambiar de las 00 y 12 UTC a otras horas en respuesta a la meteorología local); ii) la distancia de los emplazamientos de radiosonda a los aeropuertos (donde se pueden obtener con facilidad datos AMDAR); iii) la serie temporal de las radiosondas necesaria para las aplicaciones climáticas en emplazamientos fijos y a intervalos regulares.

Medida G9

Medida: Continuar los estudios y las pruebas sobre la utilidad de las observaciones obtenidas mediante el aumento de la frecuencia de los lanzamientos de radiosondas en algunos emplazamientos de observación, en relación con la situación meteorológica en la zona.

Agente: SMN y SMHN, instituciones de investigación y otras organizaciones que operan redes de radiosondas u organizan experimentos sobre el terreno, con los centros de PNT. La CSB y la CCA dirigirán la medida.

Plazo: Continuo, con un calendario dependiente de las campañas regionales.

Indicador de ejecución: Número de emplazamientos de radiosonda capaces de convertirse en “adaptables” junto con el número de observaciones realizadas (vigilancia estándar).

Medida G10

Medida: Examinar la posibilidad de optimizar la red de radiosondas a fin de hacer que la cobertura de las observaciones convencionales en altitud sea más uniforme en cuanto a distribución espacial y temporal teniendo en cuenta todas las necesidades de los usuarios, y formular recomendaciones pertinentes a la CSB para la consiguiente actualización del Reglamento Técnico.

Agente: SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida, junto con las asociaciones regionales.

²⁷ http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Meetings/NWP-4-Geneva2008/Abridged_Version.pdf

²⁸ Véase <http://www.eucos.net/>

Plazo: 2015, después continuo.

Indicador de ejecución: Indicadores de vigilancia estándar.

5.3.1.1.2. Estaciones de la Red de observación en altitud del SMOC (ROAS) y de la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS)

La red de referencia denominada Red de observación en altitud del SMOC (ROAS) está formada por una selección de estaciones en altitud del RSBR/RCBR que son importantes para fines sinópticos y climatológicos. Las estaciones ROAS (en la actualidad 173) también se utilizan para validar datos satelitales. El SMOC está en proceso de coordinar la puesta en funcionamiento de una red de referencia en altitud para observaciones climáticas en altitud (RROAS) que se prevé que ofrezca mediciones a largo plazo muy precisas de los perfiles atmosféricos, complementadas por los instrumentos terrestres más avanzados a fin de caracterizar completamente las propiedades de la columna atmosférica y sus cambios. La RROAS está prevista como una red de entre 30 y 40 estaciones de observación de alta calidad, a largo plazo y en altitud, tomando como base otras redes existentes de observación, como la ROAS, la red de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG), la Red sinóptica básica regional (RSBR) y la Red de observación en superficie del SMOC (ROSS), y ofreciendo metadatos completos para la trazabilidad de las mediciones. Puesto que no existe otro sistema de observación en altitud capaz de ofrecer una referencia en puntos fijos (los datos de satélite y aeronave se obtienen en distintas posiciones de un día a otro), es muy importante mantener la ROAS y desarrollar la RROAS (véase también la sección 5.3.8.3).

Medida G11

Medida: Mejorar la calidad, disponibilidad y sostenibilidad de la Red de observación en altitud del SMOC (ROAS), garantizando el mantenimiento de la red existente y la calidad de los datos.

Agente: La CSB dirigirá la medida, en coordinación con el SMOC y los SMN y SMHN, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Indicadores de vigilancia estándar utilizados en la PNT.

Medida G12

Medida: Continuar la puesta en funcionamiento de la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS) mediante el apoyo y el desarrollo de las 15 estaciones iniciales hasta la compleción final de toda la red (entre 30 y 40 estaciones).

Agente: La CSB dirigirá la medida, en coordinación con el SMOC y los SMN y SMHN, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Indicadores de vigilancia estándar utilizados en la PNT e indicadores definidos en los requisitos de observación de la RROAS.

5.3.1.1.3. Mejor difusión

Los datos de algunas estaciones de radiosonda nunca se intercambian en tiempo real a nivel internacional en el Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT), aunque pueden ser intercambiados y archivados a nivel local y ponerse a disposición para fines climatológicos. En algunos casos, el intercambio de los datos en el SMT tiene lugar con una demora de varias horas, lo que reduce considerablemente su uso con fines operativos. En muchos casos, los datos no se ponen a disposición debido a problemas con el hardware de telecomunicaciones y a problemas de codificación del software.

Medida G13

Medida: Determinar las estaciones de radiosonda que realizan mediciones de forma regular (incluidas las radiosondas que solo funcionan durante campañas), pero para las cuales los datos no se transmiten en tiempo real, y hacer que los datos se pongan a disposición.

Agente: SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB y las asociaciones regionales dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de las mencionadas estaciones de radiosonda que ofrecen datos al SMT, además de los indicadores de vigilancia estándar sobre disponibilidad y oportunidad de los datos obtenidos por radiosonda.

5.3.1.1.4. Notificación de observaciones de alta resolución

Muchas observaciones de radiosondas son estrechadas (reducción de la resolución vertical de los perfiles medidos) antes de que se intercambien y asimilen a nivel internacional en tiempo real. En consecuencia, la PNT y otras aplicaciones no tienen acceso a los datos de radiosonda en alta resolución vertical, de los cuales podrían actualmente obtener importantes beneficios. Asimismo el usuario no tiene acceso a la posición y el tiempo exactos de cada dato. La elaboración de la clave BUFR para los datos de radiosonda ha sido impulsada primordialmente por la necesidad de afrontar esos problemas y probablemente contribuirá a resolver la mayoría de los problemas de difusión.

Medida G14

Medida: Garantizar una distribución oportuna de las mediciones de radiosonda a una resolución vertical alta, junto con información sobre la posición y el día y la hora para cada dato, y otros metadatos conexos.

Agente: SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB y las asociaciones regionales dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de emplazamientos de radiosonda que suministran los perfiles en alta resolución.

Esta medida consta de dos submedidas: i) codificar la observación de radiosonda en clave BUFR en alta resolución (en lugar de en clave BUFR o TEMP²⁹ en baja resolución); ii) transmitir la posición y el día y la hora de cada dato.

5.3.1.1.5. Observación de la estratosfera

Solo entre el 10% y el 20% de los perfiles operativos de radiosonda alcanza los 10 hPa (alrededor de 30 km de altitud). Salvo para algunas estaciones de la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS), cuya función también es servir de referencia para las observaciones realizadas en la estratosfera inferior, puede no resultar económico desplegar radiosondas para mediciones en la estratosfera debido al costo de llegar a gran altitud.

Los estudios de repercusiones en la PNT han demostrado que los datos de radiosonda por encima de 100 hPa ofrecen resultados positivos en las predicciones mediante la asimilación de los datos PNT, incluido en la predicción de campos troposféricos. Sin embargo, estos estudios se

²⁹ Formato FM-35 TEMP GTS: informe de observación en altitud de la presión, la temperatura, la humedad y el viento, proveniente de una estación terrestre fija

realizaron en un contexto en que no estaban asimilados ni los actuales datos de sondeadores satelitales ni los datos de ocultación radio del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS). Por consiguiente, habría que volver a analizar la cuestión de la utilidad de los datos de radiosonda por encima de los 100 hPa, reconociendo al mismo tiempo que es necesaria la continuidad de los datos por encima de esa presión para la vigilancia del clima.

Medida G15

Medida: Realizar estudios de repercusión en la PNT para evaluar los efectos de los datos de radiosonda obtenidos por encima de 100 hPa sobre la PNT global, en el contexto de los actuales sistemas de observación (2012).

Agente: Centros PNT, coordinados por el Equipo de expertos de la CSB sobre la evolución de los sistemas mundiales de observación en colaboración con la CCA.

Plazo: Antes del final de 2013.

Indicador de ejecución: Número de estudios independientes realizados.

Se necesitan experimentos de simulación de sistemas de observación para evaluar la repercusión en las predicciones troposféricas de una atmósfera "perfecta" en altitudes superiores a la correspondiente a 100 hPa. La idea es ofrecer una estimación cuantitativa del máximo beneficio que se podría obtener en la PNT a través de una mejor observación de la estratosfera. Los experimentos de simulación de sistemas de observación realizados con un número variable de emplazamientos de radiosondas (que suministren datos de altitudes superiores a la correspondiente a 100 hPa) podrían compararse con ese límite superior.

Medida G16

Medida: Realizar experimentos de simulación de sistemas de observación para evaluar la repercusión en las predicciones troposféricas de una mejor información en altitudes superiores a la correspondiente a 100 hPa.

Agente: Centros PNT, coordinados por el Equipo de expertos de la CSB sobre la evolución de los sistemas mundiales de observación en colaboración con la CCA.

Plazo: Antes del final de 2013.

Indicador de ejecución: Número de experimentos independientes de esta clase llevados a cabo.

5.3.1.2. Estaciones perfiladoras de teledetección en altitud

Está surgiendo una serie de técnicas de teledetección para medir algunas partes del perfil atmosférico de viento, temperatura y humedad. Los perfiladores de viento de radar se emplean en muchas regiones de forma operativa. También hay muchas regiones en las que se pueden obtener perfiles verticales de viento a partir de radares meteorológicos Doppler, mientras que en algunas regiones se están introduciendo el lidar Doppler y los radiómetros de microondas. Algunos dispositivos se pueden utilizar para medir aerosoles, propiedades de las nubes y elementos en trazas en la atmósfera. Los datos de los nefobasímetros se utilizan para vigilar la altura de la capa límite planetaria y las cenizas volcánicas. GALION (Red de observación de aerosoles con lidar de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG)) es una red de redes regionales lidar para la observación de aerosoles atmosféricos. Véase: <http://alg.umbc.edu/galion/>

En comparación con las mediciones de radiosonda, las observaciones de teledetección están aportando datos con mucha mayor frecuencia. Sin embargo, actualmente están muy limitadas en lo tocante a cobertura de datos. Solo un número muy reducido de sistemas son técnicamente capaces de medir perfiles atmosféricos desde la capa límite hasta la estratosfera. La mayoría de los perfiladores miden únicamente una variable en una parte de la atmósfera, por ejemplo, el viento en la capa límite. En el futuro, está previsto que la gran variedad de instrumentos perfiladores se desarrolle y se utilice por un creciente número de aplicaciones, lo cual es

importante desde el punto de vista de la complementación de los perfiles de radiosondas y aeronaves en la troposfera inferior y superior. Sería una ventaja desarrollar a nivel regional una red homogénea de estaciones perfiladoras de teledetección con unos pocos emplazamientos que integran una amplia gama de instrumentos y efectuaran observaciones simultáneas de, por ejemplo, viento, temperatura y humedad.

En vista de los futuros sistemas de observación integrados, en lo que concierne a los factores temporales y espaciales, se podrían iniciar experimentos de simulación de sistemas de observación para evaluar la repercusión de distintas estaciones perfiladoras de teledetección, a fin de optimizar la observación de perfiles de observaciones en altitud, y en particular de ofrecer orientación para el diseño de redes integradas.

Medida G17

Medida: Desarrollar redes de estaciones perfiladoras de teledetección a escala regional a fin de complementar los sistemas de observación de radiosondas y de aeronaves, principalmente sobre la base de necesidades regionales, nacionales y locales de los usuarios (si bien parte de los datos medidos se utilizarán a nivel mundial).

Agente: Organizaciones que operan estaciones perfiladoras en modo ordinario o de investigación, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales, Comisiones Técnicas (principalmente la CCA, la CSB y la CIMO) y otras instituciones regionales (p.ej. EUMETNET en Europa). La CSB dirigirá la medida, en colaboración con la CIMO, la CCA y asociaciones regionales.

Plazo: Continuo. Las asociaciones regionales se encargarán de establecer plazos detallados a nivel regional.

Indicador de ejecución: Número de estaciones perfiladoras que suministran datos de calidad probada en tiempo real al SIO/SMT.

Los planes globales de asimilación de datos son capaces de asimilar observaciones que se producen cada hora, o incluso con mayor frecuencia, y de sacar provecho de esas observaciones frecuentes incluso si son producidas por un número muy limitado de estaciones perfiladoras en todo el mundo. Es útil intercambiar a nivel mundial los perfiles de datos producidos cada hora (o al menos parte de ellos). Se prevé que para este fin estará disponible una representación adecuada de los datos en clave BUFR.

Medida G18

Medida: Garantizar, en la medida de lo posible, el procesamiento requerido y el intercambio de los datos de los perfiladores para su uso a nivel local, regional y mundial. Cuando los datos de los perfiladores puedan producirse con mayor frecuencia que una hora, se podrá intercambiar a nivel mundial un conjunto de datos que contenga únicamente las observaciones producidas cada hora con arreglo a los principios SIO.

Agente: Organizaciones que operan estaciones perfiladoras en modo ordinario o de investigación, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales, Comisiones Técnicas (principalmente la CCA, la CSB y la CIMO) y otras instituciones regionales (p.ej. EUMETNET en Europa). La CSB dirigirá la medida, junto con las asociaciones regionales.

Plazo: Continuo. Las asociaciones regionales se encargarán de establecer plazos detallados a nivel regional.

Indicador de ejecución: Número de estaciones perfiladoras que intercambian datos a nivel mundial.

5.3.1.3. Estaciones meteorológicas de aeronave

En el hemisferio norte, los datos meteorológicos obtenidos de estaciones de aeronave, especialmente los datos automáticos producidos por el sistema de retransmisión de datos

meteorológicos de aeronaves (AMDAR), son un excelente complemento para los datos obtenidos de redes de radiosondas. Este sistema produce datos de perfil vertical en las proximidades de los aeropuertos y datos de un solo nivel cuando las aeronaves se encuentran en altitudes de vuelo de crucero. A través de los estudios de repercusión en la PNT se ha mostrado que la repercusión de esos datos en las predicciones numéricas son de magnitud similar a la de los datos de las redes de radiosondas. En el hemisferio sur y en los trópicos la cobertura de datos de aeronaves es muy pobre aunque existen posibilidades de desarrollarla, preferiblemente de un modo complementario a las redes AMDAR y de radiosondas existentes.

La ampliación de la cobertura de datos de observaciones de aeronave es importante y puede lograrse mediante la ampliación del programa a nuevas líneas aéreas y aeronaves que operen en zonas con escasez de datos. La cobertura del programa también se puede mejorar en gran medida mediante un proceso de optimización, lo cual puede lograrse a través de dos actividades generales. Una primera actividad puede encaminarse a la ampliación de los programas en vigor de modo que las aeronaves que operen a nivel internacional sean activadas para la notificación de datos fuera de zonas nacionales o regiones que suelen estar restringidas por limitaciones de los programas nacionales. La segunda actividad puede promover las capacidades de los programas para controlar la producción de datos a través de un mayor desarrollo y aplicación de sistemas automáticos de optimización de datos, los cuales, al tiempo que permiten que el programa se amplíe de forma eficiente fuera y a través de fronteras internacionales con los acuerdos apropiados en vigor, también ofrecerá posibilidades de utilizar el sistema AMDAR como una red de observación adaptable (capacidad para modificar el régimen de notificaciones en función de los objetivos cambiantes de las áreas de programa).

Medida G19

Medida: Mejorar la cobertura de retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves (AMDAR) sobre zonas para las que actualmente se dispone de pocos datos, especialmente en las Regiones I y III, centrándose en el suministro de datos en aeropuertos en los trópicos y en el hemisferio sur, donde más se necesitan perfiles verticales como complemento de la actual cobertura de los datos de radiosondas y de su probable evolución.

Agente: SMN y SMHN en colaboración con aerolíneas comerciales y de otro tipo, y asociaciones regionales. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de aeropuertos donde se efectúan mediciones AMDAR. Volumen de perfiles verticales y datos AMDAR en general, medidos por los indicadores habituales de los programas AMDAR actuales.

Medida G20

Medida: Ampliar el Programa de retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves (AMDAR) de modo que equiepe y active más flotas y aeronaves que operen a nivel internacional (es decir, flotas y aeronaves que realicen vuelos a y entre aeropuertos internacionales fuera del país de origen) y amplíen el uso de los sistemas de optimización de datos en apoyo de una mejor cobertura y eficiencia de las observaciones en altitud, así como de la funcionalidad adaptable del sistema.

Agente: SMN y SMHN, en colaboración con aerolíneas comerciales y de otro tipo, asociaciones regionales, la CSB y la Gestión del Programa AMDAR. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de aeropuertos donde se realizan mediciones AMDAR, y número de perfiles verticales diarios realizados en cada aeropuerto. Número de aerolíneas internacionales y aeronaves equipadas para suministrar observaciones AMDAR. Adaptabilidad del programa AMDAR.

Medida G21

Medida: Habida cuenta de la naturaleza del sistema de observación desde aeronaves como componente cada vez más fundamental y básico del Sistema Mundial de Observación (SMO), tratar de concertar acuerdos con aerolíneas y con el sector de la aviación para garantizar que el sistema, infraestructura, datos y protocolos de comunicaciones cuenten con apoyo y estén normalizados en los marcos pertinentes del sector de la aviación de modo que se asegure la continuidad y fiabilidad del sistema.

Agente: SMN y SMHN, en colaboración con aerolíneas nacionales y de otro tipo y el sector de la aviación, asociaciones regionales, la CSB y la Gestión del Programa AMDAR. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Acuerdos concertados con asociados y organizaciones del sector de la aviación.

Los datos producidos por sensores de humedad se utilizan actualmente de modo operativo desde un número cada vez mayor de aeronaves tanto en los Estados Unidos de América como en Europa, y continuar esos progresos tiene carácter decisivo y estratégico para la convergencia hacia sistemas que midan tanto la humedad como la presión del aire (altitud de presión), la temperatura y el viento, de igual forma que lo hacen las radiosondas. Con esa ampliación se brindarán más oportunidades de reestructurar los sistemas de observación en altitud en aras de la eficiencia y una mayor cobertura.

Medida G22

Medida: Continuar el desarrollo y la utilización operativa de sensores de humedad como componente integrado del sistema AMDAR a fin de garantizar que los datos de humedad sean procesados y transmitidos del mismo modo que los de viento y temperatura.

Agente: SMN y SMHN, en colaboración con aerolíneas comerciales y de otro tipo, Comisiones Técnicas (CSB y CIMO) y la Gestión del Programa AMDAR. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de datos de humedad suministrados en tiempo real.

El menor costo de las observaciones de aeronaves en comparación con la información de radiosondas así como la reducida fiabilidad de los sistemas e infraestructuras terrestres hacen de ellas un candidato ideal como sistema para la ampliación rápida y fiable de las observaciones en altitud para países en desarrollo en apoyo de los usuarios de los datos a nivel local, regional y mundial. La ampliación debería llevarse a cabo en paralelo con las medidas de desarrollo necesarias para facilitar el suministro y la utilización de los datos.

Asimismo se realizan observaciones de turbulencia y congelación en algunas aeronaves y sería conveniente ampliar esta capacidad del sistema AMDAR con esos parámetros en apoyo de las operaciones y seguridad de la aviación, así como de otras aplicaciones meteorológicas.

Medida G23

Medida: Mejorar y ampliar la capacidad para comunicar observaciones de variables de turbulencia y congelación atmosféricas como componente integrado del sistema AMDAR en consonancia con las necesidades de las áreas de programa pertinentes y de los usuarios de los datos.

Agente: SMN y SMHN, en colaboración con aerolíneas y Comisiones Técnicas (CSB y CIMO) y la Gestión del Programa AMDAR, y asociaciones regionales. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de aeronaves que ofrecen datos de turbulencia y congelación atmosféricas en tiempo real.

Otra fuente de importante progreso potencial son las iniciativas de investigación y desarrollo asociadas a los sistemas AMDAR para pequeñas aeronaves, denominadas generalmente como aeronaves de aviación general (AG). Esas aeronaves suelen volar y generar datos de nivel en la troposfera media y son operadas en cortos trayectos de vuelos regionales. Este tipo de observación tendría utilidad para fines regionales y locales y también podría contribuir a la cobertura mundial de datos. Se debería dar prioridad a equipar aeronaves que vuelen sobre, hacia y desde islas alejadas y lugares remotos donde no se dispone de observaciones de radionsondas, p.ej., desiertos, islas y el Ártico. La repercusión de los conjuntos de datos existentes (obtenidos de la implantación del sistema de comunicaciones comerciales y de sensores) en los modelos PNT de alta resolución ha sido evaluada y comparada con la de otros sistemas de observación como perfiladores y radares. Los resultados son alentadores: véase por ejemplo Moninger et al. (2010) y Benjamin et al. (2010). A pesar de diversos obstáculos técnicos, los sistemas AMDAR para aeronaves de aviación general tienen realmente posibilidades de contribuir a la mejora de la cobertura de datos de los perfiles verticales de las mediciones AMDAR (viento, temperatura, humedad, turbulencia y congelación) en la troposfera inferior y se debería tratar de lograr esa evolución teniendo en cuenta al mismo tiempo las posibilidades de las tecnologías nuevas y en desarrollo como la vigilancia dependiente automática por radiodifusión (ADS-B) y el Modo S.

Medida G24

Medida: Desarrollar y aplicar de forma operativa sistemas AMDAR que estén adaptados a pequeñas aeronaves que operen a escala regional y vuelen a baja altitud en la troposfera.

Agente: Aerolíneas que operen pequeñas aeronaves, SMN, SMHN en colaboración con asociaciones regionales, la CSB y la Gestión del Programa AMDAR. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de pequeñas aeronaves que suministran en tiempo real observaciones AMDAR obtenidas con carácter operativo.

Las mediciones de composición atmosférica para diversas sustancias, aerosoles y cenizas volcánicas se realizan en algunas aeronaves, pero más en modo de investigación que en modo operativo. Las medidas relativas a la química atmosférica se documentan en la sección 5.3.8.4.

5.3.1.4. Estaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG)

Las observaciones en superficie de la composición atmosférica, complementadas por mediciones de aeronaves (véase 5.3.8.4), contribuirán a crear, junto a la componente espacial, una red tridimensional de observación de la química atmosférica. Hay redes que realizan mediciones periódicas de ozono (perfil y total) así como de muchos otros gases y aerosoles (véase el Plan estratégico³⁰ y el addendum³¹ de la VAG para consultar la lista completa de variables). Las tareas que se sugieren para el mantenimiento y la mejora de las redes y para el aumento de la cobertura en los trópicos y el hemisferio sur también deberían apoyarse para otras aplicaciones. Además, cuando sea conveniente se recomienda que las observaciones de la composición atmosférica se procesen y difundan en tiempo casi real, a fin de utilizarlas en diversas aplicaciones.

³⁰ <ftp://ftp.wmo.int/Documents/PublicWeb/arep/gaw/gaw172-26sept07.pdf>

³¹ http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/FINAL_GAW_197.pdf

Medida G25

Medida: Alentar a los directores de los programas nacionales de observaciones meteorológicas a que amplíen el alcance de las estaciones que realizan esas observaciones para que en ellas se incluyan las de la química atmosférica.

Agente: SMN y SMHN y organizaciones y organismos de investigación respectivos que realizan observaciones de la composición atmosférica, en coordinación con Comisiones Técnicas (especialmente la CCA y la CSB) y asociaciones regionales. La CCA y la CSB dirigirán la medida, junto con las asociaciones regionales.

Plazo: Continuo. El calendario se definirá para cada asociación regional.

Indicador de ejecución: Número de estaciones de observación de la composición atmosférica.

5.3.1.5. Estaciones receptoras del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS)

Al igual que ocurre con los perfiladores atmosféricos, son pocas las regiones del mundo donde han estado operativas redes de estaciones receptoras terrestres del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS). La principal aplicación de esas redes generalmente no es meteorológica. Aunque son muy heterogéneas en cuanto a calidad y prácticas de observación, se ha extraído y recopilado información meteorológica de algunas estaciones en tiempo real. Sus comienzos datan de 2006 y la información meteorológica se ha asimilado en la PNT operativa (tanto mundial como regional) ya sea en forma de vapor de agua integrado (total en la vertical) o bien en forma de demora total en el cenit. La demora total en el cenit contiene tanto la “demora por humedad” (debida al vapor de agua) y la “demora por sequedad” directamente relacionada con la densidad del aire (la densidad del aire está directamente relacionada con la presión en superficie). Se ha demostrado que las observaciones meteorológicas terrestres del GNSS tienen una repercusión positiva en las predicciones numéricas (en los campos de vapor de agua, precipitación y presión atmosférica). Véase la nota al pie relativa al taller (sobre los estudios de impacto) en la sección 4 para consultar una síntesis de los experimentos de los sistemas de observación (OSE).

Las estaciones receptoras en tierra en la mayoría de los países son propiedad de organismos distintos del SMHN y están operadas por ellos. De ahí que el acceso a los datos, el proceso de producción de los datos meteorológicos y el permiso de utilización y redistribución de los datos dependen del tipo de colaboración que el SMHN establezca (a título individual o en agrupaciones multilaterales) con los propietarios/operadores. En muchos casos el SMHN (a título individual o en agrupaciones multilaterales) carece de permiso para intercambiar los datos con otros Miembros de la OMM.

En lo que atañe a este sistema de observación, relativamente nuevo en meteorología, una importante medida consiste en explotar con mayor intensidad el contenido meteorológico de las estaciones receptoras existentes del GNSS (en la forma de vapor de agua integrado o demora total en el cenit). No se necesita para ello implantar nueva infraestructura. Además, resultaría muy provechoso para mejorar la observación de la humedad en altitud con redes de receptores más densas, teniendo en cuenta todos los demás instrumentos utilizados en la observación de la humedad en altitud, y estudiando especialmente las zonas donde la climatología está sujeta a rápidas variaciones (en espacio y tiempo) del contenido de vapor de agua atmosférico.

El contenido electrónico total (TEC), junto con una determinada trayectoria de propagación, también se pueden medir haciendo un seguimiento del retardo temporal y el cambio de fase de las señales radioeléctricas del GNSS recibidas por un receptor en tierra, para la vigilancia ionosférica. Por ejemplo, las observaciones terrestres GPS y GLONASS de alta velocidad procedentes del Servicio Internacional del GNSS se efectúan cada 15 minutos con un retardo típico de

entre 2 y 3 minutos. Esta información resulta útil para la vigilancia de la meteorología del espacio (véase la sección 7).

Medida G26

Medida: Sacar mayor provecho de las estaciones receptoras del GNSS mediante la concertación de acuerdos de colaboración con los propietarios y operadores de las estaciones para conseguir acceso, procesar y compartir datos en tiempo real a fin de obtener información meteorológica o ionosférica (demora total en el cenit, vapor de agua integrado, contenido electrónico total (TEC)).

Agente: Los SMN y SMHN (a título individual o en agrupaciones multilaterales) dirigirán la medida y necesitarán colaborar con los propietarios y operadores de las estaciones, junto con las asociaciones regionales (para definir los criterios del intercambio) y Comisiones Técnicas (para conseguir la orientación pertinente).

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de estaciones receptoras del GNSS que ponen a disposición sus datos en tiempo real; número de estaciones que se pueden utilizar en la PNT con arreglo a los criterios de vigilancia habituales (véase la nota al pie N° 17 en la sección 3.6).

Medida G27

Medida: Organizar el intercambio mundial de datos de un subconjunto de estaciones receptoras del GNSS, tratando de satisfacer un requisito de frecuencia de alrededor de una hora (para satisfacer las necesidades de las aplicaciones mundiales).

Agente: Organizaciones y organismos de investigación que operan estaciones receptoras del GNSS, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales, Comisiones Técnicas (especialmente la CCA y la CSB) y otras organizaciones internacionales (p. ej. EUMETNET). La CSB dirigirá la medida junto con las asociaciones regionales.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de estaciones receptoras del GNSS cuyos datos se intercambian a nivel mundial en tiempo real.

Medida G28

Medida: Optimizar la observación de vapor de agua en altitud sobre tierra, considerando la posibilidad de establecer colaboraciones con otras estaciones receptoras del GNSS, así como con los demás sistemas de observación de la humedad.

Agente: Organizaciones y organismos de investigación que operan estaciones receptoras del GNSS, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales, Comisiones Técnicas (especialmente la CCA y la CSB) y otras organizaciones internacionales (p.ej., EUMETNET). Los SMN y SMHN dirigirán la medida junto con las asociaciones regionales.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de estaciones receptoras del GNSS que ponen sus datos a disposición en tiempo real; número de estaciones que se pueden utilizar en la PNT con arreglo a los criterios de vigilancia habituales (véase la nota al pie 17 en la sección 3.6).

5.3.2. Sistemas de observación en superficie sobre tierra

5.3.2.1. Estaciones sinópticas y climáticas en superficie

Las estaciones “sinópticas” son estaciones de observación originalmente desarrolladas para tratar de satisfacer las necesidades de la meteorología sinóptica y otras aplicaciones (p.ej. meteorología aeronáutica, vigilancia del clima, fenómenos meteorológicos extremos y reducción de riesgos de

desastre), dando a entender por “sinópticas” que esas estaciones pertenecen a un conjunto de estaciones que ofrecen observaciones al mismo tiempo, lo que permite realizar un análisis del tiempo en una gran zona geográfica en un momento dado.

Las observaciones en superficie terrestre se obtienen de una gran variedad de redes in situ, y satisfacen las necesidades de muchos ámbitos de aplicación. Las estaciones sinópticas y climatológicas en superficie proporcionan mediciones en la interfaz entre la atmósfera y la superficie terrestre, así como cualesquiera otras observaciones cuantitativas o cualitativas relacionadas con fenómenos atmosféricos o ambientales, tales como visibilidad, tiempo presente, altura de las nubes, tipo de nubes, tormentas, relámpagos, tipo de precipitación, que cada vez son más importantes para las nuevas aplicaciones socioambientales. Para iniciar modelos de predicción numérica del tiempo (PNT), las variables importantes son la presión en superficie, el viento de superficie, la temperatura y humedad del aire, la precipitación y el estado del suelo, incluidos el espesor de la nieve y la humedad del suelo. La mayoría de esas variables se pueden asimilar en los modelos PNT con una frecuencia horaria y, por tanto, el intercambio mundial de esos datos se debería adaptar en consecuencia. Existen asimismo muchas variables que atienden plenamente las necesidades de la comunidad de los servicios climáticos, y existe una creciente necesidad de que las mediciones se realicen con gran frecuencia y de que la transmisión y la recopilación de los datos se lleven a cabo en tiempo real. Esto se aplica, sin limitarse a ellas, a las variables climáticas esenciales enumeradas en el Plan de ejecución del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC). Además se están estableciendo estaciones climáticas de referencia a fin de suministrar las observaciones de mayor calidad para la vigilancia del clima al tiempo que se apoya la predicción mediante la transmisión horaria de los datos. La vigilancia del balance de radiación de superficie depende en gran medida de las estaciones en superficie de la red de referencia para la medición de radiaciones en superficie³², red que se debería ampliar y asegurar. Asimismo se deben tener en cuenta las mediciones de radiación y de flujo de energía (p.ej. de Fluxnet).

Medida G29

Medida: Ampliar la red de referencia para la medición de radiaciones en superficie hasta lograr una cobertura mundial.

Agente: SMN y SMHN y organizaciones de investigación, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de estaciones de la red de referencia para la medición de radiaciones en superficie.

Medida G30

Medida: Garantizar, en la medida de lo posible, el intercambio mundial de las variables medidas por estaciones de observación en superficie (incluidas las estaciones climatológicas) con al menos una frecuencia de una hora y en tiempo real.

Agente: SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Porcentaje de observaciones intercambiadas a nivel mundial con una frecuencia de una hora (con respecto al número de estaciones que realizan observaciones cada hora).

Cada vez es mayor el número de variables que se miden de forma automática con la calidad requerida. La tendencia a la automatización es alentadora, puesto que con ella se podría mejorar la compatibilidad y cobertura de los datos, especialmente de lugares remotos, y la frecuencia y

³² <http://www.bsrn.awi.de/>

disponibilidad de los datos en tiempo real. Actualmente muchas observaciones realizadas rutinariamente no se distribuyen en tiempo real, si bien las necesidades se documentan en el examen continuo de las necesidades, y la automatización brinda realmente nuevas oportunidades de difusión de variables que en el pasado se recopilaban pero no se compartían en tiempo real.

Al tratar la creciente tendencia a la automatización de las observaciones, la CSB y la CIMO han elaborado directrices y procedimientos para realizar la transición de las estaciones meteorológicas manuales a las estaciones meteorológicas automáticas (terrestres y marinas). Cuando se publiquen, se podrán consultar en el sitio web de la OMM³³.

Medida G31

Medida: Mejorar la compatibilidad, la disponibilidad (también con mayor frecuencia) y la cobertura de los datos de las observaciones en superficie (incluidas las climatológicas) mediante una gestión de calidad, la automatización y el intercambio de datos en tiempo real, en la mayor medida posible de todas las estaciones operativas.

Agente: SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Porcentaje de estaciones que distribuyen observaciones de calidad evaluada en tiempo real a través del SIO/SMT (respecto del número de estaciones que producen observaciones).

Varias observaciones se efectúan y transmiten de forma rutinaria, pero el intercambio se realiza en formatos que no son adecuados para contener los metadatos necesarios para su uso apropiado en la asimilación de datos y otros instrumentos. Esto es especialmente cierto en relación con la presión atmosférica, cuya medición generalmente es muy exacta, pero no se puede utilizar sin la información precisa de la altura del barómetro. Otro ejemplo de información de metadatos necesaria es la altura (por encima de la superficie) donde se realiza la medición del viento. También a veces se transmiten, sin los metadatos adecuados, otras variables como la temperatura y la precipitación y otros elementos para los servicios climáticos.

Las acciones dirigidas a mejorar la calidad, la consistencia y la disponibilidad de las observaciones en superficie (incluidas las climatológicas) son particularmente importantes para las aplicaciones climáticas y contribuirán a elaborar largas series temporales de observaciones y reanálisis. Todas las medidas del Plan de ejecución del SMOC (sección que trata las observaciones en superficie del ámbito atmosférico) se deben apoyar también para las aplicaciones no climáticas.

Medida G32

Medida: Garantizar que las variables medidas por estaciones en superficie (incluidas las climatológicas) se intercambien junto con el acceso a los metadatos pertinentes de acuerdo con las normas SIO y WIGOS. Se debería prestar especial atención a la incertidumbre relativa a la altitud del barómetro.

Agente: SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Los indicadores de vigilancia habituales (véase la nota al pie N° 17 en la sección 3.6).

³³ <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications-IOM-series.html>

Medida G33

Medida: Mejorar el diseño de la Red sinóptica básica regional (RSBR) y la Red climatológica básica regional (RCBR), esforzándose al máximo por conservar las estaciones importantes para la observación del clima.

Agente: La CSB dirigirá la medida utilizando los adecuados estudios de repercusión en la PNT y estudios de diseño de redes, en coordinación con SMN y SMHN, programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, otras Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes.

Plazo: 2015.

Indicador de ejecución: Diseño elaborado y puesto en práctica.

5.3.2.2. Estaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG)

Las observaciones en superficie de la composición atmosférica contribuyen a crear una red tridimensional integrada de observación de la química atmosférica, junto con las estaciones de medición en altitud (estaciones terrestres, aeronaves y globos, véanse las secciones 5.3.1.4 y 5.3.8.4) y un componente espacial. Las observaciones en superficie de CO₂ y CH₄ por ejemplo son muy importantes para señalar las fuentes y los sumideros de esos componentes así como para comprender las influencias radiactivas sobre el clima (véanse las referencias a los documentos sobre la VAG en la sección 5.3.1.4, y también el Plan de ejecución del SMOC). La red de observación en superficie para las variables de la química atmosférica es claramente insuficiente para satisfacer las necesidades mundiales de observación. En el Plan estratégico de la VAG y su addendum se señalan las prioridades respecto de las distintas tareas para las observaciones en superficie de gases traza y aerosoles (véanse asimismo las referencias de la sección 5.3.1.4).

En 2025 los modelos utilizados para la PNT y para el clima y la composición atmosférica serán cada vez más importantes para la proyección climática y la predicción meteorológica química. En apoyo de esto, será importante integrar progresivamente las correspondientes redes de observación, de modo que las observaciones de la composición atmosférica se pongan a disposición en tiempo casi real.

Medida G34

Medida: Poner en práctica cuanto antes un intercambio en tiempo casi real de las observaciones de la composición atmosférica efectuadas en las estaciones en superficie. Para llevar a cabo esta difusión, seguir las recomendaciones de la VAG y las prácticas WIGOS y SIO, así como las prácticas estándar de evaluación de la calidad.

Agente: Organizaciones y organismos de investigación que realizan observaciones de la composición atmosférica, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas. La CCA y la CSB dirigirán la medida, junto con las asociaciones regionales.

Plazo: Continuo. El calendario se establecerá para cada asociación regional.

Indicador de ejecución: Número de estaciones en superficie de observación de la composición atmosférica que ponen a disposición datos de calidad evaluada en tiempo real.

5.3.2.3. Estaciones de la Vigilancia de la Criosfera Global

El recientemente creado programa de Vigilancia de la Criosfera Global (VCG) pondrá en marcha una red de observación de la criosfera global llamada "CryoNet", integrada por emplazamientos de referencia o "superemplazamientos" en regiones de clima frío que ejecutará un programa continuo y normalizado de observación y vigilancia en cada emplazamiento de tantas variables de la criosfera como sea posible. Inicialmente, la red se basará en los programas existentes de

observación de la criosfera o agregará observaciones normalizadas de la criosfera a los centros existentes, como parte de observatorios del medio ambiente en superemplazamientos. A instancias del SMOC, el SVCG facilitará el establecimiento de superemplazamientos en latitudes altas, en los que se medirán simultáneamente variables fundamentales, especialmente el permafrost y la capa de nieve, lo que fortalecerá las redes de SMOC/SMOT para el permafrost (GTN-P), los glaciares (GTN-G) y la hidrología (GTN-H). Las estaciones de Vigilancia de la Atmósfera Global en climas fríos son candidatos lógicos. Los emplazamientos de referencia de CryoNet proporcionarán conjuntos de datos a largo plazo para la vigilancia de la variabilidad del clima y el cambio climático, una mejor parametrización de los modelos de los procesos de la criosfera, y apoyo para la elaboración y validación de productos satelitales y modelos de predicción, climáticos, hidrológicos y criosféricos. El Equipo de CryoNet del Grupo de trabajo sobre sistemas de observación de la VCG elaborará procedimientos formales para el establecimiento de la red VCG, evaluará posibles superemplazamientos y determinará la disponibilidad de los datos.

Medida G35

Medida: Poner en funcionamiento cuanto antes una red de emplazamientos de referencia de observación de la criosfera global “CryoNet”.

Agente: Organizaciones, institutos y organismos de investigación que lleven a cabo la observación y la vigilancia de la criosfera, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, según proceda. El Equipo CryoNet dirigirá la medida. La Junta Asesora y la Junta Directiva de la VCG supervisarán la medida.

Plazo: 2014.

Indicador de ejecución: Número de emplazamientos de referencia que forman parte de CryoNet.

Medida G36

Medida: Proporcionar, en la medida de lo posible, un intercambio en tiempo real o casi real de los datos de la criosfera de CryoNet. Para poner en práctica esa difusión, seguir las prácticas GCW, WIGOS y SIO, así como las prácticas y el archivo estándares de evaluación de la calidad.

Agente: Organizaciones, institutos y organismos de investigación que lleven a cabo la observación y la vigilancia de la criosfera, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, según proceda. El Equipo CryoNet dirigirá la medida. La Junta Asesora y la Junta Directiva de la VCG supervisarán la medida.

Plazo: 2014.

Indicador de ejecución: Número de estaciones de CryoNet que ponen a disposición datos de calidad evaluada.

5.3.2.4. Sistemas de detección de relámpagos

Los sistemas terrestres de detección y seguimiento de relámpagos en tiempo real (total o exclusivamente “de las nubes a tierra”) han demostrado su valor como indicadores tempranos de la ubicación y la intensidad de la convección que se está desarrollando, y también del desplazamiento de las tormentas. Especialmente en relación con la predicción inmediata, el aviso de fenómenos meteorológicos extremos y las aplicaciones de aviación, estos sistemas de observación pueden lograr aumentos en el plazo de preaviso asociado con tormentas extremas. La cobertura de datos necesaria para la aviación es prácticamente global. Los sistemas avanzados de detección y seguimiento de relámpagos también ofrecen para la aviación la estructura 3D de la actividad eléctrica.

En 2025 se puede prever que existirán sistemas de detección de relámpagos de largo alcance que ofrezcan datos globales rentables y homogéneos, con gran exactitud de ubicación, que mejoren

sustancialmente la cobertura de datos en zonas con escasez de datos. También se deberían implantar sistemas de detección de relámpagos de alta resolución en algunas áreas específicas, para aplicaciones especiales, que determinen con mayor exactitud el emplazamiento, y hagan distinción entre nube a nube y nube a tierra.

Medida G37

Medida: Mejorar la eficiencia en la detección global de relámpagos mediante una mayor implantación de sistemas de detección de relámpagos de largo alcance y la introducción de más sistemas de ese tipo. Se debería dar prioridad a subsanar deficiencias en zonas pobladas y a lo largo de las rutas aéreas comerciales.

Agente: SMN y SMHN y organismos que operan sistemas de detección de relámpagos de largo alcance, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB y la CIMO, que dirigirán conjuntamente la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Cobertura de datos para este tipo de observaciones.

Medida G38

Medida: Desarrollar y aplicar técnicas para la integración de los datos de detección de relámpagos de los distintos sistemas, incluidos los sistemas en superficie y espaciales, a fin de permitir que se pongan a disposición productos compuestos.

Agente: SMN y SMHN y organismos que operan sistemas de detección de relámpagos, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB y la CIMO, que dirigirán conjuntamente la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Nivel de integración de los sistemas de detección de relámpagos.

Medida G39

Medida: Mejorar el intercambio en tiempo real de los datos de detección de relámpagos mediante el establecimiento y la aplicación de protocolos acordados para el intercambio de los datos.

Agente: SMN y SMHN y organismos que operan sistemas de detección de relámpagos, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB y la CIMO.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Porcentaje de observaciones intercambiadas a nivel regional y mundial.

5.3.2.5. Estaciones en superficie que prestan servicio a aplicaciones específicas

Muchas redes de observación específicas se han desarrollado (y todavía siguen desarrollándose) para supervisar aplicaciones locales, por ejemplo para la observación de variables del tiempo a lo largo de carreteras, autopistas o vías de ferrocarril, o dentro de ciudades y aeropuertos y en sus alrededores, para cultivos agrícolas u hortícolas o necesarias para la generación de energía eléctrica. Este conjunto de redes es muy heterogéneo en lo que concierne a variables observadas, prácticas de observación, normas y frecuencia de las observaciones. Sin embargo, esos datos son elementos esenciales para satisfacer las necesidades de los servicios climáticos y son muy útiles no solo para su principal aplicación sino también para muchas otras aplicaciones a mayor escala documentadas en el examen continuo de las necesidades, incluso para los modelos globales y de alta resolución.

En los años venideros será necesario prestar una atención específica a las mediciones en el entorno urbano, al menos por dos motivos: i) la vigilancia de la variabilidad del clima y el cambio climático es importante en las zonas donde surgen problemas concretos de adaptación;

ii) la verificación y validación de la predicción numérica del tiempo (PNT) y los modelos de calidad del aire que probablemente se aplicarán de forma operativa en zonas limitadas centradas en grandes ciudades; es probable que esos modelos se conviertan en un importante instrumento de la vigilancia de la variabilidad del clima y del cambio climático además de desempeñar una función en la predicción meteorológica y de contaminación del aire a corto plazo.

Probablemente, tales observaciones y modelos específicos serán necesarios no solo en las inmediaciones de grandes aglomeraciones urbanas sino también en las proximidades de aeropuertos importantes, donde las necesidades de la aviación pueden conllevar el desarrollo de redes específicas de alta resolución para la vigilancia y predicción temprana de fenómenos extremos.

La mayoría de los mencionados sistemas específicos de observación son completamente automáticos, utilizan tecnologías modernas y suelen producir observaciones con una frecuencia alta. A fin de que esos sistemas sean de utilidad para un amplio abanico de usuarios, deberá existir una planificación coordinada respecto de los adecuados códigos y representación de los datos y prácticas de notificación, y de las normas aprobadas de QM/QA³⁴ de los datos y los metadatos. Además, se deberían elaborar normas para el procesamiento de los datos a fin de producir conjuntos definidos en función de las observaciones que necesitan los distintos usuarios (a nivel local, nacional, regional y mundial).

Se pueden obtener beneficios mutuos de la cooperación con las instalaciones de energías renovables, que precisan la vigilancia de su entorno. Para las fuentes de energías limpias (energía eólica, solar, hidroeléctrica y geotérmica), la información sobre el tiempo y el clima es una parte fundamental de las actividades de desarrollo y operativas, las cuales requieren una evaluación permanente de la eficiencia y el impacto ambiental.

Medida G40

Medida: Garantizar, en la medida de lo posible, el intercambio en tiempo real de observaciones y metadatos pertinentes, incluida una medición de representatividad efectuada por estaciones en superficie que dan servicio a aplicaciones específicas (transporte por carretera, aviación, meteorología agrícola, meteorología urbana, etc.).

Agente: Organismos que operan estaciones que dan servicio a aplicaciones específicas, SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Porcentaje de observaciones efectuadas por las mencionadas estaciones, intercambiadas en tiempo real a nivel regional y mundial.

Medida G41

Medida: Mejorar las observaciones en zonas candidatas para apoyar estudios asociados al desarrollo y las operaciones de las instalaciones de energías renovables, y también para comprender la influencia de esas instalaciones en los fenómenos meteorológicos y climáticos locales en relación con la aplicación de tecnologías renovables.

Agente: Organismos que operan estaciones que atienden necesidades en la esfera de las energías renovables, SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de observaciones en apoyo de las energías renovables.

³⁴ Quality Management and Quality Assessment (gestión de la calidad y garantía de calidad).

5.3.3. Sistemas de observación hidrológica sobre tierra

5.3.3.1. Estaciones hidrológicas de referencia

En relación con el intercambio mundial de variables hidrológicas, el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), por conducto de su Grupo de expertos sobre observaciones terrestres para el estudio del clima (GEOTC) copatrocinado, ha establecido la Red terrestre mundial - Hidrología (GTN-H) con el objetivo de designar y poner en funcionamiento las redes de referencia, y a fin de demostrar el valor de los productos hidrológicos globales integrados. Las actividades de la GTN-H y de la Comisión de Hidrología (CHi) de la OMM comprenden la vigilancia mundial de ríos, lagos, aguas subterráneas y usos del agua. Las necesidades del programa de vigilancia condujeron al establecimiento de redes de referencia del SMOC/SMOT para la esorrentía de los ríos y el nivel de los lagos.

El Centro mundial de datos de esorrentía (CMDE) tiene el cometido de recopilar datos de descarga fluvial, pero se pueden producir largos retardos antes de que los datos se hayan recopilado y distribuido efectivamente. Por otro lado existe la tendencia a reducir el número de estaciones en las redes de observación existentes, y es grande la preocupación por este continuo declive de las redes hidrológicas, especialmente por el cierre de estaciones pertinentes para el clima.³⁵

Medida G42

Medida: Para fines climáticos, mantener las estaciones hidrológicas existentes de la red de referencia del SMOC/SMOT y facilitar el intercambio mundial.

Agente: Todos los servicios hidrológicos que operan las estaciones de referencia, Comisiones Técnicas (CHi y CSB) y el SMOC. La CSB y el SMOC dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Porcentaje de estaciones hidrológicas de referencia que intercambian datos de calidad evaluada a nivel mundial.

En las secciones pertinentes del Plan de ejecución del SMOC se pueden consultar más detalles acerca de las medidas específicas sobre las estaciones hidrológicas de referencia. En el documento del WHYCOS³⁶ también se puede consultar una descripción general de todos los elementos que contribuyen a la hidrología, los recursos hídricos y el ciclo del agua.

5.3.3.2. Estaciones de redes hidrológicas nacionales

Para la vigilancia del ciclo del agua de la Tierra, las redes hidrológicas nacionales y otras estaciones de redes heterogéneas miden muchas variables: precipitación líquida y sólida, profundidad de la nieve, contenido de agua en la nieve, grosor del hielo de lagos y ríos, fechas de congelación y deshielo, nivel del agua, caudal, calidad del agua, humedad del suelo, temperatura del suelo, sedimentos. Algunas de ellas no son pertinentes para ninguna aplicación en tiempo real, pero otras exigen un rápido intercambio de datos (p.ej., precipitación y descargas fluviales en caso de inundación). Un reducido subconjunto de ellas precisa que el intercambio se realice a nivel mundial mientras que para la mayoría de ellas solo se requiere un intercambio a nivel nacional y local.

El Grupo de expertos sobre observaciones terrestres para el estudio del clima (GEOTC) ha determinado variables hidrometeorológicas cuya observación tiene alta prioridad.³⁷ Varias de esas

³⁵ Véase el párrafo sobre el intercambio de datos hidrológicos en el Plan de ejecución del SMOC.

³⁶ http://www.whycos.org/IMG/pdf/WHYCOSGuidelines_E.pdf

³⁷ Véase la declaración de orientaciones sobre hidrología

variables poseen un componente de observación in situ que se complementa con un componente satelital; sin embargo, se han señalado importantes deficiencias en las distintas redes hidrológicas que es preciso subsanar. En general existe un acceso insuficiente a las variables hidrológicas.

Para la observación de variables hidrológicas a escalas mundial y regional, efectuada de forma continua y coherente, se necesitarán sistemas de observación (tanto in situ como satelitales) que estén integrados y se utilicen en apoyo de diversos ámbitos de aplicación. Cabe destacar como observaciones de variables hidrológicas las de evaporación, humedad del suelo, nieve, y aguas superficiales y subterráneas, definidas en las medidas terrestres del Plan de ejecución del SMOC.

Medida G43

Medida: Incorporar las observaciones de las principales variables hidrológicas (precipitación líquida y sólida, evaporación, profundidad de la nieve, contenido de agua en la nieve, grosor del hielo de lagos y ríos, nivel del agua, caudal, humedad del suelo) en un sistema integrado para la observación, el procesamiento y el intercambio consistentes, con arreglo a las normas WIGOS.

Agente: Los servicios hidrológicos, el SMOC y Comisiones Técnicas (CHi y CSB) dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Porcentaje de datos hidrológicos integrados en este sistema.

5.3.3.3. Estaciones de observación de aguas subterráneas

El agua subterránea desempeña un importante papel en el medio ambiente y su gestión, si bien es menos importante para muchas aplicaciones contempladas en el examen continuo de las necesidades (sobre todo para las aplicaciones de predicción). Se utiliza como fuente principal de agua potable y también en actividades agrícolas e industriales. Es necesario proteger los recursos de aguas subterráneas ya que, en muchas regiones, los índices de extracción son mayores que los de recarga. Una vez que las aguas subterráneas se han modificado o contaminado, su restauración es muy costosa y difícil.

La vigilancia de las aguas subterráneas es un proceso continuo normalizado en el que se utilizan observaciones in situ, satelitales y aéreas. Comprende tanto la vigilancia de su volumen como de su calidad (análisis de variables físicas y químicas seleccionadas).

Según el inventario mundial de vigilancia de las aguas subterráneas compilado por el Centro Internacional de Evaluación de los Recursos de Aguas Subterráneas (IGRAC), en muchos países la vigilancia sistemática del volumen y la calidad de las aguas subterráneas es mínima o inexistente.

Medida G44

Medida: Continuar y ampliar los programas existentes de observación y vigilancia de las aguas subterráneas, incluyendo la ampliación del IGRAC.

Agente: Servicios hidrológicos en colaboración con la CHi de la OMM, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el SMOT (especialmente su Red terrestre mundial - Aguas subterráneas - GTN-GW – componente). La CHi de la OMM y el SMOT dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de estaciones de observación de aguas subterráneas operativas.

Se deberían apoyar las iniciativas relativas a las aguas subterráneas descritas en el Plan de ejecución del SMOC, especialmente las dirigidas a establecer un prototipo de sistema mundial de información sobre la vigilancia en colaboración con la GTN-GW.

5.3.4. Estaciones de radar meteorológico

Los radares meteorológicos están adquiriendo una importancia cada vez mayor en la predicción y los avisos meteorológicos, en hidrología y en muchas aplicaciones que dependen de la predicción meteorológica, p.ej. en la meteorología aeronáutica (cizalladura del viento). Esta creciente importancia se debe en parte al desarrollo de modelos PNT a escala de kilómetro (que progresivamente van siendo capaces de asimilar los datos de los radares meteorológicos) y de otros instrumentos especiales para la predicción inmediata y la predicción a corto plazo. Los radares meteorológicos tienen capacidad para observar varias variables relacionadas con la precipitación: intensidad y distribución geográfica de la precipitación, distribución del tamaño de los hidrometeoros, y fase y tipo de precipitación. Asimismo pueden localizar tormentas de arena y de polvo y pueden medir componentes del viento aplicando la técnica Doppler, y también la humedad analizando la refractividad. La implantación de radares meteorológicos polarimétricos contribuye a una mejor estimación cuantitativa de la precipitación (ECP), a una mejor detección de granizo grueso, y a una mejor determinación de los regímenes de transición entre lluvia y nieve en las tormentas de invierno. Se han probado radares de muy alta frecuencia (VHF), que pueden realizar observaciones a una mayor resolución, pero con un menor radio de acción. Todos los fenómenos meteorológicos mencionados son especialmente importantes para la aviación, y la predicción y aviso de fenómenos meteorológicos extremos, para el público.

Los avances en predicción numérica del tiempo (PNT), modelización climática, avisos de fenómenos meteorológicos extremos y atenuación de desastres han conducido a nuevas necesidades de productos de precipitación de alta calidad elaborados a partir de datos procedentes de una o varias redes de radares. Asimismo, los recientes avances en tecnología radar y en procesamiento de señales y datos han hecho que este ámbito casi haya llegado a un estado de preparación operativa para esos productos y su uso cuantitativo para diversas aplicaciones operativas. En el pasado se consideraba que los radares solo eran útiles en aplicaciones regionales y locales, pero esta visión está cambiando rápidamente puesto que las redes de telecomunicaciones permiten la transmisión y el archivo de ingentes cantidades de datos.

La cobertura meteorológica de los radares ha mejorado considerablemente en las últimas décadas en algunas regiones del mundo y actualmente se intercambian algunos datos a través de las fronteras nacionales (en relación con al menos algunos productos combinados).

Existen todavía grandes posibilidades de progreso, que normalmente se materializarán antes de 2025 gracias a una mejor tecnología, la normalización de los procedimientos de observación y un mayor intercambio de datos, incluido a nivel mundial. Actualmente (2012), en las zonas con buena cobertura de radares atmosféricos, existe mucha heterogeneidad en cuanto a tecnología implantada, prácticas de observación, técnicas de calibración y procesamiento y forma de presentación e intercambio de los datos. En los países en desarrollo, la cobertura de radar es escasa o inexistente, incluso en zonas donde la predicción inmediata (y predicción a muy corto plazo) de tormentas es sumamente importante. Es preciso redoblar los esfuerzos en esas zonas, no solo en lo tocante a despliegue de radares atmosféricos, sino también respecto de instrumentos de predicción inmediata que combinen un número limitado de radares atmosféricos con otras fuentes de información (productos satelitales, propagación de señales GNSS u otras señales electromagnéticas).

Medida G45

Medida: Aumentar el despliegue, calibración y uso de radares de polarización dual en las regiones donde resulten útiles.

Agente: La CSB dirigirá la medida en colaboración con la CIMO, asociaciones regionales y SMN y SMHN.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Cobertura de datos obtenida con este tipo de radar para cada Región.

Medida G46

Medida: Realizar la comparación del software de los radares meteorológicos con el objetivo de mejorar la calidad de las estimaciones cuantitativas de la precipitación (ECP).

Agente: La CIMO en colaboración con SMN y SMHN y organismos que operan radares atmosféricos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Orientación ofrecida a los operadores y los Miembros.

Medida G47

Medida: Para las zonas de países en desarrollo sensibles a las tormentas e inundaciones, hacer un esfuerzo especial para establecer y mantener estaciones de radar meteorológico.

Agente: SMN y SMHN, organismos que operan radares meteorológicos, en colaboración con las asociaciones regionales y Comisiones Técnicas (CSB, CIMO y CHi). La CSB dirigirá la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de estaciones de radar meteorológico operativas en las zonas mencionadas.

En lo que concierne al uso y repercusión de las observaciones en la predicción numérica del tiempo (PNT), en las actas del taller de la OMM de 2008 se recoge lo siguiente (véase la referencia de la nota al pie 20 de la sección 4): “Los datos de radar han demostrado sus efectos positivos en los sistemas regionales de asimilación de datos y, también en ocasiones, en los sistemas mundiales”. Se prevé que en 2025 la mayoría de los sistemas mundiales operativos de asimilación de datos destinados a la predicción numérica del tiempo (PNT) (y reanálisis) asimilarán algunos datos de radar, al menos en forma de medición Doppler del viento. Por consiguiente, se debería introducir un intercambio mundial de los datos de los radares seleccionados.

La información de los radares también es importante para aplicaciones climáticas. En el futuro se utilizará para (p.ej.) reanálisis y vigilancia regionales del ciclo del agua. Véase el resumen del Plan de ejecución del SMOC.

Medida G48

Medida: Definir los datos de radar meteorológico que se intercambiarán a nivel regional y mundial, proponer la frecuencia de intercambio de esos datos y elaborar un marco de procesamiento de los datos de radar meteorológico, junto con el desarrollo de productos basados en las necesidades nacionales, regionales y mundiales.

Agente: La CSB (dirigirá la medida), la CIMO y la CHi en coordinación con SMN y SMHN, organismos que operan radares meteorológicos, en colaboración con las asociaciones regionales.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Volumen de datos de radar que se intercambian a nivel mundial y regional.

5.3.5. Sistema de observación en altitud sobre los océanos. Buques del Programa Aerológico Automatizado a bordo de Buques (ASAP)

Todas las medidas documentadas en la sección 5.3.1.1 relativas a las observaciones de radiosonda sobre tierra, excepto las relativas a la Red de referencia de observación en altitud del SMOG (RROAS) (5.3.1.1.2), son pertinentes para el ASAP. Esas medidas se refieren a:

- la importancia de los datos de radiosondas aisladas para eliminar las mayores carencias en la cobertura de datos;
- la adecuada codificación de toda la información de radiosonda obtenida en la vertical, seguida de una rápida difusión en tiempo real;
- la posibilidad de optimizar la cobertura de datos mediante la adaptación del momento de lanzamiento, de modo que tenga en cuenta no solo el conjunto de la red de radiosondas, sino también otros sistemas de observación que aporten observaciones del perfil vertical (AMDAR por ejemplo).

Para la zona del Atlántico Norte (con muy pocas islas que pueden ofrecer emplazamientos fijos de radiosonda), EUMETNET³⁸ ha elaborado un componente europeo del ASAP, denominado E-ASAP (EUMETNET – ASAP). Se puede consultar información sobre E-ASAP en la página de acceso de EUMETNET. Entre 15 y 20 barcos operan regularmente lanzamientos de radiosondas en el Atlántico Norte en servicios de líneas comerciales entre Europa Occidental y América del Norte y Central. Esos barcos ASAP contribuyen a aproximadamente entre 10 y 15 observaciones de radiosondas diarias en promedio (situación de 2012), la mayoría de las cuales se realizan a las 00 ó 12 UTC (posibilidad de realizarlas a una hora diferente, a fin de optimizar la cobertura espacio-temporal). En 2011 el programa E-ASAP contribuyó a alrededor de 4 500 lanzamientos de radiosondas sobre el océano Atlántico. En relación con la repercusión de los barcos ASAP en las predicciones numéricas, en las Actas del taller de la OMM de 2008 se señala lo siguiente (véase la referencia de la nota al pie de la sección 4): “Incluso un número muy limitado de radiosondas ubicadas en regiones con escasez de datos en los océanos puede tener una importante repercusión en la predicción”. La red ASAP del Atlántico Norte no solo tiene una repercusión directa en las predicciones, sino que también contribuye al uso de los datos satelitales al ofrecer observaciones de referencia in situ con profusión en detalles verticales. Más del 80% de todos los lanzamientos ASAP de 2011 se realizaron en el océano Atlántico. Por consiguiente, para otras zonas oceánicas, y especialmente para el Pacífico Norte y el océano Índico, existe potencial para mejorar muy significativamente la calidad general del sistema de observación combinado mediante el desarrollo de un número muy limitado de estaciones de observación (normalmente entre 10 y 20). Las radiosondas con paracaídas lanzadas desde aeronaves de reconocimiento son un sistema equivalente que se utiliza tanto en el Pacífico como en el Atlántico, aunque de forma muy irregular, como apoyo de las predicciones de tormentas extremas.

Medida G49

Medida: Mantener y optimizar la actual red ASAP sobre el Atlántico Norte y elaborar programas similares para el Pacífico Norte y el océano Índico.

Agente: SMN y SMHN, en colaboración con empresas que operan barcos comerciales, asociaciones regionales, la CMOMM, la CSB y la CCA. La CMOMM dirigirá la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Volumen de datos ASAP disponibles en tiempo real (indicadores habituales de vigilancia de la PNT).

³⁸ <http://www.eumetnet.eu/>

5.3.6. Sistemas de observación en superficie sobre los océanos

Entre las importantes variables de los océanos que se miden en la interfaz océano-atmósfera se incluyen la presión en superficie, la temperatura superficial, la altura de la superficie, la salinidad de la superficie, el viento de superficie, las características de las olas, la corriente de superficie y la visibilidad. Otras variables se deben medir cerca de las costas y también cuando el océano se cubre de hielo. Las variables sobre acidez del océano, color del océano, nutrientes o fitoplancton son importantes variables climáticas esenciales que están documentadas en el Plan de ejecución del SMOC.

La irregular cobertura geográfica de la red de observación del océano in situ es un problema permanente para las aplicaciones oceánicas. Teniendo en cuenta la variabilidad regional en relación con las necesidades, la diversa logística de implantación (incluso de regiones remotas y regiones con tendencia a la inseguridad) y la dificultad para garantizar con recursos limitados una planificación óptima para las redes de observación, los Miembros de la OMM deberían tomar conciencia de la necesidad de estudios sobre variabilidad geográfica en resolución espacial y temporal para las observaciones oceánicas.

La mayoría de las medidas documentadas en las siguientes subsecciones tienen por objeto mejorar la cobertura geográfica de los sistemas de observación de los océanos, en particular para medir la presión en superficie, la temperatura superficial, la altura de la superficie, la salinidad de la superficie y la visibilidad, junto con una geometría de alta resolución. Esto se puede llevar a cabo ampliando las redes de observación en mar abierto y en las zonas costeras, o bien desarrollando los emplazamientos de observación existentes convirtiéndolos en estaciones con fines múltiples, o bien utilizando las nuevas tecnologías de observación in situ por control remoto para cubrir regiones inaccesibles.

5.3.6.1. Radares costeros en ondas decamétricas (HF)

Los radares costeros en ondas decamétricas (HF) son una técnica de observación muy potente para la vigilancia del estado del mar y la corriente superficial del océano hasta una distancia de unos cuantos cientos de kilómetros de la costa. Estos radares pueden medir tanto olas (altura significativa) como corrientes con una resolución horizontal de hasta un kilómetro. Para muchos de los sistemas radar HF actualmente en uso, es preciso utilizar una técnica de triangulación utilizando dos radares a fin de eliminar ambigüedades en las observaciones de las olas y las corrientes.

El objetivo de este sistema de observación por radar no es lograr una buena cobertura mundial de las costas oceánicas, sino mejorar la resolución horizontal y la calidad con respecto a otras observaciones oceánicas en las zonas costeras que son muy sensibles a los fenómenos meteorológicos y oceánicos (por motivos ambientales o económicos): zonas pobladas cerca de la costa, puertos con mucho tráfico marítimo, riesgo de contaminación (para la vida silvestre tanto terrestre como marina). Es muy probable que en 2025 estén en funcionamiento modelos de área limitada (MAL) atmosféricos y oceánicos específicos en muchas zonas costeras con una resolución horizontal de entre 100 y 1 000 m, a fin de contribuir a la vigilancia en tiempo real de esas zonas sensibles. Por consiguiente, los radares costeros HF normalmente se convertirán en una fuente de información que será necesario asimilar en esos modelos. De hecho, ya son una importante fuente de información para la elaboración de mapas en tiempo real de las corrientes superficiales de los océanos y de la altura significativa de las olas, para el tráfico marítimo y para las operaciones de búsqueda y salvamento.

5.3.6.2. Estaciones marinas (en océano, islas y plataformas costeras y fijas)

Las estaciones de observación del mar ofrecen las mismas variables de superficie que las estaciones en superficie terrestres (véase la sección 5.3.2.1): presión en superficie; temperatura;

humedad; viento; visibilidad; nubosidad, tipo de nubes y altura de su base; precipitación; y tiempo pasado y presente. Con respecto a las estaciones en superficie sobre tierra, su función cobra mayor importancia por dos motivos:

- Efectúan también observaciones sobre un conjunto de variables marinas, a saber: temperatura superficial del mar; dirección, período y altura de las olas; hielo marino; etc.
- Generalmente están situadas en zonas costeras sensibles o en emplazamientos aislados como islas y plataformas petrolíferas, y por tanto son más importantes en lo que respecta a su contribución a la cobertura mundial de datos.

Las recomendaciones de la sección 5.3.2.1, válidas para las estaciones en superficie terrestres, también se aplican a las estaciones marinas. Es particularmente importante para la vigilancia del clima mantener en observación las islas aisladas que ya poseen un largo registro climático.

Las redes de estaciones marinas son muy insuficientes para satisfacer las distintas necesidades de mediciones marinas y oceánicas, especialmente en relación con la altura de la superficie, la temperatura superficial, la salinidad de la superficie, y las olas.³⁹ Es preciso conseguir una mejora general de las capacidades de medición y la accesibilidad de los datos, mejora que debe basarse no solo en las estaciones marinas, sino también en barcos, boyas, estaciones de medición de mareas y flotadores perfiladores.

Medida G50

Medida: Garantizar el empleo de las tecnologías más avanzadas para mejorar la exactitud de todas las mediciones realizadas en las estaciones marinas. Desarrollar capacidades de medición de la visibilidad sobre el océano.

Agente: SMN, SMHN e instituciones nacionales asociadas, en colaboración con organizaciones internacionales y organismos espaciales. La CMOMM, la CSB y la CIMO dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Los indicadores de vigilancia habituales sobre disponibilidad y calidad de las observaciones marinas.

5.3.6.3. Sistema de buques de observación voluntaria (VOS)

La lista de variables meteorológicas y marinas sobre las que normalmente efectúan observaciones los barcos del Sistema de buques de observación voluntaria (VOS) es la misma que la de las estaciones marinas (5.3.6.2.). La principal diferencia práctica radica en que los barcos son móviles, lo cual puede ser una ventaja para lograr una mejor cobertura de datos espacio-temporal, pero es un inconveniente para los usuarios de datos climáticos interesados en largas series temporales.

Muchas recomendaciones formuladas para las estaciones sinópticas en la superficie terrestre también son válidas para los barcos VOS, especialmente las relacionadas con: el intercambio mundial de datos horarios (**G30**) y la codificación y transmisión de metadatos (**G32**). Para la medición de la presión atmosférica a bordo de barcos, se debería prestar una atención particular a la altura del barómetro, su valor correcto, la codificación correcta y la transmisión correcta. De hecho, la presión atmosférica (a menudo reducida hasta el nivel del mar en este caso) es la observación realizada en barco más importante para la PNT, y también tiene gran importancia para las aplicaciones marinas y aeronáuticas, así como para la meteorología sinóptica y la predicción inmediata. La supervisión que lleva a cabo la PNT global de los datos obtenidos en barcos muestra que algunas observaciones realizadas en barcos están afectadas por importantes

³⁹ Véase la declaración de orientaciones sobre aplicaciones marinas

desviaciones en las mediciones de la presión atmosférica, lo cual se debe obviamente a alturas incorrectas del barómetro (o a la reducción errónea al nivel del mar). Queda asimismo margen respecto de mejoras en la calidad de la temperatura del aire del barco, la temperatura superficial del mar y las observaciones sobre el viento, mejoras que se podrían obtener mediante contactos más frecuentes de los operadores de las observaciones con los centros de vigilancia PNT. Véase por ejemplo el sitio web de Metoffice en el Reino Unido⁴⁰.

Medida G51

Medida: Mejorar la calidad de las observaciones realizadas en barcos por medio de contactos más frecuentes con los centros de vigilancia de la PNT y de realizar comprobaciones más frecuentes en los instrumentos que se encuentran a bordo.

Agente: Agentes meteorológicos de puerto (AMP), SMN, SMHN y otros centros de vigilancia PNT en colaboración con empresas que operan barcos comerciales. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Indicadores de vigilancia habituales de la PNT.

5.3.6.4. Boyas fondeadas y a la deriva

Las boyas fondeadas y a la deriva normalmente ofrecen observaciones para un subconjunto de las siguientes variables: presión, temperatura, humedad, viento y visibilidad sobre la superficie; temperatura de la superficie del mar; corriente oceánica; espectro en 3D de las olas; dirección, período y altura de las olas; y precipitación. Dado que esos sistemas de medición están completamente automatizados, este subconjunto de observaciones es reducido en comparación con las que se pueden realizar por barcos o estaciones sinópticas marinas (p.ej. las boyas no realizan observaciones sobre nubes ni tiempo presente o pasado). Existe una gran variedad de boyas que se despliegan con fines operativos, y a veces el subconjunto de observaciones se limita a una o dos variables en los tipos de boyas más sencillas. La ventaja de los sistemas completamente automáticos es que la frecuencia de las observaciones puede ser bastante elevada en el caso de algunas boyas (por ejemplo, datos de observaciones realizadas cada 10 minutos). Las boyas a la deriva se alejan del punto de origen poco después de haberlas dejado en el agua. Tienen una vida operativa limitada por motivos como la vida de la batería, fallo en los sensores, fallo en la transmisión, llegada a tierra, etc. El Grupo de cooperación sobre boyas de acopio de datos (GCBD) de la CMOMM procura mantener una red mundial de 1 250 boyas a la deriva desplegadas de modo que cada una cubra un ancho de retícula de 5 grados por 5 grados. Hay que desplegar periódicamente nuevas boyas para mantener la cobertura de datos oceánicos, complementada mediante la cobertura de datos obtenidos por barcos (rutas comerciales de navegación). Para la parte del Atlántico Norte de latitudes medias, en el decenio de 2000-2010 se logró una buena cobertura de datos (y una buena complementariedad con barcos) principalmente por conducto del Programa marino de superficie de EUMETNET (E-SURFMAR⁴¹). Sin embargo, es preciso trabajar de forma continua para mantener esa cobertura, que todavía no llega a cubrir las necesidades en algunas pequeñas zonas del Atlántico Norte donde el despliegue resulta complicado. Por otro lado, en muchas otras zonas del planeta, la cobertura de datos con boyas no es tan buena; presenta importantes lagunas en (p.ej.) los océanos del sur y el Pacífico Norte. Se puede comprobar diariamente cuál es la cobertura de datos operativos (para boyas y otros sistemas de observación) en (p.ej.) la web del Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMM)⁴². Los mapas que muestran la cobertura mensual con boyas (para diferentes tipos de instrumentos y diferentes variables observadas) se pueden consultar en la web del Grupo de cooperación sobre boyas de acopio de datos (GCBD)⁴³.

⁴⁰ <http://www.metoffice.gov.uk/research/monitoring/observations/marine>

⁴¹ <http://www.eumetnet.eu/e-surfmar>

⁴² <http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/monitoring/coverage/dcover/>

⁴³ <http://www.jcommops.org/dbcp/>

Para la PNT, la variable más importante (entre las observadas con boyas) es la presión en superficie, y tiene importancia para mejorar su cobertura de datos. Se utiliza en la asimilación de datos en sinergia con las mediciones espaciales del viento de superficie (dispersómetros e instrumentos de microondas). Es importante que la cobertura mundial de la temperatura de la superficie del mar sea buena tanto para la PNT como para las aplicaciones oceánicas. La información sobre las corrientes oceánicas es útil para los análisis oceanográficos y la predicción. La información sobre las olas es muy importante para los servicios y aplicaciones marinos.

Las boyas fondeadas ofrecen un conjunto de datos más rico y más estable desde el punto de vista geográfico que las boyas a la deriva para las series cronológicas climáticas, que son difíciles de elaborar con plataformas en movimiento. No obstante, incluso para la vigilancia del clima, las boyas a la deriva contribuyen indirectamente mediante su uso en la asimilación de datos meteorológicos y oceánicos, así como en el reanálisis.

Las recomendaciones G30, G31 y G32 hechas para las estaciones sinópticas marinas también son de aplicación para las boyas fondeadas y las boyas a la deriva. La recopilación y el intercambio a nivel mundial de las observaciones efectuadas en boyas deberían llevarse a cabo como mínimo cada hora. Se reconoce que las limitaciones de las telecomunicaciones por satélite hacen que disminuya el carácter oportuno en la recogida de datos para un importante número de boyas a la deriva.

Habida cuenta de la importancia de que sea buena la cobertura de datos de presión atmosférica y las capacidades tecnológicas para medir la presión, se debería apoyar firmemente la recomendación del Plan de ejecución del SMOC sobre las boyas, que pide que en 2014 todas las boyas utilicen sensores para la presión. Otra recomendación del SMOC que habría que apoyar pide que todas las boyas de la Red oceánica de boyas fondeadas de referencia (un subconjunto de boyas de acopio de datos del Proyecto interdisciplinario para la creación de un Sistema continuo de observación euleriana del océano - OceanSites⁴⁴) se equipen con instrumentos de medición de la precipitación. Las observaciones de la precipitación son particularmente importantes para la interpretación de los datos satelitales tomados sobre los océanos. La recomendación del SMOC respecto de la puesta en servicio de un componente de medición de las olas que forme parte de la red de boyas fondeadas de referencia en superficie es importante por el número limitado de emplazamientos marinos de referencia que ofrecen información sobre las olas y por las limitaciones de las mediciones satelitales de las olas.

En resumen, los datos de las boyas oceánicas son útiles para las predicciones meteorológicas y oceánicas y para la vigilancia del clima, y además pueden utilizarse para complementar o validar los datos obtenidos por teledetección y los modelos operativos.

Medida G52

Medida: Apoyar al Grupo de cooperación sobre boyas de acopio de datos (GCBD) en su misión de mantener y coordinar todos los componentes de la red mundial de más de 1 250 boyas a la deriva y 400 boyas fondeadas, que ofrece mediciones como las de la temperatura superficial del mar, la velocidad de la corriente de superficie, la temperatura del aire y la velocidad y dirección del viento.

Agente: SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de boyas oceánicas, la CSB y la CIMO. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

⁴⁴ <http://www.oceansites.org/>

Indicador de ejecución: Volumen de datos de calidad controlada obtenidos con boyas fondeadas y a la deriva en tiempo real (indicadores habituales de vigilancia de la PNT).

Medida G53

Medida: Instalar un barómetro en todas las nuevas boyas a la deriva que se desplieguen.

Agente: SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de boyas oceánicas, la CSB y la CIMO. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Disponibilidad de observaciones de la presión en superficie procedentes de boyas a la deriva.

Medida G54

Medida: En el océano Índico tropical, ampliar la red existente de boyas fondeadas hasta conseguir una cobertura de datos similar a las que existen en los trópicos en los océanos Atlántico y Pacífico.

Agente: SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de boyas oceánicas, la CSB y la CIMO. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número y cobertura de datos de boyas fondeadas disponibles en los trópicos en el océano Índico (indicadores de vigilancia habituales).

5.3.6.5. Boyas en el hielo

Con las boyas emplazadas en témpanos de hielo se observan algunas de las siguientes variables: presión, temperatura y viento de superficie; espesor del hielo; y temperatura y salinidad en la capa superior del océano. El desplazamiento del hielo en el mar se debe a su movimiento. Algunas boyas miden únicamente la temperatura del aire, la presión en superficie y la posición (y por tanto el desplazamiento). Se consiguen mediciones más sólidas con boyas de seguimiento del balance de masas de hielo y nieve, que pueden medir la profundidad de la nieve, el espesor del hielo, el perfil de la temperatura del hielo, el desplazamiento del hielo y algunas variables meteorológicas. En 2012 alrededor de 50 boyas se encontraban en servicio constante en el océano Ártico, si bien poco más de una decena de ellas medían el espesor del hielo y la nieve. Al igual que con las boyas desplegadas en alta mar, la presión en superficie es una variable muy importante para la PNT, y esto es especialmente cierto para el casquete polar boreal que por otro lado es una región con carencias en la cobertura de datos. El espesor del hielo, la profundidad de la nieve y la temperatura son asimismo variables importantes para la vigilancia en el contexto del cambio climático, así como para muchas aplicaciones marinas.

Medida G55

Medida: Aumentar la cobertura de datos con boyas en el hielo en el casquete polar boreal a través del despliegue regular de nuevas boyas a la deriva.

Agente: SMN, SMHN, instituciones oceanográficas y polares nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de boyas en el hielo, la CSB y la CIMO. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Volumen de datos procedentes de boyas en el hielo disponibles en tiempo real (indicadores habituales de vigilancia de la PNT).

5.3.6.6. Estaciones de medición de mareas

Estas estaciones miden la altura del agua del mar. En algunos casos, se miden en el mismo emplazamiento otras variables como la presión en superficie, el viento, la temperatura del agua

del mar y la salinidad. La principal función del Sistema mundial de observación del nivel del mar es brindar supervisión y coordinación para las redes mundiales y regionales de medición del nivel del mar en apoyo de la investigación oceanográfica y climática en relación con las aplicaciones utilizadas para medir las mareas y el nivel medio del mar (tanto en tiempo real como en tiempo no real). El principal componente es la red básica del Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar (GLOSS), un conjunto de alrededor de 300 estaciones con mareógrafos costeros e insulares uniformemente distribuidas que actúan como la columna vertebral de la red mundial.

Existe la necesidad de completar y sostener la red básica del GLOSS de mareógrafos para vigilar los cambios en el nivel del mar en la costa. Las estaciones de la red básica del GLOSS deberían estar vinculadas en la medida de lo posible a las estaciones concatenadas del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) (ya sea directamente en la escala o nivelándolas a estaciones concatenadas cercanas del GNSS) para permitir la determinación del desplazamiento vertical terrestre cerca de estaciones de la red básica del GLOSS y de ese modo calcular el cambio absoluto del nivel del mar. Esto es importante en el contexto del cambio climático como apoyo de la planificación de la adaptación. En este contexto, se debería respaldar la recomendación relativa a la red básica del GLOSS del Plan de ejecución del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC).

La red básica del GLOSS sigue siendo un enfoque principal del programa de Sistema mundial de observación del nivel del mar. Las estaciones situadas a intervalos aproximados de 1 000 km a lo largo de los márgenes continentales y en todos los grupos principales de islas ofrecen suficiente cobertura mundial para una serie de aplicaciones oceánicas. Normalmente se necesita una red más densa de estaciones para las aplicaciones regionales o locales. Cuando se renueven o modernicen los instrumentos se debería considerar dentro de lo posible la variedad de usos de las estaciones dedicadas a la medición del nivel del mar (esto es, vigilancia de tsunamis, mareas de tempestad y olas).

Medida G56

Medida: Garantizar la disponibilidad a nivel mundial de los datos sobre el nivel del mar in situ (mareógrafos, tsunámígrafos).

Agente: SMN, SMHN e instituciones asociadas nacionales, en colaboración con organizaciones internacionales y organismos espaciales. La CMOMM, la CSB y la CIMO dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Volumen de datos de mareógrafos disponibles a nivel mundial.

5.3.7. Sistemas de observación oceánica subsuperficial

5.3.7.1. Flotadores perfiladores

En la subsuperficie oceánica, los flotadores perfiladores miden algunas de las siguientes variables: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, acidez y pCO₂. Los flotadores perfiladores Argo⁴⁵ ofrecen cobertura mundial de perfiles de temperatura y salinidad hasta profundidades de 2 000 m. Los flotadores “Deep-Argo” están en fase de desarrollo y serán capaces de llegar hasta profundidades de alrededor de 3 000 m. Los datos se asimilan en los modelos oceánicos y se utilizan para predicciones entre estacionales e interanuales, para la vigilancia de la subsuperficie oceánica y para otras aplicaciones marinas. En algunas zonas oceánicas activas se necesitaría que fuera mayor la resolución de la red de observación. Algunos datos de estos flotadores perfiladores también se comunican con retardos inadecuados para aplicaciones en tiempo real. Aunque la mayoría de los programas nacionales que contribuyen al programa Argo fueron diseñados para

⁴⁵ <http://www.argo.net>

ofrecer registros de datos a largo plazo, actualmente se financian con fines de investigación y arrojarían mejores resultados con su transformación a modo operativo.

Deberían apoyarse firmemente las importantes medidas del Plan de ejecución del SMOC (relativas a los flotadores perfiladores), a saber: i) el número apropiado de flotadores necesario para mejorar y sustentar una red adecuada; ii) un proyecto piloto para colocar sensores de oxígeno en algunos flotadores. El principal motivo de ello es la necesidad de vigilar detenidamente la cantidad de oxígeno disuelto en los océanos, en relación con la evolución del clima y el impacto en la bioquímica de los océanos y en la vida marina.

Medida G57

Medida: Con fines de predicción oceánica y meteorológica, efectuar la transición de la red de flotadores perfiladores de modo de investigación a modo operativo, y garantizar la entrega y la distribución oportunas de datos de alta resolución vertical sobre temperatura y salinidad subsuperficiales.

Agente: SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con el proyecto Argo, la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de flotadores perfiladores, la CSB y la CIMO. La CMOMM dirigirá la medida en cooperación con la CSB.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Volumen de datos procedentes de flotadores perfiladores disponibles en tiempo real (indicadores de vigilancia habituales).

5.3.7.2. Plataformas ancladas al hielo

Las plataformas ancladas al hielo se mueven a la velocidad de la cubierta helada del océano (lentamente) al tiempo que efectúan observaciones de la temperatura, la salinidad y la corriente que circula por debajo. Habida cuenta de que no se dispone de otras técnicas para vigilar las profundidades de los océanos polares que están helados en la superficie, las plataformas ancladas al hielo desempeñan un papel importante respecto de la cobertura mundial de datos oceánicos.

En el contexto de los proyectos de investigación dedicados al océano Ártico, los sensores de pCO₂ (acidez del océano) y CH₄ también se han utilizado en las plataformas ancladas al hielo.⁴⁶

5.3.7.3. Buques ocasionales

Equipados con batitermógrafos no recuperables (XBT), los buques ocasionales pueden suministrar datos de perfil de la temperatura oceánica con una buena resolución vertical (alrededor de 1 m) hasta 1 000 m, los cuales son utilizados por diversas aplicaciones de igual modo que los procedentes de los flotadores perfiladores (véase 5.3.7.1), y también en este caso existe un gran potencial para mejorar el suministro en tiempo real.

Medida G58

Medida: Con fines de predicción oceánica y meteorológica, mejorar la entrega y la distribución oportunas de datos de alta resolución vertical sobre temperatura subsuperficial obtenida con buques equipados con XBT.

Agente: SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de buques ocasionales, la CSB y la CIMO. La CMOMM dirigirá la medida en cooperación con la CSB.

Plazo: Continuo.

⁴⁶ http://www.whoi.edu/science/PO/arcticgroup/projects/ipworkshop_report.html

Indicador de ejecución: Volumen de datos procedentes de XBT disponibles en tiempo real (indicadores de vigilancia habituales).

Debería apoyarse firmemente la medida del Plan de ejecución del SMOC dirigida a mejorar y sustentar la red y cobertura existentes de los buques ocasionales.

5.3.8. Investigación y desarrollo y precursores operativos

Están en curso iniciativas de investigación destinadas a observar con mayor detalle la capa límite de la atmósfera, y es probable que esas iniciativas deban prolongarse durante varios años. Se necesitan primordialmente observaciones para los perfiles de viento, temperatura y humedad, al igual que también se necesitan para aerosoles, algunas sustancias químicas y las propiedades de las nubes. De hecho, la falta de detalle en los perfiles verticales en la capa límite (especialmente en los perfiles de viento) es una de las grandes deficiencias del actual SMO, y probablemente la laguna más importante que aparece al comparar el examen continuo de las necesidades con los actuales medios de observación (véase por ejemplo la declaración de orientaciones para la PNT global). Respecto de la temperatura, el vapor de agua y otros gases atmosféricos, los sondeadores satelitales no son capaces de observar los perfiles de la capa límite debido a las inadecuadas resoluciones verticales, y a menudo también (para los sondeadores del infrarrojo) debido a la presencia de nubes. (Véase, por ejemplo, las necesidades de los usuarios y las declaraciones de orientaciones de observaciones de alta resolución para la PNT, la predicción inmediata y la aviación.) El único sistema de observación en superficie ordinario que actualmente posee capacidad para medir el perfil de la capa límite es la red de radiosondas, pero con importantes limitaciones en la cobertura de datos y en la frecuencia de observación (cada 12 horas por regla general). Los perfiladores de viento y las estaciones perfiladoras terrestres que integran la recogida de datos sobre viento, temperatura y humedad son la mayor esperanza de obtener observaciones con gran frecuencia de la capa límite, al menos a nivel local, y quizás también a nivel regional, pero queda mucho por investigar antes de se puedan poner en práctica redes operativas. El progreso tecnológico para las técnicas de perfilado también depende de la existencia de un reducido número de estaciones observatorio de referencia, tal como sugiere el SMOC con la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS). A veces se requieren largos períodos de comparaciones entre estaciones de referencia y los nuevos tipos de perfiladores para calibrar adecuadamente los nuevos instrumentos (véase 5.3.1.2). Los bancos de pruebas y centros principales de la CIMO contribuirán a mejorar el funcionamiento de los perfiladores en la capa límite de la atmósfera; véase:

<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/Testbeds-and-LC.html>

Existen al menos otros dos ámbitos en los que son deficientes las observaciones con respecto al examen continuo de las necesidades y en los que se necesitan avances tecnológicos para lograr progresos importantes:

- En la atmósfera, una mejor observación de las nubes (con su gran variedad de partículas de agua y hielo –de especial importancia para la aviación), los aerosoles y las sustancias químicas. Es importante seguir realizando observaciones manuales de las nubes en las estaciones representativas. Es necesario que las observaciones manuales continúen al menos hasta que los avances tecnológicos sean suficientes para garantizar que las mediciones automáticas puedan sustituir satisfactoriamente a las observaciones manuales.

- En la subsuperficie oceánica, donde resulta difícil obtener observaciones, los planeadores oceánicos y los animales marinos con instrumentos son dos opciones de observación que están en fase de desarrollo (véase 5.3.8.5 y 5.3.8.6 más adelante). Habría que activar la importante recomendación del SMOC sobre la promoción de nuevas tecnologías mejoradas, en apoyo del SMOO, en relación con las aplicaciones climáticas.

Otra tendencia general que afecta a las observaciones meteorológicas y ambientales es el paso a sistemas más automáticos y altamente informatizados, lo que se traduce en la producción de datos tomados con mayor frecuencia y mayores volúmenes de datos brutos. El preprocesamiento de las observaciones también tiende a ser completamente automático, lo cual requiere una mayor integración entre el procesamiento de la observación y el de los datos. A fin de satisfacer a los distintos tipos de usuarios, el preprocesamiento de las observaciones será más complejo y flexible, y seguirá la misma tendencia que la experimentada por los datos satelitales, esto es, la necesidad de producir dos o tres niveles diferentes de datos para los distintos usuarios. Estos niveles diferirán en función del alcance del preprocesamiento aplicado a los datos brutos y al volumen de datos.

La tendencia a una mayor automatización es un factor que contribuye a que cada vez se recurra a “más sistemas de observación oportunistas”. El mejor ejemplo de oportunismo en meteorología (que empezó a utilizarse en el decenio de 1990 y el primer decenio de siglo actual) es el uso de señales del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) que se propagan a través de la atmósfera para extraer información meteorológica. Si se llevan a cabo iniciativas de investigación encaminadas a descubrir nuevas oportunidades, cabe esperar que se desarrollen otros sistemas de observación en superficie basados en tecnologías y capacidades diseñados primordialmente con fines no meteorológicos. Básicamente, muchas señales de telecomunicaciones que se propagan en la atmósfera son potencialmente capaces de transportar indirectamente información sobre el estado de la atmósfera. Esto ya se ha probado con éxito para calcular la intensidad de la precipitación a partir de la atenuación de las señales de teléfonos móviles del Sistema global para comunicaciones móviles (GSM); véase Messer (2007). Los generadores eólicos utilizados para la producción de energía eléctrica es otra posible oportunidad para obtener información local sobre el viento. Obviamente la producción de energía eléctrica depende del viento, luego dicha dependencia se puede invertir de modo que la información sobre el viento se obtenga a partir de la energía producida. Por otro lado, un conjunto de molinos de viento representa una oportunidad de tener un mástil de una altura de 100 m que se puede equipar con sensores meteorológicos a diferentes alturas para ofrecer perfiles de resolución muy vertical de los primeros 100 m de la capa límite de la atmósfera. Tal medida requiere la cooperación entre los operadores de los generadores eólicos y los expertos en instrumentos del SMN o el SMHN.

Una tercera tendencia para el período 2010-2025, que se aprecia realmente en muchas disciplinas, es a obtener, transmitir y usar cada vez más información presentada en forma de imágenes. Actualmente ya se intercambian en Internet fotos o vídeos digitales sobre fenómenos meteorológicos intensos, nubes, cantidad y tipo de precipitación sobre el terreno (lluvia, nieve, granizo), visibilidad, estado del mar, etc. Potencialmente pueden ofrecer la misma información que la información cualitativa que figura en la clave SYNOP⁴⁷ (con más detalles). Sin embargo, se necesita mucha investigación y desarrollo para explotar objetivamente esa información, que generalmente no se presenta de una forma normalizada y que es difícil de cuantificar en variables ambientales. Para ello es preciso conservar capacidades manuales en un número suficiente de estaciones como referencia básica para las estaciones representativas y con fines de calibración.

⁴⁷ Clave FM-12 SYNOP GTS - Informe de observación de superficie proveniente de una estación terrestre fija

Las tecnologías que se resumen a continuación son sistemas de observación que todavía están en fase de investigación y desarrollo, y que para 2025 podrían pasar a formar parte de los sistemas mundiales de observación. La enumeración de estas no pretende ser exhaustiva.

5.3.8.1. Aeronaves no tripuladas

Las aeronaves no tripuladas se han utilizado en diversas campañas meteorológicas para obtener información detallada de temperatura, humedad y viento, sobre algunas zonas geográficas limitadas, en la troposfera inferior; véase Mayer et al. (2010). A diferencia de las aeronaves normales, las no tripuladas pueden volar hacia arriba y hacia abajo y pueden suministrar perfiles verticales de variables meteorológicas. Dado que existen importantes lagunas en la capa límite de la atmósfera en lo que respecta a perfiles meteorológicos, las aeronaves no tripuladas están bien adaptadas para cubrir esta carencia, pero son difíciles de usar de modo rutinario.

Las aeronaves no tripuladas podrían convertirse para 2025 en un elemento adaptable de un sistema mixto de observación. Hay que seguir investigando tanto sobre los aspectos tecnológicos como sobre el desarrollo de medios rentables (de operar aeronaves no tripuladas con regularidad). Las aeronaves no tripuladas también suponen una excelente oportunidad de integrar en la misma plataforma mediciones de la química atmosférica y mediciones meteorológicas estándar. Asimismo es necesario prestar atención a las normas de aviación antes de que las aeronaves no tripuladas se puedan utilizar de forma regular.

5.3.8.2. Globos sonda a la deriva (barquillas)

La técnica de la sonda a la deriva consiste en lanzar un globo de nivel constante que vuele en la estratosfera con varias dropsondas (depositadas en una barquilla) que se pueden dejar caer a demanda, ofreciendo un perfil vertical de temperatura, humedad y viento (del mismo modo que las radiosondas o dropsondas normales lanzadas desde una aeronave). Se han utilizado en diversas campañas meteorológicas, como la campaña AMMA en África (véase la referencia al AMMA de la nota al pie en la sección 4) y el experimento en la Antártida THORPEX/Concordiasi⁴⁸: véase Rabier et al. (2010).

Las barquillas parecen muy bien adaptadas a las campañas meteorológicas limitadas en el tiempo (unas pocas semanas), pero difíciles de usar de forma rutinaria como elemento principal del sistema mixto de observación (también, al igual que las aeronaves no tripuladas, debido a las normas de aviación). Actualmente no es posible recomendar ningún plan de desarrollo para un uso operativo de este sistema.

5.3.8.3. Estaciones de la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS)

La Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS) no es ni una nueva tecnología ni un nuevo sistema de observación. Se trata de un concepto iniciado por el SMOC (véase la sección 5.3.1.1.2 del presente informe) que consiste en mantener un reducido número de emplazamientos de observación (hasta 40) donde se operan radiosondas de alta calidad, que alcanzan la estratosfera media (alrededor de 30 ó 40 km de altitud máxima). Además del papel que desempeñan en la vigilancia del clima y como referencia para las estaciones ROAS, estos emplazamientos de observación normalmente actúan como “pequeños laboratorios de observación” en los que los perfiles verticales de la atmósfera se observan mediante distintas técnicas (sondeadores en superficie, radares perfiladores y lidars, etc.) y se comparan entre sí.

⁴⁸ Concordiasi es un Proyecto internacional del grupo API-THORPEX en el marco de las actividades del Año polar internacional para validar datos que mejoren el uso de datos obtenidos por satélite en órbita polar en la Antártida

Estos perfiles atmosféricos deberían ser lo más completos posible y deberían integrar un número elevado de variables (en comparación con las radiosondas ordinarias), que comprendan la medición de nubes, aerosoles y concentración de sustancias químicas. El desarrollo de emplazamientos RROAS es un modo sencillo, y una buena oportunidad, de estimular la investigación en nuevas tecnologías de observación.

5.3.8.4. Mediciones atmosféricas desde aeronaves

Las mediciones automáticas de viento y temperatura desde aeronaves llevan más de dos decenios operativas en meteorología. La medición de la humedad desde estaciones de aeronaves comenzó a realizarse en 2010 aproximadamente (véase 5.3.1.3).

Hace dos décadas que se comenzó a realizar mediciones de la química atmosférica desde aeronaves, pero solo se realizan desde un reducido número de aeronaves y no están integradas en las demás mediciones meteorológicas: véase por ejemplo la documentación sobre el proyecto de integración de observaciones rutinarias procedentes de sistemas de aeronaves en un sistema de observación mundial (proyecto IAGOS). Se han desarrollado diferentes gamas de paquetes de vigilancia de la química atmosférica (p.ej. CARIBIC, CONTRAIL). Desde algunas aeronaves se realizan mediciones de la composición atmosférica para diversos tipos de gases, aerosoles, incluso de cenizas volcánicas, pero más con fines de investigación que en modo operativo. Para el futuro es importante converger hacia un sistema operativo más integrado que mida todas esas variables en algunas aeronaves, se procesen de forma coherente y se pongan a disposición en tiempo casi real en la medida de lo posible, incluido para modelos en los que la química se simule, para la meteorología aeronáutica y para la PNT global y de alta resolución.

Medida G59

Medida: Siempre que sea posible y adecuado, integrar las mediciones automáticas de la composición atmosférica realizadas desde aeronaves con las mediciones de viento, temperatura y humedad, que abarque su procesamiento y difusión, de acuerdo con las normas de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) y otras normas pertinentes.

Agente: Organizaciones implicadas en las mediciones atmosféricas desde plataformas de aeronave, SMN, SMHN en colaboración con aerolíneas comerciales y de otro tipo, Comisiones Técnicas (CSB, CIMO, CCA) y el Grupo de expertos AMDAR. La CSB, la CCA y el Grupo de expertos AMDAR dirigirán la medida.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de aeronaves que producen tanto observaciones meteorológicas como mediciones de la composición atmosférica en tiempo real.

5.3.8.5. Animales marinos con instrumentos

Los animales marinos ofrecen oportunidades para que los oceanógrafos realicen observaciones, en el sentido de que el conjunto de sensores fijados a un animal en movimiento en el mar se pueden utilizar para observar tanto el propio animal como su entorno. Boehlert et al. (2001) declararon: “Los sistemas biológicos de toma autónoma de muestras presentan enormes posibilidades de aportar datos oceanográficos de una manera económica”. Diez años después, sobre el año 2010, solo se ha notado un progreso moderado en el uso de esta técnica, limitada por su falta de continuidad temporal y su pobre cobertura de datos (reducida a algunas zonas costeras). Deberían continuar los esfuerzos, especialmente para mejorar el intercambio de datos con todos los usuarios de las mediciones oceánicas y realizarlo de forma más rápida y normalizada.

5.3.8.6. Planeadores oceánicos

La función de observación desempeñada por las aeronaves no tripuladas en la atmósfera es similar a la de los planeadores en el océano. Las observaciones obtenidas con este tipo de estaciones se han utilizado en el pasado para campañas oceanográficas: véase Rudnick et al. (2004) y Davis et al. (2002). Tienen la misma capacidad y la misma flexibilidad para centrarse en una zona concreta del océano y observarla en sus tres dimensiones. Los planeadores de olas y los planeadores oceánicos se han utilizado en diversos experimentos de campo. Tal vez para 2015 ya se utilicen de forma rutinaria los planeadores de olas en algunas partes del mundo.

Se debería tratar de que las investigaciones y los desarrollos siguieran al menos dos direcciones: en relación con nuevos instrumentos capaces de realizar observaciones sobre más variables oceánicas; y en relación con la normalización del intercambio de los datos.

6. SISTEMA DE OBSERVACIÓN ESPACIAL

6.1. Introducción

Durante varios decenios se han utilizado en meteorología dos tipos de satélites: los satélites geoestacionarios y los satélites en órbita terrestre baja. Los satélites geoestacionarios se sitúan en el plano del ecuador y sus longitudes se eligen para optimizar la cobertura de datos. La principal ventaja de los satélites geoestacionarios es la alta frecuencia de observación (normalmente de 15 a 30 minutos). La principal desventaja es que no pueden observar los casquetes polares (aproximadamente 60° de latitud hacia ambos polos). Los satélites en órbita terrestre baja generalmente se sitúan en una órbita polar heliosincrónica, si bien se utilizan otras órbitas para aplicaciones específicas. La principal ventaja de las órbitas heliosincrónicas es la cobertura mundial que puede lograrse en 12 horas con muchos instrumentos de barrido. La cobertura de datos es bastante buena cerca de los polos, donde pueden realizarse observaciones en cada órbita, esto es, cada 100 minutos aproximadamente. La principal desventaja es la frecuencia de observación en regiones de baja latitud, donde las observaciones se producen generalmente cada 12 horas para una única plataforma. Asimismo es más difícil organizar una recopilación de datos rápida y continua de los segmentos terrestres que en el caso de los satélites geoestacionarios.

Algunas series de satélites han estado en funcionamiento durante varios decenios, como el satélite geoestacionario operativo para el estudio del medio ambiente (GOES) de los Estados Unidos de América, los satélites meteorológicos geoestacionarios europeos (METEOSAT) o las series de satélites de órbita polar de la NOAA⁴⁹. Los principales instrumentos utilizados en esos satélites operativos son reproductores de imágenes (visibles e infrarrojas) y sondeadores atmosféricos (de infrarrojos y microondas). Los satélites de investigación han desempeñado un papel principal en la complementación de los satélites operativos y continuarán desempeñándolo en el futuro aunque no puedan garantizar la continuidad de las observaciones. Algunas plataformas cuentan con distintos instrumentos que pueden utilizarse en diferentes aplicaciones y es probable que continúe la tendencia a desarrollar plataformas de múltiples usuarios. Algunas necesidades de los usuarios se satisfarán a través de constelaciones de satélites (como la constelación COSMIC⁵⁰ para mediciones de ocultación radio). Los volúmenes de datos y la variedad de instrumentos utilizados de forma rutinaria para numerosas aplicaciones han aumentado de forma considerable durante los últimos 20 años. En la actualidad, muchos sistemas de observación por satélite (incluidos satélites de investigación) realizan una contribución muy importante a la vigilancia operativa del tiempo y del clima. La continuidad de los datos, que es

⁴⁹ Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (EE.UU.)

⁵⁰ Sistema de observación en constelación para meteorología, ionosfera y clima

fundamental tanto para la vigilancia del clima como para las aplicaciones operativas, se ve amenazada por el posible final de las misiones satelitales antes de que se pongan en funcionamiento plataformas de seguimiento. Se insta a las agencias espaciales a que prolonguen la vida de los instrumentos utilizados en misiones pertinentes instalados en los correspondientes satélites.

En la base de datos sobre las capacidades de observación de los satélites del sitio web de la OMM⁵¹ figura una descripción detallada de los satélites actuales y de los instrumentos que contribuyen a los sistemas mundiales de observación (o que probablemente contribuirán a ellos durante el período comprendido entre 2012 y 2025). Esta información incluye un análisis de las carencias, esto es, las que son más importantes y que se traducen en recomendaciones sobre el desarrollo o la mejora de los sistemas de observación por satélite. En los próximos 15 años se prevé que se ampliará la capacidad de observación espacial, aumentará la comunidad de organismos espaciales que contribuyen a los programas de la OMM y se intensificará la colaboración entre ellos. Asimismo es previsible que la tendencia sea que cada vez haya más satélites que den servicio a diversas aplicaciones.

En la siguiente sección (6.2) se describen las cuestiones generales relativas al componente espacial de los sistemas mundiales de observación y se incluyen las recomendaciones correspondientes para su aplicación durante el período comprendido entre 2012 y 2025. En la sección 6.3 se describen las medidas recomendadas para los diferentes sistemas de observación clasificados en los siguientes componentes (según las previsiones de Visión 2025):

- satélites geoestacionarios operativos (subsección 6.3.1);
- satélites en órbita polar heliosincrónica operativos (6.3.2);
- diversas misiones satelitales operativas, con varios instrumentos a bordo de satélites en diferentes órbitas (6.3.3), que complementan los dos componentes anteriores; el conjunto es el pilar de los sistemas de observación espaciales;
- misiones satelitales I+D, precursores operativos y demostradores de tecnologías (6.3.4), cuyo papel en los sistemas mixtos de observación en el año 2025 es incierto, pero que es probable que para entonces realicen una contribución operativa.

Cabe señalar que las observaciones de meteorología del espacio se examinan por separado en la sección 7.

6.2. Cuestiones generales: calibración de datos, intercambio de datos, generación de productos, administración de datos, educación y formación

Se registrará una tendencia a una mayor resolución espacial, temporal y espectral de todos los sistemas de observación por satélite que mejorará la información disponible, particularmente para supervisar y predecir fenómenos de evolución rápida y a pequeña escala, al tiempo que aumentará la demanda de intercambio de datos y de capacidad de procesamiento. Las resoluciones espacial, temporal y espectral de los datos satelitales que se utilizan en la predicción operativa suelen ser más bajas que las resoluciones de los instrumentos debido a las limitaciones de los recursos informáticos y de las metodologías de asimilación de datos. Está previsto que para 2025 la resolución de los datos satelitales que se asimilan efectivamente en los modelos meteorológicos y oceánicos aumentará más rápido que las resoluciones de los instrumentos, debido a mejoras en las técnicas de asimilación de datos.

⁵¹ <http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/RRR-DB.html>: en esta página web de la OMM se puede consultar una base de datos exhaustiva sobre satélites del pasado, el presente y el futuro y de sus instrumentos

6.2.1. Disponibilidad y oportunidad de los datos

Los progresos realizados en la esfera de la capacidad de los instrumentos y del uso de la información satelital serán plenamente positivos solo si van acompañados de otras medidas destinadas a mejorar la disponibilidad y la oportunidad de los datos destinados a los diferentes usuarios y las distintas aplicaciones, que van desde la asimilación mundial en modelos meteorológicos u oceánicos hasta el uso local en la predicción inmediata. Esta cuestión es más decisiva en el caso de los satélites en órbita terrestre baja que en el de los satélites geoestacionarios. En el caso de los primeros, se deberían proporcionar capacidades de lectura directa siempre que fuera posible. En combinación con los sistemas de lectura directa, el desarrollo del Servicio regional de retransmisión de datos de la ATOVS⁵² ha mejorado el suministro oportuno de datos. Este tipo de medida de "rápida retransmisión" de las radiancias de satélite para sondeadores en órbita polar ha contribuido considerablemente a la PNT durante los últimos años, y cada vez ayudará más a los sistemas de predicción regional y local del futuro. La aplicación de esos conceptos a otros datos, por ejemplo, la reproducción de imágenes, sería beneficioso para muchas otras esferas de aplicación. En el caso de los satélites geoestacionarios, el suministro de datos es más fácil en la zona geográfica correspondiente al disco de la Tierra que cada satélite observa directamente. El principal desafío es la rapidez de procesamiento e intercambio mundial de los datos procesados (por ejemplo, vectores de movimiento atmosférico (VMA)) que se necesitan para la PNT global con una frecuencia de una hora por lo menos. Otras aplicaciones han puesto de relieve diferentes necesidades en materia de oportunidad de los datos.

Se deberían proporcionar, según proceda, técnicas de difusión de datos fáciles de usar (Internet, difusión de vídeo digital). Esas técnicas diversas contribuyen al SIO y también deberían utilizarse para distribuir productos y material de formación.

6.2.2. Información del usuario, formación y administración de datos

Se deberían adoptar disposiciones para permitir que las capacidades proporcionadas por el SMO espacial se utilizaran de forma eficaz y para preparar a los usuarios a utilizar las capacidades de nuevos satélites mucho antes de la implantación del sistema. Para ello será preciso ofrecer orientación sobre la infraestructura de recepción, procesamiento y análisis de datos, incluido sobre el soporte lógico.

Los usuarios que emplean conjuntos de datos y productos satelitales necesitan disponer de suficiente información sobre su calidad (por ejemplo, precisión), los algoritmos utilizados y la adecuación al propósito. Los operadores de satélites deberían proporcionar una descripción completa de todos los pasos dados en la generación de productos satelitales, incluyendo los algoritmos utilizados, los conjuntos de datos satelitales específicos utilizados, y las características y los resultados de las actividades de validación. Ello debería ser conforme al procedimiento del Marco de gestión de la calidad (MGC) (véase la sección 2.1). Los metadatos deberían ajustarse al perfil de metadatos básico de la OMM y respetar las formas de presentación internacionalmente aceptadas por la OMM (véase *WMO Guidelines on the use of metadata for WIS* (Directrices de la OMM sobre el uso de metadatos para el SIO), 2010⁵³).

En lo que se refiere a la vigilancia del clima y los estudios de otros fenómenos a largo plazo, se necesitan series temporales de imágenes satelitales prolongadas (por ejemplo, registros de datos climáticos fundamentales). La administración de datos a largo plazo siguiendo una orientación científica es necesaria para obtener registros homogéneos a largo plazo, que deberían incluir un

⁵² Sonda vertical operativa TIROS avanzada

⁵³ http://wis.wmo.int/2010/metadata/version_1-2/WMO%20Core%20Metadata%20Profile%20v1-2%20Guidance%20Documentation%20v0.1%20%28DRAFT%29.pdf

reprocesamiento periódico (aproximadamente cada cinco años). Se debería disponer de arreglos de fácil uso para acceder a los archivos de datos.

Como parte de la mejora continua de la capacidad de los Miembros, la preparación debería incluir la necesaria educación y formación dirigida a los usuarios, por ejemplo impartida por el Laboratorio virtual para la enseñanza y formación en meteorología satelital (VLab) del Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos (GCSM) y sus Centros de Excelencia. Las necesidades de los usuarios en relación con datos satelitales, productos, infraestructura y capacitación deberían evaluarse de forma periódica a nivel mundial y regional, según proceda, con el fin de supervisar la eficacia de las medidas propuestas.

Medida S1

Medida: Permitir a los Miembros, según proceda, que se beneficien plenamente de las capacidades satelitales en evolución a través de orientación sobre la recepción de datos y los sistemas de difusión, incluidas las mejoras de infraestructura necesarias.

Agente: La CSB dirigirá la medida, en colaboración con el Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos (GCSM) y operadores de satélites.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Nivel de respuesta positiva a la encuesta sobre las necesidades de los Miembros como usuarios.

Medida S2

Medida: Garantizar que los operadores de satélites proporcionen una descripción completa de todos los pasos dados en la generación de productos satelitales, incluidos los algoritmos utilizados, los conjuntos de datos satelitales específicos utilizados y las características y los resultados de las actividades de validación.

Agente: Operadores de satélites que integran el GCSM y el Comité sobre satélites de observación de la Tierra (CEOS).

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de productos totalmente documentados, que se ajustan al procedimiento del Marco de gestión de la calidad.

Medida S3

Medida: Garantizar que los operadores de satélites aseguren la conservación de los datos a largo plazo y la administración científica de los datos, incluido el reprocesamiento periódico (aproximadamente cada cinco años).

Agente: Operadores de satélites en colaboración con el SMOC.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Existencia de archivos de datos satelitales a largo plazo, con reprocesamiento periódico.

Medida S4

Medida: Permitir que los Miembros se beneficien de las capacidades satelitales en evolución a través de actividades de educación y formación adecuadas y orientadas a la aplicación (incluida la educación a distancia).

Agente: El GCSM a través de su Laboratorio Virtual, incluidos los Centros de Excelencia, y asociados.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Nivel de respuesta positiva a la encuesta sobre las necesidades de formación de los Miembros.

Medida S5

Medida: Las regiones deberían determinar y mantener los requisitos de los conjuntos de datos y productos satelitales.

Agente: Asociaciones regionales y operadores de satélites a través de sus equipos de trabajo regionales y Centros de Excelencia del Laboratorio Virtual.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Exhaustividad y vigencia del conjunto de requisitos regionales.

6.2.3. Cuestiones de calibración

Habida cuenta de que casi todos los instrumentos de los satélites necesitan otros instrumentos u otras mediciones para mejorar su calibración, el papel del Sistema Mundial de Intercalibración Espacial (GSICS) cobra una importancia creciente con el aumento en el número y variedad de los sistemas de observación. También es fundamental combinar observaciones in situ en el proceso de calibración, ajuste y validación. Los organismos de satélites, los laboratorios nacionales y los principales centros de PNT, asistidos por la OMM, el GCSM y el CEOS llevarán a cabo esas actividades, que comprenden:

- emplazamientos de referencia terrestres (como emplazamientos terrestres especialmente equipados y campañas especiales sobre el terreno) utilizados para controlar el rendimiento de los instrumentos satelitales.
- fuentes de calibración extraterrestres (sol, luna, estrellas) que son objetivos de calibración estables para el control de la calibración de los instrumentos.
- simulaciones con modelos que permitan la comparación del control estándar de "valores observados frente a valores del modelo".
- mediciones de referencia de la máxima precisión realizadas por instrumentos especiales satelitales y terrestres.

Debería haber bandas espectrales comunes en sensores de satélites geoestacionarios y satélites en órbita terrestre baja para facilitar las intercomparaciones y los ajustes de calibración. Los sensores de los satélites geoestacionarios distribuidos por todo el mundo deberían intercalibrarse de forma rutinaria utilizando un determinado satélite en órbita terrestre baja, y una serie de sensores en satélites en una determinada órbita terrestre baja deberían intercalibrarse de forma rutinaria con un sensor determinado de un satélite geoestacionario.

Medida S6

Medida: Mantener y desarrollar las intercomparaciones del GSICS y las intercalibraciones entre sensores de satélites geoestacionarios y de satélites en órbita terrestre baja de forma operativa.

Agente: Sistema Mundial de Intercalibración Espacial (GSICS).

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de instrumentos calibrados de acuerdo con las normas del GSICS.

Los instrumentos deberían intercalibrarse de forma rutinaria respecto de instrumentos de referencia u objetivos de calibración, utilizando metodologías comunes. Se deberían conservar al menos dos instrumentos de espectro infrarrojo y dos instrumentos de espectro visible de gran calidad y, en última instancia, de espectro ultravioleta y de espectro de microondas en satélites en órbita terrestre baja para proporcionar mediciones de referencia para la intercalibración de los instrumentos operativos en satélites geoestacionarios o en satélites en órbita terrestre baja.

Para la mayoría de las aplicaciones, y especialmente para la vigilancia del clima, la continuidad temporal de los sensores de los satélites principales debe planificarse y organizarse a nivel internacional. A fin de garantizar la continuidad y la coherencia de los registros de datos, es

necesario asegurar i) la continuidad de las observaciones; y ii) la superposición de sensores de referencia clave que se necesitan para proporcionar la trazabilidad, como se establece en los Principios de vigilancia del clima del SMOC⁵⁴.

Medida S7

Medida: Garantizar la continuidad y la superposición de sensores clave de los satélites, teniendo en cuenta tanto el procesamiento en tiempo real como en modo diferido para asegurar la consistencia de los registros climáticos, el reanálisis, la investigación, la recalibración y los estudios de casos.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Continuidad y consistencia de los registros de datos.

6.3. Cuestiones específicas de cada componente del sistema de observación

6.3.1. Satélites geoestacionarios operativos

En lo que respecta a los satélites meteorológicos geoestacionarios, una de sus características principales es que se distribuyen aproximadamente de forma uniforme a lo largo del ecuador, con el fin de que no haya ninguna laguna entre sus respectivos discos de observación en los trópicos y las latitudes medias, de modo que puedan proporcionar una cobertura de datos mundial, frecuente (15 a 30 minutos) y continua, excepto en los casquetes polares (aproximadamente 60° de latitud hacia ambos polos). A fin de satisfacer las distintas necesidades (actuales y futuras), es necesario distribuir al menos seis satélites geoestacionarios operativos, con un intervalo idealmente no superior a 70° de longitud para sus respectivas posiciones a lo largo del ecuador. Durante los últimos decenios la principal preocupación ha sido la continuidad de la cobertura sobre el océano Índico. En la actualidad, el intervalo a lo largo del ecuador entre el GOES-W y el MTSAT, de entre 80 y 85°, también es mayor de lo que se recomienda.

Medida S8

Medida: Garantizar y mantener una distribución de al menos seis satélites geoestacionarios operativos a lo largo del ecuador, separados por un intervalo idealmente no superior a 70° de longitud. Mejorar la cobertura espacial y temporal con satélites geoestacionarios sobre el Pacífico.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Calidad de la cobertura global por los diferentes instrumentos de los satélites geoestacionarios operativos.

6.3.1.1. Reproductores de imágenes visibles e infrarrojas multiespectrales de alta resolución

En la actualidad en todos los satélites geoestacionarios se dispone de reproductores de imágenes visibles e infrarrojas. El número de canales y la resolución de las imágenes varían de un satélite a otro. Los reproductores de imágenes de los satélites geoestacionarios se utilizan en varias aplicaciones, principalmente para la predicción inmediata y la predicción a muy corto plazo. Son muy útiles para detectar fenómenos meteorológicos peligrosos y para vigilar su rápida evolución y movimiento. También permiten observar las nubes (cantidad, tipo, temperatura de la cima). Mediante el seguimiento de las nubes y las características del vapor de agua en series temporales

⁵⁴ Véase: http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/aopcXVI/8.9_RecognitionDatasets.pdf

de imágenes se deducen propiedades del viento: vectores de movimiento atmosférico (VMA). Se deduce la temperatura en superficie sobre el mar y sobre la tierra, así como índices de estabilidad atmosférica. Las imágenes de los satélites geoestacionarios también se utilizan para detectar la precipitación, aerosoles, la capa de nieve, la cubierta vegetal, incluido el índice de área foliar (LAI) y la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida (FAPAR), incendios y cenizas volcánicas.

En 2025 se prevé que se registre un aumento de la resolución espacial y temporal en la mayoría de los reproductores de imágenes de los satélites geoestacionarios, lo que es importante para mejorar la recopilación de datos y el consiguiente intercambio de datos.

Medida S9

Medida: En cada satélite geoestacionario operativo, aplicar y mantener al menos un reproductor de imágenes visibles e infrarrojas con al menos 16 canales que proporcionen una cobertura completa de los discos de la Tierra, con una resolución temporal de 15 minutos por lo menos y una resolución horizontal de 2 km por lo menos (en el punto subsatelital).

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas y organismos de satélites.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de satélites geoestacionarios equipados con reproductores de imágenes de alta resolución.

Medida S10

Medida: En cada satélite geoestacionario, organizar la estrategia de exploración y el procesamiento de las imágenes (junto con otros instrumentos u otras fuentes de información) con el fin de producir vectores de movimiento atmosférico con una frecuencia de una hora por lo menos.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de satélites geoestacionarios que producen vectores de movimiento atmosférico de modo operativo.

6.3.1.2. Sondas infrarrojas hiperespectrales

Los sondadores infrarrojos se han utilizado durante mucho tiempo en los satélites en órbita terrestre baja. Los sondadores infrarrojos hiperespectrales se utilizan actualmente en algunos satélites en órbita terrestre baja (por ejemplo, el interferómetro de sondeo atmosférico infrarrojo (IASI) del satélite meteorológico operativo) pero no en satélites geoestacionarios. La evaluación del potencial de los sondadores hiperespectrales en el GEO se llevó a cabo con la misión del espectrómetro de formación de imágenes por transformación de Fourier (GIFTS), que fue examinada por los Estados Unidos de América.

Varios operadores de satélites geoestacionarios tienen la firme intención de incluir sondadores infrarrojos hiperespectrales en la próxima serie de satélites. En la base de datos de la OMM sobre las necesidades de los usuarios en materia de observación y la capacidad de los sistemas de observación se incluyen planes detallados sobre las distintas series de satélites geoestacionarios (véase la referencia de la nota al pie en la sección 6.1 del presente informe).

Esos sondadores previstos pondrán énfasis en una alta resolución horizontal (más de 10 km) y en una alta resolución vertical (de aproximadamente 1 km). Su objetivo principal consistirá en proporcionar información frecuente sobre la estructura en 3D de la temperatura y la humedad de

la atmósfera para la totalidad del disco de la Tierra observado por el satélite (excepto en las nubes y por debajo de estas). Se utilizarán, junto con los reproductores de imágenes, para producir vientos en alta resolución (VMA de las nubes o las características del vapor de agua), hacer un rápido seguimiento de los fenómenos en evolución, y determinar la temperatura de superficie (mar y tierra). También están diseñados para desempeñar un papel importante en la observación frecuente de la composición química atmosférica.

Medida S11

Medida: Equipar todos los satélites meteorológicos geoestacionarios con sensores infrarrojos hiperespectrales para sondeos frecuentes de la temperatura y la humedad, así como trazadores de perfilación del viento con la alta resolución adecuada (horizontal, vertical y horaria).

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo para la planificación y preparación de la misión; 2015-2025 para hacer que los instrumentos sean operativos.

Indicador de ejecución: Número de satélites geoestacionarios equipados con sondeadores hiperespectrales.

6.3.1.3. Reproductores de imágenes de relámpagos

Una misión satelital de reproducción de imágenes de relámpagos no tiene el bagaje de ninguna de las misiones geoestacionarias actuales o del pasado. Tiene por objeto ofrecer la detección y ubicación de relámpagos en tiempo real (con una precisión de 5 a 10 km), principalmente en apoyo de los sistemas de predicción inmediata y de predicción a muy corto plazo. Está diseñada para detectar descargas eléctricas nube a nube y nube a tierra, sin hacer distinción entre ambos tipos.

Como los relámpagos están estrechamente correlacionados con tormentas y fuerte precipitación, otro de los objetivos de una misión de reproducción de imágenes de relámpagos es que estos pueden actuar como indicadores sustitutivos de convección intensa y lluvias convectivas. Asimismo podrían servir como indicadores del calentamiento diabático y latente para su asimilación en los modelos de PNT. También pueden contribuir a la generación de una climatología completa de los relámpagos, junto con los sistemas de observación de relámpagos en superficie (véase 5.3.2.4). Por último, los relámpagos desempeñan un papel importante en la generación de óxidos de nitrógeno, y las observaciones de relámpagos podrían ser una fuente importante de información para los modelos de química atmosférica.

Se prevé que antes de 2025 se lleve a cabo una misión de reproducción de imágenes de relámpagos en la mayoría de programas de satélites geoestacionarios: el satélite Meteosat de tercera generación de la Unión Europea (LI: Lightning Imager), el satélite americano GOES, serie R (GOES-R) y posteriores (GLM: Geostationary Lightning Mapper), los satélites rusos GOMS⁵⁵ y el satélite chino FY-4⁵⁶.

Medida S12

Medida: Equipar todos los satélites meteorológicos geoestacionarios con un reproductor de imágenes de relámpagos para detectar descargas eléctricas nube a nube y nube a tierra.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

⁵⁵ Satélite meteorológico operativo geoestacionario

⁵⁶ Satélite meteorológico FengYun 4

Plazo: Continuo para la planificación y preparación de la misión; 2015-2025 para hacer que los instrumentos sean operativos.

Indicador de ejecución: Número de satélites geoestacionarios equipados con un reproductor de imágenes de relámpagos.

6.3.2. Satélites en órbita polar heliosincrónica operativos

Para lograr una buena cobertura mundial de datos, la Visión 2025 prevé que haya al menos tres satélites operativos en órbita polar (con un conjunto mínimo de instrumentos), además de otros satélites en distintas órbitas. La hora de cruce del Ecuador de los tres satélites está previsto que sea a las 13:30, 17:30 y 21:30 (hora solar local). La elección de la hora de cruce del Ecuador en órbita de los tres satélites operativos (y de todos los demás satélites en órbita polar) debe supervisarse permanentemente a través de la cooperación internacional.

Medida S13

Medida: Garantizar la coordinación orbital para todas las misiones meteorológicas principales de satélites en órbita terrestre baja, con el fin de optimizar la cobertura temporal y espacial, manteniendo a la vez cierta redundancia orbital. Las misiones de satélites en órbita terrestre baja deberían incluir por lo menos tres satélites en órbita polar heliosincrónica operativos cuya hora de cruce del Ecuador sea a las 13:30, 17:30 y 21:30 (hora local).

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas y organismos espaciales.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número y distribución orbital de las misiones meteorológicas de satélites en órbita terrestre baja.

Estas plataformas en órbita (hora de cruce del Ecuador a las 13:30, 17:30 y 21:30) deberían estar equipadas con al menos un sondeador infrarrojo hiperespectral, un sondeador de microondas y un reproductor de imágenes visibles e infrarrojas multiespectrales de alta resolución.

En comparación con los satélites geoestacionarios es más difícil realizar una recopilación rápida de datos con plataformas polares (desde la plataforma al segmento de tierra) y posteriormente lograr que la entrega de datos cumpla con los requisitos de oportunidad requeridos para las diversas aplicaciones de los usuarios.

Medida S14

Medida: Mejorar la oportunidad de los datos de satélites en órbita terrestre baja, en especial de las principales misiones meteorológicas en los tres planos orbitales, mediante el desarrollo de sistemas de comunicación y procesamiento que logren una entrega de datos en un tiempo inferior a 30 minutos (como se ha logrado con la red del Servicio regional de retransmisión de los datos de la ATOVS (RARS) para algunos conjuntos de datos).

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Oportunidad de los datos de satélites en órbita terrestre baja, evaluada según los índices de vigilancia habituales.

Medida S15

Medida: Mejorar el acceso local en tiempo real a los datos de satélites en órbita terrestre baja, en especial de las principales misiones meteorológicas en los tres planos orbitales,

mediante el mantenimiento y desarrollo de sistemas de comunicación y procesamiento de lectura directa.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Volúmenes de datos de satélites en órbita terrestre baja accesibles por lectura directa.

6.3.2.1. Sondeadores infrarrojos hiperespectrales

La experiencia actual (2012) en materia de sondeadores hiperespectrales se basa en el uso del IASI en el satélite Metop⁵⁷, y de la sonda avanzada en el infrarrojo en AQUA⁵⁸. En comparación con los anteriores sondeadores infrarrojos, estos proporcionan muchos más detalles en vertical sobre la estructura de la temperatura y la humedad. El principal inconveniente es que se limitan a recoger muestras de la atmósfera de cielo despejado y de la parte que está por encima de las nubes. Sin embargo, también son una fuente importante de información para la temperatura superficial del mar y de la tierra, la composición atmosférica y las variables de las nubes. Los estudios de repercusión han demostrado que tienen una fuerte repercusión positiva en la PNT global. También se espera que desempeñen un papel importante como complemento de los instrumentos de microondas en la preparación de registros de datos climáticos (véase la siguiente sección 6.3.2.2 sobre los sondeadores de microondas).

Una de las dificultades a las que se enfrentan los usuarios de los sondeadores infrarrojos hiperespectrales es el enorme volumen de datos redundantes para procesar. Cada usuario está interesado en la información de un subconjunto específico de este enorme volumen, y este subconjunto varía de una aplicación a otra. Por ejemplo, la PNT global está interesada en una representación de los datos que proporciona más información sobre los perfiles de temperatura y humedad, mientras que la comunidad de la composición de la atmósfera está interesada en la información sobre determinados componentes de la atmósfera. Los centros que preprocesan esas observaciones se enfrentan al reto de realizar una entrega de datos que satisfaga a todos los usuarios en un contexto operativo.

Medida S16

Medida: Diseñar los segmentos terrestres para sondeadores infrarrojos hiperespectrales con el fin de definir y aplicar una estrategia de reducción de datos que optimice el contenido de la información accesible dentro del margen de oportunidad y de limitaciones de costo, y aborde al mismo tiempo las necesidades de las diferentes comunidades de usuarios.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Volumen y oportunidad de los diferentes conjuntos de datos distribuidos a los usuarios de los sondeadores hiperespectrales.

6.3.2.2. Sondeadores de microondas

Los sondeadores de microondas se han utilizado en meteorología desde el decenio de 1970-1980, principalmente desde la serie de satélites estadounidenses de la NOAA, equipados primero con la sonda de microondas (MSU), y posteriormente con la sonda perfeccionada de microondas (AMSU). Proporcionan información sobre los perfiles verticales atmosféricos de la temperatura y la

⁵⁷ Satélite meteorológico operativo en órbita polar de EUMETSAT

⁵⁸ <http://aqua.nasa.gov/>

humedad, pero con una mejor resolución vertical en comparación con los sensores infrarrojos hiperespectrales. Su principal ventaja respecto de los sondeadores infrarrojos es la capacidad para observar las nubes y debajo de estas. Actualmente (2012) se utilizan para operaciones meteorológicas en varios satélites (5), y sirven de arquitectura principal para los sistemas de asimilación mundial a gran escala. Diversos estudios de repercusión en la PNT han demostrado que estas observaciones realizan una importante contribución positiva.

Además de su papel clave en la observación de la temperatura y la humedad atmosféricas, los sondeadores de microondas proporcionan información sobre el contenido de agua de las nubes y la precipitación.

Los datos específicos de radiancia en el espectro de microondas procedentes de satélites, en particular de sondeadores de microondas (MSU) y sondeadores perfeccionados de microondas (AMSU), se han convertido en elementos clave de los registros climáticos históricos, y en el futuro deben continuarse para mantener un registro a largo plazo. La medida del Plan de ejecución del SMOC tiene por objeto garantizar la obtención continua de datos de radiancia de microondas para registros de datos climáticos. Esa recomendación relacionada con el clima se ve reforzada por el papel clave que han asumido los sondeadores de microondas en el reanálisis mundial.

Medida S17

Medida: Subsanan la deficiencia en la cobertura prevista de sondeadores de microondas en satélites en órbita de madrugada.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas y organismos de satélites.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de sondeadores de microondas previstos para satélites en órbita de madrugada.

6.3.2.3. Reproductores de imágenes visibles e infrarrojas multiespectrales de alta resolución

Los reproductores de imágenes visibles e infrarrojas se han utilizado desde el comienzo de la meteorología por satélite en el decenio de 1960-1970. En ese momento proporcionaban información cualitativa de gran utilidad para los meteorólogos, sobre todo en cuanto al tipo y la posición de las nubes y los sistemas meteorológicos. Desde entonces, los reproductores de imágenes han sido objeto de numerosos avances tecnológicos, en particular en lo que concierne a la resolución horizontal y el número de canales. Los reproductores de imágenes a bordo de satélites en órbita terrestre baja complementan muy bien a los instalados en satélites geoestacionarios, mediante la observación de las latitudes medias y altas, aunque su frecuencia de observación está limitada por las configuraciones orbitales de los satélites.

Las capacidades de observación de los reproductores de imágenes a bordo de satélites en órbita terrestre baja son muy similares a las de los reproductores de los satélites geoestacionarios. Realizan observaciones de las nubes (cantidad, tipo, temperatura de la cima). Se deduce la temperatura en superficie sobre mar y tierra. Las imágenes de satélites en órbita terrestre baja también se utilizan para detectar la precipitación, aerosoles, la capa de nieve, la cubierta vegetal (incluido el índice de área foliar (IAF) y la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida (FAPAR), incendios y cenizas volcánicas. Se utilizan sobre todo para la predicción inmediata y la predicción a muy corto plazo en las zonas polares. También pueden utilizarse para producir vectores de movimiento atmosférico (VMA) (vientos calculados a partir del seguimiento de nubes o el vapor de agua). Los vientos calculados por MODIS⁵⁹ se han utilizado en la PNT operativa

⁵⁹ MODIS: espectrorradiómetro de formación de imágenes de resolución moderada (a bordo de los satélites AQUA y TERRA).

durante varios años, y se ha demostrado que han tenido una repercusión positiva muy significativa, probablemente debido a la falta de otro tipo de observaciones del viento en altitud en los casquetes polares.

Medida S18

Medida: Utilizar los reproductores de imágenes de todas las plataformas operativas en órbita polar para producir VMA a partir del seguimiento de las nubes (o de características del vapor de agua).

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Volumen y oportunidad de los diferentes conjuntos de datos producidos operativamente en los casquetes polares.

Medida S19

Medida: Dedicar un canal al vapor de agua (por ejemplo, 6,7 μm) en el reproductor de imágenes de todos los principales satélites meteorológicos en órbita polar para facilitar el cálculo de los vientos polares a partir del movimiento del vapor de agua.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de satélites meteorológicos principales en órbita polar con un canal dedicado al vapor de agua en su reproductor de imágenes.

6.3.2.4. Reproductores de imágenes de microondas

Los reproductores de imágenes de microondas son similares a los sondeadores de microondas pasivos analizados en la sección 6.3.2.2, salvo en que tienen diferentes características de longitudes de onda y resolución espacial, lo que los hace más apropiados para la observación de la superficie de la tierra o del mar. Sobre los océanos proporcionan información sobre los hielos marinos, la velocidad del viento de superficie y la temperatura superficial del mar. Sobre tierra observan la temperatura de superficie, la humedad del suelo y el equivalente en agua de nieve. También proporcionan información sobre la precipitación y el vapor de agua atmosférico total en columna. Los reproductores de imágenes polarimétricos también proporcionan información sobre la dirección del viento en la superficie del mar.

Desde el decenio de 1990-2000, la información sobre el vapor de agua total en columna y la velocidad del viento de superficie proporcionada por el Reproductor de imágenes con detector especial en microondas (SSM-I) a bordo de los satélites estadounidenses DMSP⁶⁰ se ha utilizado ampliamente en las aplicaciones meteorológicas y climáticas. Inicialmente, el uso de datos se limitó al océano, pero, más recientemente, se han hecho importantes progresos en el uso de información satelital en el espectro de microondas sobre tierra. El papel de esos sensores de microondas también es importante para realizar un seguimiento de los límites del hielo marino en torno a los casquetes polares. Debido a la continuidad de las observaciones desde los satélites DMSP/SSM-I durante los últimos 20 años, esos sensores realizan importantes contribuciones tanto a la vigilancia del clima como al reanálisis mundial.

A fin de satisfacer las diferentes necesidades de los usuarios, es necesario disponer de al menos tres satélites con reproductores de imágenes de microondas en órbitas muy separadas. Según los

⁶⁰ DMSP: Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa (de los Estados Unidos de América): entre los diferentes instrumentos a bordo de los satélites DMSP, el SSM-I es el reproductor de imágenes con detector especial de microondas (utilizado en meteorología operativa)

planes actuales se prevé que se satisfagan la mayoría de las necesidades, con la posible excepción de la temperatura superficial del mar en todas las condiciones meteorológicas.

Medida S20

Medida: Garantizar la disponibilidad de reproductores de imágenes de microondas con todos los canales necesarios para vigilar la temperatura superficial del mar.

Agente: El GCSM con los operadores de satélites.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de satélites en órbita terrestre baja con un sensor de microondas para la temperatura superficial del mar.

6.3.3. Misiones operativas adicionales en órbitas apropiadas

Además de los reproductores de imágenes y los sondeadores mencionados y que operan en satélites GEO y satélites en órbita terrestre baja, se utilizan diversos otros instrumentos satelitales para las aplicaciones meteorológicas, oceánicas, climáticas y de otro tipo. Muchos de ellos (aunque no todos) se utilizan en satélites en órbita polar heliosincrónica. Varios instrumentos satisfacen las necesidades de más de una aplicación.

6.3.3.1. Dispersómetros

A diferencia de reproductores de imágenes de microondas, que son instrumentos pasivos, los dispersómetros a bordo de satélites son un sistema activo de observación y proporcionan principalmente información en la superficie de los océanos (velocidad del viento en la superficie del mar, cobertura de hielo) y también en la superficie de la tierra (humedad del suelo).

Los primeros datos obtenidos con dispersómetros que se asimilaron a los modelos de PNT global operativos fueron las observaciones del viento oceánico del satélite europeo ERS-1⁶¹ en el decenio de 1990-2000. Desde entonces, se han proporcionado dispersómetros para la PNT y otras aplicaciones, desde satélites como el ERS-2, QuikScat⁶², Metop (y su instrumento ASCAT⁶³) - véase la base de datos de la OMM sobre las necesidades de los usuarios en materia de observación y la capacidad de los sistemas de observación, para obtener una lista de instrumentos y misiones. En general, proporcionan una cobertura mundial de datos muy buena (con algunas limitaciones en la velocidad máxima del viento, o sobre el hielo marino), que ayuda considerablemente a satisfacer las necesidades meteorológicas y oceánicas en términos de viento de superficie. Sobre tierra el uso de los datos obtenidos con dispersómetros no es tan habitual, pero se han registrado importantes progresos recientemente en el uso de la información sobre la humedad del suelo.

Se necesitan al menos dos satélites en órbitas muy separadas con un dispersómetro a bordo, que deberían mantenerse en el futuro. Según los planes actuales se prevé que se satisfagan esas necesidades.

6.3.3.2. Constelación de sensores de ocultación radio

El uso de la ocultación radio en meteorología es un buen ejemplo de sistema de observación basado en aprovechar una oportunidad: i) la disponibilidad continua de las señales de radio del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) emitidas por unos 30 satélites GNSS (probablemente unos 60 en 2015-2025), en órbita a una altitud de alrededor de 22 000 km; ii) el papel perturbador de la atmósfera que ralentiza la propagación de la señal, y genera refracción

⁶¹ ERS = Earth Resource Satellite (satélites de recursos terrestres); misión de la AEE (el satélite ERS-1 empezó a funcionar en 1991 y a continuación siguió el ERS-2)

⁶² Dispersómetro rápido (NASA)

⁶³ Dispersómetro avanzado de Metop (ASCAT - Advanced SCATterometer)

atmosférica. Por tanto, al instalar receptores GNSS en otros satélites (constelación especial o satélites meteorológicos operativos, generalmente en satélites en órbita terrestre baja), se puede medir el retardo de las señales debido a su propagación a través de la atmósfera. Esos retardos se deben principalmente a la densidad del aire y proporcionan información útil sobre la temperatura, especialmente en la estratosfera y la troposfera superior, y sobre la humedad en la troposfera inferior.

Las mediciones de la ocultación radio se han asimilado en los modelos de PNT operativos desde 2005 aproximadamente procedentes de varios satélites: CHAMP⁶⁴, GRACE-A⁶⁵, Metop (con su instrumento GRAS⁶⁶), la constelación COSMIC⁶⁷ (véase Poli et al., 2009). Diversos centros de PNT han evaluado la repercusión de esas mediciones en los análisis y predicciones y los principales resultados obtenidos se han debatido con ocasión del cuarto taller de la OMM sobre estudios de repercusión (véase la referencia de la nota al pie de la sección 4). Habida cuenta del carácter muy indirecto del sistema de observación a través de instrumentos que no se diseñaron especialmente para la meteorología, esta repercusión positiva ha sido sorprendentemente amplia. Además, la cobertura de los datos obtenidos de una constelación de satélites receptores es mundial y bastante uniforme. El sistema ofrece mediciones absolutas (autocalibradas), no contaminadas por las nubes, lo que es una gran ventaja con respecto a i) la intercalibración general de datos satelitales; y ii) la creación de registros de datos climáticos.

La mayoría de satélites existentes en la actualidad que proporcionan mediciones de ocultación radio para aplicaciones operativas no son satélites operativos y no pertenecen a ningún programa de satélites cuya continuidad futura esté garantizada. Para el período 2012-2025 es importante planificar la continuidad de un número suficiente de satélites receptores, con el fin de evitar perder los beneficios de las importantes inversiones realizadas en la producción de mediciones de ocultación radio y en su uso en la meteorología operativa. Cabe señalar que la cantidad de información suministrada por un sensor de ocultación radio depende del número de antenas y sistemas GNSS a bordo compatibles con, por ejemplo, GPS, GLONASS y Galileo.

Medida S21

Medida: Garantizar y mantener una constelación de receptores GNSS de ocultación radio a bordo de plataformas en diferentes órbitas que produzcan al menos 10 000 ocultaciones al día (el orden de magnitud se redefine en la siguiente medida). Organizar la entrega en tiempo real a los centros de procesamiento.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de ocultaciones GNSS al día procesadas en tiempo casi real.

Medida S22

Medida: Realizar experimentos de simulación de sistemas de observación para evaluar la repercusión de diferentes números de ocultaciones diarias y para estimar el número óptimo de ocultaciones diarias necesarias.

Agente: Centros de PNT en coordinación con la CSB (que dirigirá la medida) y la CCA.

Plazo: Antes del fin de 2013.

Indicador de ejecución: Número experimentos de simulación de sistemas de observación realizados.

⁶⁴ CHALLENGING Minisatellite Payload (Carga útil para prueba de aptitud de minisatélite)

⁶⁵ GRACE: Experimento de recuperación gravitacional y clima

⁶⁶ Receptor GNSS para el sondeo atmosférico (GRAS - GNSS Receiver for Atmospheric Sounding)

⁶⁷ <http://www.cosmic.ucar.edu/>

Otra de las aplicaciones de las señales GNSS y de la ocultación radio es la medición de la densidad de electrones en la ionosfera. Por consiguiente, las futuras constelaciones de sensores de ocultación radio también contribuirán a las aplicaciones de la meteorología del espacio (véase la sección 7).

6.3.3.3. Constelación de altímetros

La altura de la superficie del mar es una de las variables fundamentales que conviene observar para los análisis y las predicciones oceánicas y la modelización acoplada océano-atmósfera. La altura de la superficie del mar se ha observado a través de una serie de altímetros satelitales desde el inicio de la década 1990-2000: ERS-1 y 2, JASON-1⁶⁸ y 2, ENVISAT⁶⁹, GEOSAT⁷⁰, etc. – consúltese la base de datos de la OMM sobre las necesidades de los usuarios en materia de observaciones y sobre las capacidades de los sistemas de observación para obtener documentación sobre estos satélites y las características de sus instrumentos. Los altímetros satelitales proporcionan mediciones de la topografía del océano y de la altura significativa de las olas con una cobertura global y buena precisión. Los altímetros de banda ancha podrían cobrar gran interés. El viento de superficie también puede calcularse a partir de la observación de las olas. Sin embargo, las resoluciones horizontal y temporal están limitadas por el instrumento que produce las observaciones únicamente en el nadir del satélite (en el caso de la mayoría de instrumentos). La resolución horizontal puede ser buena a lo largo de la trayectoria del satélite y la principal limitación es el seguimiento "de través" en las latitudes medias: generalmente hay un vacío de 300 kilómetros entre mediciones desde dos órbitas consecutivas.

Asimismo existen varios altímetros capaces de proporcionar mediciones de la topografía del hielo (sobre mar y tierra) y en los niveles de los lagos (aplicaciones para la vigilancia de glaciares y la hidrología). Lamentablemente existe una deficiencia en altimetría por láser entre los satélites primero y segundo (ICESat) de la NASA para la medición del hielo, las nubes y la elevación del suelo. Mientras que el altímetro radar de Cryosat-2 también sirve para realizar mediciones del hielo continental y marino, la constelación ideal de altímetros dispondría tanto de altímetros láser como radar. La combinación proporcionaría una mayor precisión en las estimaciones del espesor del hielo marino y podría proporcionar información sobre la profundidad de la nieve sobre el hielo.

En el futuro, varios altímetros (previstos o ya operativos) seguirán apoyando esas aplicaciones: ALT a bordo de la misión HY-2A⁷¹, AltiKa⁷² a bordo de la misión SARAL⁷³ - consúltese la base de datos de la OMM sobre las necesidades de los usuarios en materia de observaciones y sobre las capacidades de los sistemas de observación. En el período comprendido entre 1990 y 2010, el número de altímetros operativos osciló entre 1 y 4. En general se reconoce que se necesitarán un mínimo de dos satélites en órbitas heliosincrónicas, además de una misión de referencia, para satisfacer las necesidades de la oceanografía operativa.

Medida S23

Medida: Implantar una constelación de altímetros que comprenda una misión de referencia de alta precisión, no heliosincrónica, de órbita inclinada, y dos instrumentos en órbitas heliosincrónicas muy separadas.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

⁶⁸ Misión topográfica de la superficie de los océanos (Estados Unidos de América/Francia)

⁶⁹ Misión del satélite de observación del medio ambiente de la AEE

⁷⁰ Satélite Geodésico

⁷¹ Misión de satélites para el océano HaiYang (China)

⁷² Altímetro oceanográfico de alta frecuencia

⁷³ Misión de vigilancia del medio ambiente (India/Francia)

Indicador de ejecución: Número y geometría orbital de satélites que proporcionan altimetría en tiempo real.

6.3.3.4. Reproductor de imágenes infrarrojas de doble ángulo de visión

A efectos de la vigilancia del clima, es importante disponer de registros continuos de mediciones muy precisas de la temperatura superficial del mar. Una de las medidas del Plan de ejecución del SMOC es: "Continuar el suministro de los mejores campos posibles de temperatura superficial del mar basándose en una combinación continua de mediciones en el infrarrojo realizadas desde órbitas polares y geoestacionarias, en combinación con cobertura pasiva de microondas y las redes in situ apropiadas". Para lograr la calidad necesaria de campos de temperatura superficial del mar es importante disponer de al menos un instrumento de infrarrojo dual para correcciones atmosféricas precisas. Esos instrumentos ya se han utilizado: ATSR⁷⁴ a bordo del ERS, AATSR⁷⁵ a bordo del ENVISAT - consúltase la base de datos de la OMM sobre las necesidades de los usuarios en materia de observaciones y sobre las capacidades de los sistemas de observación. Otro instrumento previsto para la misión del Sentinel 3 es el radiómetro para estudiar las temperaturas de los océanos y la superficie terrestre.

Medida S24

Medida: Asegurar y mantener en las operaciones al menos un reproductor de imágenes infrarrojas de doble ángulo de visión a bordo de un satélite en órbita polar con el fin de proporcionar mediciones de la temperatura superficial del mar de calidad adecuada para la vigilancia del clima.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Disponibilidad operativa de reproductores de imágenes de doble ángulo de visión.

Los campos de gran calidad de la temperatura superficial del mar obtenidos a través de esta clase de reproductores de imágenes infrarrojas también servirán para otras aplicaciones además de la vigilancia del clima, por ejemplo, la meteorología y la oceanografía operativas. Además, esta clase de reproductores de imágenes contribuirán a la observación de aerosoles, nubes e incendios.

6.3.3.5. Reproductores de imágenes visibles o casi infrarrojas hiperespectrales de alta resolución espectral de banda estrecha

Las observaciones por teledetección del color del océano y variables geofísicas conexas (por ejemplo, fitoplancton y nutrientes) sirven para detectar varios tipos de contaminación marina y pueden proporcionar imágenes de variables biológicas de la vida marina con una alta resolución horizontal (unos pocos cientos de metros). Las observaciones del color del océano son necesarias para varias aplicaciones marinas y para la validación de los modelos oceánicos.

Las observaciones del color del océano requieren reproductores de imágenes pasivos con bandas estrechas en el espectro visible y casi infrarrojo. Ya funcionan varios instrumentos de este tipo, como el COCTS⁷⁶ en la serie de satélites HY de China, el GOCI⁷⁷ en el satélite de Corea COMS⁷⁸, el MERIS⁷⁹ en el satélite europeo ENVISAT, o el OCM en los satélites Oceansat-1 y Oceansat-2

⁷⁴ Radiómetro de exploración en el sentido de la trayectoria

⁷⁵ Radiómetro de exploración avanzado a lo largo de la traza con sondeador de microondas

⁷⁶ Explorador chino del color y temperatura del océano

⁷⁷ Satélite geoestacionario de elaboración de imágenes policromáticas de los océanos

⁷⁸ Satélite de Comunicación, Oceánico y Meteorológico

⁷⁹ Espectrómetro de imagen de media resolución

de la Organización India de Investigación Espacial. En el futuro, se han previsto otros instrumentos, como el OCS⁸⁰, o el OLCI⁸¹ a bordo del Sentinel-3⁸².

Los reproductores de imágenes de banda estrecha operados en el espectro visible o casi infrarrojo también sirven para la observación de la vegetación (incluidos el índice de área foliar (LAI), la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida (FAPAR) y la vigilancia de zonas quemadas), el albedo de las superficies, los aerosoles y las nubes.

Actualmente la misión de banda estrecha tiene buena cobertura mediante satélites en órbita terrestre baja.

6.3.3.6. Reproductores de imágenes visibles o casi infrarrojas multiespectrales de alta resolución

Para la clasificación de la vegetación, la vigilancia de la utilización de las tierras y la vigilancia de inundaciones, se necesitan reproductores de imágenes visibles e infrarrojas con características de alta resolución horizontal. Estos instrumentos de alta resolución normalmente solo tienen aplicabilidad en satélites en órbita terrestre baja. El índice de área foliar (LAI) es una de las principales variables deseadas en meteorología agrícola a partir de los datos recibidos de los satélites para elaborar modelos de simulación de cosechas. Aunque el LAI puede obtenerse con varios reproductores de imágenes, la resolución máxima la proporcionan los instrumentos de las series LANDSAT⁸³ y SPOT⁸⁴. La superficie terrestre se observa con una resolución horizontal del orden de magnitud del decámetro. Con instrumentos tales como el CHRIS a bordo del PROBA-2⁸⁵ se puede alcanzar una resolución de 2,5 m en algunas zonas específicas seleccionadas.

Es esencial continuar con este tipo de misiones satelitales en el futuro para garantizar la continuidad de las series existentes. Ello es importante para la meteorología agrícola, la hidrología, el uso del suelo y la vigilancia detallada de las catástrofes (inundaciones, incendios); los propios reproductores de imágenes de alta resolución tendrán otras diversas utilidades específicas.

6.3.3.7. Radares de precipitación con reproductores de imágenes de microondas pasivos

La estimación del campo global de la cantidad de precipitación (con el tipo de precipitación) en diferentes escalas de tiempo es una de las tareas más difíciles de las aplicaciones meteorológicas y climáticas. Una de las razones tiene que ver con la alta variabilidad en el espacio y el tiempo de la precipitación: en situaciones convectivas, las lluvias que producen inundaciones pueden afectar a una zona sin que se hayan producido precipitaciones a unos pocos kilómetros de ella; las precipitaciones acumuladas (en una hora, un día, un mes o un año) varían de uno o dos órdenes de magnitud entre el ecuador y los polos. Una segunda razón es que no se confía en poder obtener una cobertura mundial de observación de la precipitación a través de pluviómetros y radares en superficie: a pesar de los esfuerzos realizados para ampliar y mejorar las redes de radares en superficie (véase la sección 5.3.4.), la cobertura siempre será limitada. Sin embargo, es fundamental contar con una estimación adecuada de los campos de precipitación en todas las escalas temporales, desde las requeridas para la vigilancia del clima (varios años, a nivel mundial)

⁸⁰ Sensor de color del océano del satélite ruso Meteor

⁸¹ Instrumento Color de la Tierra y el Océano

⁸² Misión satelital de la AEE de múltiples instrumentos que contribuye a la Vigilancia mundial del medio ambiente y de la seguridad (GMES)

⁸³ Misiones satelitales de observación de la Tierra (NASA/USGS)

⁸⁴ Satélite Experimental de Observación de la Tierra

⁸⁵ CHRIS = Espectrómetro Compacto de Imagen de Alta Resolución, a bordo del satélite PROBA-2 (proyecto de autonomía a bordo). PROBA-2 (después de PROBA) es una misión de demostración de la AEE, que tiene cada vez más usuarios rutinarios

a la estimación local de las precipitaciones acumuladas en una hora o menos (vigilancia de inundaciones). Para lograr este objetivo es muy importante contar con un sistema especial de observación de las precipitaciones basado en el espacio.

El concepto de misiones de medición de la precipitación global combina las mediciones de precipitación activa (realizadas desde radares en el espacio) con una constelación de reproductores de imágenes de microondas pasivos (véase el apartado 6.3.2.4). La constelación de misiones de medición de la precipitación global tiene previsto incluir una misión básica con una órbita de inclinación de 65° (con respecto al ecuador), además de varios satélites creados por diversos organismos nacionales o internacionales. El objetivo es proporcionar una cobertura mundial de datos de precipitación con intervalos de tres horas, siendo necesarios ocho satélites para alcanzar ese objetivo. Los satélites estarán equipados con radares de precipitación activos, o instrumentos de microondas pasivos, o en general ambos. Las características de los radares existentes y planificados pueden encontrarse en los motores de búsqueda de la base de datos de la OMM sobre las necesidades de los usuarios en materia de observaciones y sobre las capacidades de los sistemas de observación, por ejemplo, el CPR (radar para precipitaciones y nubes) o el DPR (radar de doble frecuencia para precipitaciones).

Este tipo de medición ya ha demostrado su valor, por primera vez en la misión TRMM⁸⁶ (satélite lanzado en 1997), y en la misión CLOUDSAT⁸⁷, puesta en marcha en 2006 por los Estados Unidos de América, como parte de "A-Train"⁸⁸, para hacer un seguimiento del ciclo del agua de la Tierra, y también de las nubes y los aerosoles. La Misión MEGHA-TROPIQUES (MTM⁸⁹), preparada mediante la colaboración entre Francia y la India, se puso en marcha en 2011, y también contribuye a este proyecto, destinado principalmente a la observación de la precipitación y el ciclo del agua. Varios satélites (previstos o ya en vuelo) tendrán poca inclinación orbital desde la línea del ecuador. Por ejemplo, la órbita del satélite MTM oscila entre 20S y 20N. De esta manera, proporcionarán datos con mayor frecuencia cerca del ecuador, en comparación con los satélites en la habitual órbita polar, cuya inclinación es de cerca de 90°. Esto es importante para comprender y modelizar mejor el ciclo diurno en los trópicos. La disponibilidad de datos en tiempo real también es importante para la predicción inmediata y la hidrología operativa.

Medida S25

Medida: Poner en marcha al menos una misión de radar de precipitación en una órbita inclinada y una misión operativa de seguimiento.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: 2014 (inicial) y continuo (seguimiento)

Indicador de ejecución: Disponibilidad de una misión.

Medida S26

Medida: En apoyo de la medición de la precipitación global, realizar por lo menos una misión de vigilancia meteorológica pasiva en una órbita de baja inclinación.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Disponibilidad de una misión de vigilancia meteorológica pasiva en una órbita de baja inclinación.

⁸⁶ Misión de medición de lluvias tropicales

⁸⁷ Misión del sistema de observación de la Tierra de la NASA para observar nubes

⁸⁸ A-Train incluye varios satélites colocados en formación: AQUA, AURA, CLOUDSAT, CALIPSO, PARASOL (el lanzamiento del OCO fracasó en febrero de 2009)

⁸⁹ Misión Megha-Tropiques del CNES/Organización India de Investigación Espacial para observar el presupuesto del ciclo del agua y la energía en los trópicos

Medida S27

Medida: Organizar la entrega de datos de medición de la precipitación global en tiempo real para apoyar la predicción inmediata y las necesidades de la hidrología operativa.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Grado en que se satisfacen las necesidades de disponibilidad para la predicción inmediata y la hidrología operativa.

6.3.3.8. Radiómetros visibles y casi infrarrojos de banda ancha para la medición del balance de la radiación terrestre

El balance de la radiación terrestre mide el balance general entre la energía entrante que proviene del sol y la energía saliente térmica (de onda larga) y reflejada (de onda corta) que proviene de la Tierra. Solo se puede medir desde el espacio, por lo tanto la continuidad de las observaciones es una cuestión esencial para las aplicaciones climáticas (véase el Plan de ejecución del SMOC, sección sobre el balance de la radiación terrestre).

Además de los reproductores de imágenes y los sondeadores en satélites en órbita terrestre baja y satélites geoestacionarios, y de las mediciones de las propiedades de aerosoles y nubes (véanse las secciones *supra* desde 6.3.2), el balance de la radiación terrestre requiere al menos un satélite en órbita polar equipado con un radiómetro visible e infrarrojo de banda ancha y un sensor para medir la irradiación solar total.

Los radiómetros de banda ancha en el pasado se encontraban en el satélite del balance de la radiación terrestre (ERBS) y actualmente se encuentran en los satélites TERRA y AQUA. El instrumento SCARAB⁹⁰ en el MTM también contribuye al balance de la radiación terrestre.

Medida S28

Medida: Garantizar la continuidad de las mediciones mundiales del balance de la radiación terrestre, manteniendo operativos los radiómetros de banda ancha y los sensores de irradiación solar en al menos un satélite en órbita terrestre baja.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de satélites en órbita polar que contribuyen al balance de la radiación terrestre.

6.3.3.9. Constelación de instrumentos de medición de la composición atmosférica

Las mediciones de variables relacionadas con la composición atmosférica son importantes para una gama diversa de aplicaciones tales como la vigilancia de la capa de ozono estratosférica, la vigilancia y la predicción de la calidad del aire, incluido el transporte de la contaminación a larga distancia, la investigación sobre la interacción entre la composición atmosférica y el cambio climático y la vigilancia de sucesos episódicos, como erupciones volcánicas y quema de biomasa. Como se mencionó anteriormente (5.3.1.4), una serie de componentes atmosféricos desempeñan un papel importante en los forzamientos y la retroacción climáticos. Este es el caso para el ozono, el metano, el CO₂ y otros. Se puede encontrar más información en el Plan estratégico de la VAG (véanse las referencias en las notas al pie de los documentos de la VAG en la sección 5.3.1.4) y el Plan de ejecución del SMOC. Varios de esos componentes también serán importantes variables

⁹⁰ Analizador de barrido para la vigilancia del balance radiativo de la Tierra

de la PNT y de los modelos de química atmosférica (o ya lo son, como el ozono). Las observaciones de esas variables deberían integrarse plenamente en el WIGOS y a continuación intercambiarse en tiempo real para satisfacer las necesidades de la gama completa de aplicaciones de la química atmosférica, incluida la vigilancia de la calidad del aire, y la PNT.

Existe una larga tradición establecida, que se remonta al decenio de 1970 cuando el agujero de ozono se descubrió por primera vez, de vigilancia del ozono estratosférico desde el espacio. Desde entonces muchos instrumentos espaciales han contribuido a las mediciones de ozono atmosférico, gases traza reactivos, aerosoles y, más recientemente, gases de efecto invernadero como el CO₂ y CH₄. El GOSAT japonés se dedica específicamente a la observación de los principales gases de efecto invernadero para el estudio del cambio climático.

Otros ejemplos de instrumentos que se dedican o en gran medida contribuyen a la química atmosférica son: TOMS (a bordo del Nimbus 7, Meteor 3, Earthprobe), SAGE I (a bordo del AEM-B), SAGE II (a bordo del ERBS), SBUV/2 (a bordo de los 6 satélites NOAA incluido el actual NOAA-19), GOME (a bordo del ERS-2), SMR y OSIRIS (a bordo del ODIN), SCIAMACHY, MIPAS y MERIS (a bordo del Envisat), MLS (a bordo del UARS y el EOS-Aura), OMI y ES (a bordo del EOS-Aura), MODIS (a bordo del EOS-Terra y EOS-Aqua), MISR y MOPITT (a bordo del EOS-Terra), una sonda avanzada de infrarrojos (a bordo del EOS-Aqua), GOME-2 y IASI (a bordo de los 3 satélites Metop), una sonda avanzada de infrarrojos (a bordo del EOS-Aqua), CrIS, OMPS y VIIRS (a bordo del Suomi NPP), CALIOP (a bordo del CALIPSO), TANSO-FTS (a bordo del GOSAT). Además, los reproductores de imágenes multiespectrales descritos en las secciones 6.3.1.1 y 6.3.2.3 pueden utilizarse en apoyo de la vigilancia de aerosoles.

En relación con la próxima generación de misiones operativas, OMPS-nadir⁹¹ está presente en Suomi-NPP y se prevé su seguimiento en el JPSS-1. Medirá el ozono pero también el NO₂, el SO₂ y otros gases de traza. El OMPS-limb, también presente en Suomi-NPP, efectúa un sondeo de la estratosfera de alta resolución vertical. En el programa europeo GMES⁹², las misiones Sentinel-4 y Sentinel-5 constan de sondeadores de espectro ultravioleta y de espectro visible (y en el caso de Sentinel-5, casi infrarrojo) para apoyar la química atmosférica que se colocarán a bordo del satélite Meteosat de tercera generación (geoestacionario) y del Sistema polar EUMETSAT de segunda generación (órbita terrestre baja), respectivamente. Para más información, consúltese la base de datos de la OMM sobre las necesidades de los usuarios en materia de observaciones y sobre las capacidades de los sistemas de observación.

Medida S29

Medida: Para las aplicaciones de la química atmosférica, incluida la vigilancia del ozono, las sustancias reactivas relacionadas con la calidad del aire y la contaminación del aire y los gases de efecto invernadero, garantizar la continuidad operativa de sondeadores ultravioletas, visibles y casi infrarrojos, incluyendo sondeadores ultravioletas o visibles de alta resolución espectral a bordo de satélites geoestacionarios, y al menos un sondeador ultravioleta o visible en tres órbitas polares bien separadas. Garantizar también la continuidad de la capacidad de sondeo del limbo.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de sondeadores ultravioletas, visibles y casi infrarrojos en satélites geoestacionarios y satélites en órbita terrestre baja que contribuyen a la química atmosférica.

⁹¹ OMPS: instrumento para una distribución vertical y horizontal del ozono en la atmósfera

⁹² GMES: Vigilancia mundial del medio ambiente y de la seguridad

Para más información sobre la continuidad operativa de algunos sondeadores de la composición atmosférica, véase la sección que trata sobre la química atmosférica en el Plan de ejecución del SMOC.

6.3.3.10. Radar de apertura sintética

En comparación con un radar normal, el radar de apertura sintética procesa series de imágenes de una forma especial con el fin de aumentar considerablemente la resolución espacial a nivel local, lo que implica introducir algunas compensaciones respecto de otras variables geométricas de la técnica de medición por radar: ángulo de exploración, anchura de barrido, etc. Los sistemas de observación por radar de apertura sintética a bordo de satélites en órbita terrestre baja permiten obtener observaciones de muy alta resolución de la superficie de la tierra a nivel local (incluyendo la biomasa por encima del suelo), altura de las olas (direcciones además de los espectros), nivel del mar (especialmente cerca de las costas), nivel del agua en zonas inundadas, casquetes de hielo marino, capas de hielo e icebergs.

La tecnología del radar de apertura sintética se ha utilizado en varios satélites: ERS-1, ERS-2, ENVISAT (con su Radar de Apertura Sintética Avanzada (ASAR)), ALOS⁹³ (satélite JAXA⁹⁴ con su instrumento PALSAR⁹⁵). El satélite CRYOSAT-2⁹⁶ de la AEE empezó a funcionar en 2010 con su radar de apertura sintética denominado SIRAL⁹⁷. Estos radares de apertura sintética se han utilizado tanto para la investigación como para aplicaciones operativas. En el futuro se prevé que se lleven a cabo varias misiones de radares de apertura sintética, por ejemplo, la planificación y el desarrollo del instrumento SAR-C (radar en banda C) en la misión Sentinel-1 para la Vigilancia mundial del medio ambiente y de la seguridad (GMES) sería un paso muy importante hacia la integración del sistema de observación del radar de apertura sintética en los sistemas de observación operativos. La futura Misión Constelación Radarsat (RCM), prevista para 2015-2023 incluirá el lanzamiento de tres satélites en fase en la misma órbita, lo que permitirá un tiempo de revisita de cuatro días.

No es viable obtener en tiempo real una cobertura mundial de datos para los radares de apertura sintética. Además, los retardos de procesamiento del radar de apertura sintética son importantes, lo que a menudo impide una rápida entrega. Sin embargo, es importante disponer al menos de una misión de satélites operativos con radares de apertura sintética cuya continuidad esté garantizada, y que se integre en el WIGOS, con mecanismos adecuados para asegurar una entrega rápida de datos a escala regional y local, con el fin de hacer frente de forma eficiente a los fenómenos de alto riesgo y gestionar los desastres. Debido al carácter local de las zonas seleccionadas para las mediciones con radares de apertura sintética y del gran volumen de datos que hay que procesar, en la actualidad es conveniente contar con más de una misión satelital que cumpla con estas características operativas.

6.3.4. Precursores operativos y demostradores de tecnologías

Es importante llevar a cabo investigaciones sobre nuevos instrumentos satelitales y nuevas tecnologías espaciales, aunque no se pueda garantizar el éxito operativo final, siempre y cuando se prevea que esos nuevos sistemas ayuden de manera significativa a satisfacer las necesidades de los usuarios. En el pasado diversas misiones de investigación o demostración produjeron un resultado operativo beneficioso mucho más rápido de lo previsto originalmente por los usuarios potenciales. A continuación se exponen varios precursores y demostradores de tecnologías. Todos

⁹³ Satélite de observación terrestre avanzado "Daichi"

⁹⁴ Agencia de Exploración Aeroespacial del Japón

⁹⁵ Radar de apertura sintética con arreglo de fase y banda L

⁹⁶ Misión de la AEE para el estudio del hielo

⁹⁷ Altimetro de radar interferométrico de apertura sintética

plantean problemas pero estos podrían subsanarse antes de 2025, lo que brindaría a algunos de esos sistemas la oportunidad de ser parte operativa de los sistemas mundiales de observación en 2025, y la oportunidad sería más reducida para otros.

6.3.4.1. Lidares a bordo de satélites en órbita terrestre baja

Los lidares a bordo de satélites se han utilizado en meteorología o está previsto que se utilicen como misiones satelitales de demostración. El lidar puede diseñarse para observar algunos de los siguientes componentes atmosféricos: perfiles de componentes del viento (a partir de cambios Doppler), aerosoles, altura de las cimas de las nubes y de la base de las nubes, y perfil de vapor de agua. Los lidares a bordo de vehículos espaciales también se utilizan en altimetría (véase la sección 6.3.3.3).

a) Lidares Doppler para caracterizar el viento

Los lidares Doppler para caracterizar el viento a bordo de vehículos espaciales son la mejor opción para llenar el gran vacío que existe en la cobertura mundial de datos: la falta de mediciones de perfiles de viento, actualmente demasiado dependientes de un único sistema de observación, la red de radiosondas.

Una misión de demostración de la AEE, la Misión de Dinámicas Atmosféricas de Exploradores de la Tierra, está prevista de 2013 a 2015 para comprobar las mediciones de perfiles de viento realizadas con el lidar ultravioleta ALADIN (Instrumento láserico Doppler para la investigación de la atmósfera)⁹⁸. La misión ADM-AEOLUS⁹⁹ estará operada desde un satélite en órbita polar y proporcionará observaciones mundiales de perfiles del viento. Es muy importante realizar la entrega de esos datos en tiempo real a los principales centros de PNT para que comprueben rápidamente (la vida útil estimada de la misión ADM-AEOLUS es de solo tres años) en qué medida pueden mejorar las predicciones meteorológicas.

Tras el éxito de una misión de demostración, será prioritario planificar y diseñar un sistema operativo basado en lidares de viento, utilizando la experiencia acumulada en la misión de demostración, para decidir cuál es el número adecuado de satélites y las características instrumentales.

Medida S30

Medida: Aprovechar la experiencia de las misiones de demostración (como la ADM-AEOLUS) para planificar y diseñar un sistema de observación operativo basado en mediciones Doppler del viento (que proporcionan una cobertura mundial de los perfiles de viento).

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, la AEE y otros organismos de satélites y centros de procesamiento de datos y de PNT.

Plazo: Tan pronto como sea posible después de que las misiones de demostración hayan proporcionado datos.

Indicador de ejecución: Número y calidad de los perfiles obtenidos con lidares Doppler para caracterizar el viento (desde el espacio) a disposición de los usuarios.

b) Lidares para la observación de aerosoles y nubes

Los sistemas de lidares para la observación de aerosoles y nubes pueden proporcionar mediciones precisas de la altura de la cima de las nubes y en algunos casos también pueden

⁹⁸ Véase <http://www.esa.int/esaLP/LPadmaeolus.html>;
Véase también Stoffelen et al. (2005)

⁹⁹ Misión de Dinámicas Atmosféricas de Exploradores de la Tierra

observar la altura de la base de las nubes (por ejemplo: estratocúmulos). Asimismo pueden proporcionar una observación precisa de las capas de aerosoles en la atmósfera.

El instrumento CALIOP¹⁰⁰ ha estado operativo a bordo del CALIPSO desde 2006, y el instrumento ATLID¹⁰¹ seguramente se incorporará a la misión EARTH-CARE¹⁰² preparada por la AEE y Japón, prevista para 2013¹⁰³. Habida cuenta del potencial de esos lidares, los datos deberían entregarse para su evaluación en centros operativos (principalmente aplicaciones de predicción y de química atmosférica). A fin de diseñar un posible sistema operativo basado en lidares para la observación de aerosoles y nubes, es importante tener en cuenta que los lidares Doppler para caracterizar el viento como ADM-AEOLUS también tienen capacidad para observar nubes y aerosoles, lo que plantea la posibilidad de diseñar un sistema operativo que integre las mediciones de viento, nubes y aerosoles.

Para realizar una evaluación eficaz de los datos del lidar (tan pronto como el instrumento esté en funcionamiento), es importante que esos datos se distribuyan en tiempo real, de modo que se puedan utilizar (o al menos evaluar) en modelos numéricos operativos relacionados con la química atmosférica y la predicción del tiempo.

Medida S31

Medida: Entregar datos de lidares para la observación de aerosoles y nubes producidos en misiones satelitales a centros de procesamiento de datos operativos y usuarios. Utilizar esta experiencia para tomar una decisión sobre una posible misión operativa de observación de aerosoles y nubes (integrada o no en una misión operativa de lidares Doppler para caracterizar el viento).

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y usuarios de la predicción inmediata y la química atmosférica.

Plazo: Continuo, con una atención especial en el calendario de la misión EARTH-CARE.

Indicador de ejecución: Volumen de datos producidos por lidares espaciales para la observación de aerosoles y nubes y utilizados por aplicaciones operativas.

c) Lidares para la observación del vapor de agua

Se han llevado a cabo estudios de viabilidad sobre la medición de perfiles de vapor de agua atmosférico obtenidos de lidares a bordo de satélites en órbita terrestre baja. El objetivo ha planteado importantes desafíos y actualmente no se prevé llevar a cabo ninguna misión de lidares para la observación del vapor de agua. Vale la pena continuar realizando investigaciones sobre este sistema de observación, y convendría planificar una misión de demostración cuando sea conveniente.

6.3.4.2. Radiómetro de microondas de baja frecuencia a bordo de satélites en órbita terrestre baja

Los radiómetros de microondas a bordo de satélites en órbita terrestre baja tienen capacidad para observar la salinidad del océano y la humedad del suelo, pero tienen una resolución horizontal limitada. A gran escala, la información sobre la salinidad será útil en aplicaciones oceánicas, en la predicción estacional e interanual y en la vigilancia del clima. La humedad del suelo producida a partir de esos instrumentos de microondas también resultaría útil para la PNT y la predicción

¹⁰⁰ Lidar para la observación de aerosoles y nubes con polarización ortogonal

¹⁰¹ Lidar atmosférico

¹⁰² Satélite explorador de nubes terrestres, aerosoles y radiación - véase <http://www.esa.int/esaLP/LPearthcare.html>

¹⁰³ Para más información sobre CALIPSO, CALIOP, EARTH-CARE y el lidar atmosférico, véase la base de datos de la OMM cuya referencia figura en la sección 6.1. http://www.wmo.int/pages/prog/sat/gos-intro_en.php

estacional e interanual, la hidrología y la vigilancia del clima. La resolución horizontal que proporcionan esos instrumentos puede ser marginal para satisfacer las necesidades de los usuarios en las zonas costeras y para las aplicaciones marinas de alta resolución.

El satélite SMOS¹⁰⁴ fue lanzado en enero de 2009 y se espera que proporcione datos hasta 2014. La plataforma satelital SAC-D de la misión argentina y de la NASA¹⁰⁵ se prevé que proporcione datos similares entre 2012 y 2016. Esos conjuntos de datos de investigación deberían entregarse a centros meteorológicos, hidrológicos y oceanográficos operativos para su evaluación en tiempo casi real. Si se considera que los beneficios son suficientemente importantes, está previsto planificar una misión operativa.

Medida S32

Medida: Estudiar los beneficios aportados por las misiones de demostración satelitales como la del satélite SMOS (misiones basadas en radiómetros de microondas de baja frecuencia) en modelos atmosféricos, hidrológicos y oceánicos, en un contexto cuasi operativo, y decidir si se puede diseñar una misión operativa similar.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, la CMOMM, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y centros de modelización meteorológica, hidrológica y oceánica.

Plazo: Tan pronto como sea posible para los estudios de repercusión, de 2013 en adelante para tomar una decisión sobre nuevas misiones.

Indicador de ejecución: Mejora experimentada gracias al uso de esos datos de microondas en diferentes modelos.

La salinidad de los océanos y la humedad del suelo son variables cuyas variaciones es importante considerar a escala del clima. El archivo de series de datos es importante; véanse las recomendaciones al respecto en la parte relativa al océano del Plan de ejecución del SMOC.

6.3.4.3. Reproductores de imágenes y sondeadores de microondas a bordo de satélites geostacionarios

El uso de reproductores de imágenes y sondeadores de microondas a bordo de satélites geostacionarios podría proporcionar observaciones muy frecuentes de precipitación, junto con propiedades de las nubes (agua en estado líquido y contenido de hielo), y perfiles de temperatura y humedad atmosféricas. Sin embargo, esos instrumentos plantean muchos problemas por diversos motivos técnicos. Uno de ellos es la necesidad de utilizar antenas muy grandes en las órbitas geostacionarias.

El beneficio potencial de tales instrumentos satelitales sería muy importante en términos de estimación global de los campos de precipitación (en todas las escalas temporales). Serían muy buenos complementos para el mismo tipo de instrumentos a bordo de satélites en órbita terrestre baja (véanse las secciones 6.3.2.4 y 6.3.3.7 sobre reproductores de imágenes de microondas, medición de la precipitación global y campos de precipitación). Por lo tanto, existen buenos motivos para planificar una misión de demostración con instrumentos de microondas a bordo de satélites geostacionarios.

Medida S33

Medida: Planificar y diseñar una misión de demostración con instrumentos de microondas a bordo de un satélite geostacionario, con miras a lograr una mejora significativa en términos de observación en tiempo real de las nubes y la precipitación.

¹⁰⁴ SMOS: humedad del suelo y salinidad del océano; misión satelital de demostración dirigida por la AEE, véase: http://www.esa.int/esaLP/ESAMBA2VMOC_LPsmos_0.html

¹⁰⁵ Véase <http://aquarius.nasa.gov/>

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y centros de modelización meteorológica, hidrológica y oceánica.

Plazo: Tan pronto como sea posible, teniendo en cuenta la madurez de la tecnología.

Indicador de ejecución: Resultados satisfactorios de un instrumento de microondas a bordo de un satélite geoestacionario, y posteriormente mejoras aportadas por los datos a la predicción meteorológica e hidrológica.

6.3.4.4. Instrumentos visibles y casi infrarrojos multiespectrales de banda estrecha de alta resolución en satélites geoestacionarios

Estos instrumentos a bordo de satélites geoestacionarios serían el complemento natural de los instrumentos visibles y casi infrarrojos a bordo de satélites en órbita terrestre baja (presentados en la sección 6.3.3.5). Contribuirían a la observación del color del océano, la vegetación, las nubes y los aerosoles, y ayudarían a vigilar el riesgo de desastres, con la ventaja habitual de los satélites geoestacionarios (GEO) frente a los satélites en órbita terrestre baja: la frecuencia de imágenes que hace que la observación sea casi continua en el disco de la Tierra visto por el satélite. Sin embargo, su aplicación es mucho más complicada que en satélites en órbita terrestre baja debido a la gran altitud de la órbita geoestacionaria.

Medida S34

Medida: Planificar y diseñar una misión de demostración con instrumentos visibles y casi infrarrojos de alta resolución a bordo de un satélite geoestacionario, con miras a lograr una mejora significativa en la observación del color del océano, la vegetación, las nubes y los aerosoles, con sensores multiespectrales de banda estrecha.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y centros meteorológicos, oceánicos y ambientales.

Plazo: Tan pronto como sea posible, teniendo en cuenta la madurez de la tecnología.

Indicador de ejecución: Resultados satisfactorios de este tipo de instrumentos a bordo de un satélite geoestacionario, y posteriormente mejoras aportadas por los datos a la meteorología, la oceanografía y las ciencias del medio ambiente.

6.3.4.5. Reproductores de imágenes visibles e infrarrojas en satélites en órbitas de alta inclinación muy elípticas

Las órbitas muy elípticas nunca se han utilizado en meteorología ni en oceanografía. Su principal ventaja es que el satélite puede permanecer cerca de la vertical de una región determinada de la Tierra (a gran altitud) durante varias horas, y solo un lapso de tiempo reducido en el lado opuesto de la Tierra. Cuando la inclinación de la órbita en el ecuador es alta, casi ofrece la misma continuidad de observación que en el caso de un satélite geoestacionario, pero en una región polar. Si se dispusiera de sensores visibles e infrarrojos a bordo, un satélite en órbita muy elíptica podría realizar una observación casi continua de la gran cantidad de variables meteorológicas y oceánicas observadas normalmente por este tipo de sensores: nubes (y el vector de movimiento atmosférico) en latitudes altas, temperatura de superficie, hielo marino, penachos de ceniza volcánica, vegetación, incendios y capa de nieve.

Medida S35

Medida: Planificar y diseñar una misión de demostración con instrumentos visibles e infrarrojos a bordo de un satélite en órbita muy elíptica y muy inclinada sobre el ecuador con el fin de concentrarse en una zona polar. El objetivo es obtener las mismas observaciones ambientales que las obtenidas de satélites geoestacionarios, con una calidad similar.

Agente: El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y centros meteorológicos y ambientales.

Plazo: Tan pronto como sea posible, teniendo en cuenta la madurez de la tecnología.

Indicador de ejecución: Resultados satisfactorios de un instrumento visible e infrarrojo a bordo de un satélite en órbita muy elíptica, y posteriormente mejoras aportadas por los datos a la meteorología y las ciencias del medio ambiente.

6.3.4.6. Sensores gravimétricos

Durante varios decenios se han utilizado satélites para medir los campos gravitatorios. Actualmente hay varios sensores gravitatorios de campo a bordo de vehículos espaciales, como la misión GRACE¹⁰⁶ de los Estados Unidos de América o el satélite GOCE¹⁰⁷ de la AEE.

Sus instrumentos pueden medir el campo gravitatorio de la Tierra y realizar un seguimiento de sus variaciones espaciales y temporales. A partir de esas variaciones se puede obtener información sobre la masa de las aguas subterráneas o la masa del agua de algunos ríos y lagos. Por lo tanto contribuyen a la vigilancia de las aguas subterráneas, junto con un conjunto de sistemas de observación in-situ descritos en la sección 5.3.3.3.

Cabe observar que los instrumentos de gravedad a menudo se encuentran a bordo de plataformas de múltiples usuarios: por ejemplo, los receptores del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) sobre plataformas de medición del campo gravitatorio, si están correctamente configurados, pueden servir para la ocultación radio de la atmósfera, contribuyendo a las aplicaciones de predicción y climáticas que se describen en la sección 6.3.3.2.

7. METEOROLOGÍA DEL ESPACIO

La meteorología del espacio se refiere a los procesos físicos que se producen en el medio ambiente espacial, debido al sol y a la atmósfera superior de la Tierra, y que en última instancia afectan a las actividades humanas en la Tierra y en el espacio. Además de la continua radiación ultravioleta (UV), visible e infrarroja (IR) que proporciona el forzamiento radiativo a nuestra meteorología y al clima en la parte superior de la atmósfera y que mantiene la ionosfera, el sol emite un flujo continuo de plasma del viento solar, que transporta el campo magnético del sol y libera energía de forma eruptiva, a saber, en forma de llamaradas de radiación electromagnética (ondas de radio, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X), partículas energéticas (electrones, protones e iones pesados), y plasma de alta velocidad a través de eyecciones de masa coronal. El viento solar y las alteraciones eruptivas, es decir, las tormentas solares, se propagan hacia el espacio interplanetario e impactan en el espacio interplanetario y el medio de la Tierra.

La radiación electromagnética viaja a la velocidad de la luz y tarda unos ocho minutos en recorrer el trayecto del sol a la Tierra, mientras que las partículas energéticas viajan más lentamente, y tardan desde decenas de minutos a horas en hacer el mismo recorrido del sol a la Tierra. A velocidades normales, el plasma del viento solar alcanza la Tierra en unos cuatro días, mientras que las eyecciones de masa coronal más rápidas pueden llegar en menos de un día. El viento solar y las perturbaciones solares interactúan con el campo magnético de la Tierra y la atmósfera exterior de manera compleja, creando partículas energéticas muy variables y corrientes eléctricas en la magnetosfera, la ionosfera y la termosfera. Todo ello puede crear un entorno peligroso para los satélites y los humanos a grandes altitudes, perturbaciones ionosféricas, variaciones del

¹⁰⁶ Experimento de recuperación gravitacional y clima - <http://www.csr.utexas.edu/grace/>

¹⁰⁷ Explorador de la Circulación Oceánica y de la Gravedad - <http://www.esa.int/esaLP/LPgoce.html>

campo geomagnético, y la aurora, que pueden afectar a varios servicios e infraestructuras en la superficie de la Tierra, o a bordo de aeronaves o vehículos espaciales en órbita terrestre. Con toda seguridad aumentarán las amenazas de la meteorología del espacio, tanto a corto plazo, a medida que se aproxime el máximo solar, como a largo plazo, a medida que aumente nuestra dependencia de tecnologías afectadas por la meteorología del espacio.

Las observaciones de la meteorología del espacio son necesarias para: predecir la probabilidad de ocurrencia de perturbaciones meteorológicas espaciales; emitir alertas de peligro cuando se traspasan los umbrales de perturbación; mantener la sensibilización acerca de las actuales condiciones ambientales; determinar las condiciones climatológicas para el diseño tanto de sistemas espaciales (por ejemplo, procedimientos de seguridad de los satélites y los astronautas) como de sistemas terrestres (por ejemplo, protección de la red eléctrica y gestión del tráfico aéreo); elaborar y validar modelos numéricos; y realizar investigaciones dirigidas a mejorar nuestra comprensión. La inmensidad del espacio y la amplia gama de escalas físicas que controlan la dinámica de la meteorología del espacio exigen que los modelos numéricos se utilicen para caracterizar las condiciones del espacio y para predecir la ocurrencia y las consecuencias de las perturbaciones. A fin de obtener el máximo beneficio a partir de mediciones escasas, las observaciones de la meteorología del espacio tienen que utilizarse a través de la asimilación en modelos empíricos o basados en la física. Toda red completa de observación de la meteorología del espacio debe comprender observatorios en tierra y en el espacio. Tanto los segmentos terrestres como espaciales deben contener una combinación de mediciones por teledetección e in-situ.

Actualmente los servicios que dependen de los activos de la observación, operativos y de investigación, pueden ayudar a todos los Miembros de la OMM a controlar perturbaciones y avisar de las tormentas que se avecinan. Sin embargo, el muestreo del entorno espacial es enormemente deficiente. Existen importantes lagunas en nuestra aptitud de observación que reducen nuestra capacidad para proporcionar una caracterización exhaustiva de los parámetros físicos importantes, lo que limita la precisión de nuestros modelos predictivos. No todos los activos terrestres y espaciales actuales se han integrado en una red de observación coordinada. Entre ellos se incluyen varios emplazamientos receptores del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS), mediciones estáticas desde tierra del campo magnético de la Tierra, y mediciones satelitales de partículas energéticas y del campo magnético en el espacio. Además, no se prevé mantener la continuidad de algunas misiones espaciales de vigilancia esenciales.

En el marco del Sistema de información de la OMM (SIO) y el Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (WIGOS), los sistemas de observación y los centros de servicios existentes se pueden ampliar e integrar más, mejorando así la capacidad de prestar una amplia gama de servicios. La meteorología del espacio es un desafío mundial que exige una preparación mundial coordinada. Todos los Miembros tienen la oportunidad de contribuir a las capacidades futuras y son alentados a mejorar la recopilación y la distribución abierta de datos meteorológicos espaciales desde la tierra y el espacio. Trabajando juntos, podremos lograr estar preparados a nivel mundial para afrontar los riesgos de la meteorología del espacio y su respuesta.

Medida W1

Medida: Elaborar y ejecutar un plan coordinado que garantice la continuidad de las mediciones solares, del viento solar y del campo magnético interplanetario y la reproducción de imágenes heliosféricas, incluidas las mediciones en diferentes emplazamientos, como el punto Lagrange L1, la línea Sol-Tierra por encima del punto L1, el punto Lagrange L5, así como la red mundial necesaria de antenas terrestres para la recepción y el procesamiento de datos.

Agente: El ICTSW¹⁰⁸, el GCSM y organismos espaciales.

Plazo: Finales de 2014.

Indicador de ejecución: Disponibilidad de planes coordinados de continuidad hasta 2030.

Medida W2

Medida: Coordinar y normalizar los datos de observación solar desde tierra existentes y ampliarlos cuando sea necesario en caso de redundancia, y desarrollar un portal de datos común o un observatorio virtual dentro del SIO.

Agente: El ICTSW y todos los Miembros que realizan observaciones solares desde la superficie.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Disponibilidad de plantillas de datos para observaciones solares realizadas desde tierra.

Medida W3

Medida: Aumentar la resolución espacial de las observaciones ionosféricas realizadas desde tierra del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) (Contenido Electrónico Total (TEC) y centelleo), ya sea mediante la instalación de receptores adicionales en regiones con escasa cobertura (por ejemplo, África), el acceso a los datos procedentes de los receptores existentes, o la utilización de diferentes medios de recepción de datos del GNSS, tales como receptores instalados en aeronaves, para reducir las carencias en los océanos.

Agente: El ICTSW y todos los Miembros que operan o planifican las redes terrestres del GNSS.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de receptores terrestres del GNSS que proporcionan datos en tiempo casi real.

Medida W4

Medida: Mejorar la oportunidad de las mediciones espaciales del GNSS desde satélites en órbita terrestre baja para obtener información en tiempo casi real sobre la distribución de la densidad electrónica en 3D del sistema de la ionosfera/plasmasfera (por ejemplo, mediante el uso de un concepto de Servicios regionales de retransmisión de los datos de la ATOVS (RARS) u otra red de estaciones terrestres satelitales para la transmisión rápida).

Agente: El ICTSW, el GCSM, organismos espaciales pertinentes y Miembros de la OMM que apoyan las estaciones terrestres.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de ocultaciones diarias disponibles con la suficiente oportunidad para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Medida W5

Medida: Fomentar el intercambio de datos terrestres del GNSS y de la ocultación radio del GNSS entre las comunidades de la meteorología de la atmósfera y la meteorología del espacio, y facilitar el acceso en tiempo casi real a esos datos a través del SIO.

Agente: El ICTSW, el IROWG¹⁰⁹ y la oficina del proyecto WIGOS.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Acuerdo sobre intercambio de datos.

Medida W6

¹⁰⁸ Equipo de coordinación entre programas sobre meteorología del espacio

¹⁰⁹ Grupo de trabajo internacional sobre ocultación radio (IROWG)

Medida: Coordinar el uso de las observaciones realizadas con altímetros radar de doble frecuencia por la comunidad de la meteorología del espacio para mejorar o validar modelos ionosféricos y para el seguimiento operativo del Contenido Electrónico Total (TEC) sobre los océanos.

Agente: El ICTSW, el Programa espacial de la OMM y operadores de satélites con instrumentos altimétricos a bordo.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de altimétricos a bordo de satélites que proporcionan datos para la meteorología del espacio.

Medida W7

Medida: Aumentar la disponibilidad de datos magnetométricos tomados desde tierra con alta oportunidad, lo que se puede lograr mediante: i) el despliegue de magnetómetros en regiones con una cobertura limitada, ii) la difusión de datos desde los magnetómetros existentes en el SIO, y iii) la conclusión de acuerdos con proveedores de datos para que esos datos puedan utilizarse en los productos de la meteorología del espacio.

Agente: El ICTSW y observatorios magnetométricos.

Plazo: Continuo.

Indicador de ejecución: Número de fuentes de datos magnetométricos disponibles con la suficiente oportunidad para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Medida W8

Medida: Elaborar un plan de mantenimiento y mejora de las observaciones de la meteorología del espacio en relación con el entorno de las partículas de plasma y energéticas de acuerdo con las siguientes prioridades: 1) mantenimiento de la continuidad a largo plazo, y de ser posible, mejora de la resolución espacial de las mediciones en todas las altitudes desde las órbitas terrestres bajas a las geoestacionarias; 2) mejora del intercambio de las mediciones actuales y planificadas de las partículas de plasma y energéticas; 3) inclusión de sensores de partículas energéticas en satélites con órbitas muy elípticas; 4) realización de investigaciones para incorporar los datos de las partículas de plasma y energéticas en modelos numéricos a fin de dar estimaciones del flujo en todos los emplazamientos donde se dispone de satélites en órbita.

Agente: El ICTSW, el GCSM y organismos espaciales.

Plazo: Finales de 2014.

Indicador de ejecución: Disponibilidad de un plan para la observación de la meteorología del espacio relativa al medio ambiente de las partículas de plasma y energéticas.

ANEXO I - REFERENCIAS

- Benjamin, S.G., B.D. Jamison, W.R. Moninger, S.R. Sahn, B.E. Schwartz, y T.W. Schlatter, 2010: Relative short-range forecast impact from aircraft, profiler, rawinsonde, VAD, GPS-PW, METAR and mesonet observations via the RUC hourly assimilation cycle. *Mon. Wea. Rev.* 138, págs.1319-1343.
- Boehlert, G.W., D.P. Costa, D.E. Crocker, P. Green, T. O'Brien, S. Levitus, y B.J. Le Boeuf, 2001: Autonomous Pinniped Environmental Samplers: Using Instrumented Animals as Oceanographic Data Collectors. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 18, 1882–1893.
- Davis, R.E., C.E. Eriksen y C.P. Jones, 2002. Autonomous buoyancy-driven underwater gliders. *The Technology and Applications of Autonomous Underwater Vehicles*. G. Griffiths, ed, Taylor and Francis, Londres. 324 págs.
- Mayer, S., A. Sandvik, M. Jonassen y J. Reuder, 2010: Atmospheric profiling with the UAS SUMO: A new perspective for the evaluation of fine-scale atmospheric models. *Meteorology and Atmospheric Physics*, DOI 10.1007/s00703-010-0063-2.
- Messer, H., 2007: Rainfall monitoring using cellular networks. *IEEE Signal Proc. Mag.*, 24, 142–144.
- Moninger, W.R., S.G. Benjamin, B.D. Jamison, T.W. Schlatter, T.L. Smith, y E.J. Szoke, 2010: Evaluation of Regional Aircraft Observations using TAMDAR . *Weather and Forecasting*, vol.25, N°2, págs. 627-645.
- Poli P., S.B. Healy, F. Rabier, y J. Pailleux, 2009: Preliminary Assessment of the Scalability of GPS Radio Occultation Impact in Numerical Weather Prediction. *Geophysical Research Letters*, 35.
- Rabier F., A. Bouchard, E. Brun, A. Doerenbecher, S. Guedj, V. Guidard, F. Karbou, V.-H. Peuch, L. El Amraoui, D. Puech, C. Genthon, G. Picard, M. Town, A. Hertzog, F. Vial, P. Cocquerez, S. Cohn, T. Hock, H. Cole, J. Fox, D. Parsons, J. Powers, K. Romberg, J. Van Andel, T. Deshler, J. Mercer, J. Haase, L. Avallone, L. Kalnajs, C. R. Mechoso, A. Tangborn, A. Pellegrini, Y. Frenot, J.-N. Thépaut, A. McNally, G. Balsamo y P. Steinle, 2010: The Concordiasi project in Antarctica. *Bull. Amer. Meteor. Soc. (BAMS)*, vol. 91, 1, 69-86.
- Rudnick, D.L., R.E. Davis, C.C. Eriksen, D.M. Fratantoni, y M.J. Perry, 2004: Underwater gliders for Ocean Research. *J. Mar. Tech. Soc.*, 38, 73-84.
- Stoffelen, A., J. Pailleux, E. Källen, J.M. Vaughan, L. Isaksen, P. Flamant, W. Wergen, E. Andersson, H. Schyberg, A. Culoma, R. Meynart, M. Endemann y P. Ingmann, 2005: The atmospheric dynamics mission for global wind field measurement *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, enero de 2005, 73-87.
-

ANEXO II - CUADRO RESUMIDO DE LAS MEDIDAS

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
C1	Satisfacer las crecientes necesidades de los usuarios de información climática por medio de alentar y prestar asistencia a la ampliación de las plataformas de observación tradicionales dedicadas a las observaciones meteorológicas y climáticas.	El SMOC y la CSB dirigirán la medida, junto con los centros regionales que representen a usuarios y organizaciones que operen sistemas de observación componentes.	Continuo.	Grado de satisfacción de las necesidades de los usuarios.
C2	Una vez que los sistemas de observación pertinentes dedicados a la investigación hayan mostrado suficiente madurez y rentabilidad, seguir una adecuada metodología de transformación a fin de convertirlos en sistemas operativos continuos.	La CSB, en colaboración con la CIMO y la CCA, iniciarán la medida y dirigirán la evolución, con todas las organizaciones que operan sistemas de observación componentes.	Continuo. El calendario se decidirá en función de cada caso.	Número de sistemas operativos continuos en comparación con los objetivos.
C3	Garantizar que todos los operadores que producen observaciones cumplen las normas SIO.	Organizaciones y organismos que operan programas de observación. Medida supervisada por la CSB.	Continuo.	Grado en que se aplican las normas SIO.
C4	Se necesita una cuidadosa preparación antes de la introducción de nuevos sistemas de observación (o la modificación de sistemas existentes). Es necesario evaluar la repercusión mediante una consulta previa y en consulta permanente con los usuarios de los datos y la comunidad de usuarios en general. Asimismo, es necesario ofrecer a los usuarios de los datos orientación sobre la infraestructura de recepción/adquisición, procesamiento y análisis de los datos; datos indirectos; y programas de educación y formación.	Todas las organizaciones que operan sistemas de observación componentes, con arreglo a las mejores prácticas suministradas por la CSB, la CCA u otras Comisiones Técnicas y programas copatrocinados.	Continuo.	Grado en que se conocen las preocupaciones de la comunidad de usuarios.
C5	Garantizar una financiación sostenida para los principales sistemas de observación marina/oceánica (por ejemplo boyas fijas en mares tropicales, Argo, boyas a la deriva en superficie con barómetros, así como mediciones de altímetros,	SMN, SMHN e instituciones nacionales asociadas, en colaboración con organizaciones internacionales, Comisiones Técnicas	Continuo.	Porcentaje de redes de observación financiadas mediante un mecanismo permanente.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	dispersómetros, temperatura superficial del mar por radiometría de microondas y hielo marino realizadas por misiones satelitales de investigación).	responsables de la coordinación de los sistemas de observación (p.ej. CMOMM, CSB, y CIMO) y organismos espaciales.		
C6	Respecto de cada sistema de observación propuesto para su funcionamiento en modo adaptable (esto es, proceso mediante el cual variaría el conjunto de observaciones en función de la situación meteorológica), estudiar la viabilidad, rentabilidad y efectos secundarios de la continuidad de los registros de datos climáticos.	Organizaciones que operan redes de observación de forma regular. Proceso que debe ser iniciado y coordinado por la CSB basándose en las recomendaciones de la CCA, otras Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y el SMOC.	Proceso continuo de revisión de las evaluaciones de viabilidad y rentabilidad.	Número de redes operadas con algún nivel de búsqueda de objetivos.
C7	Garantizar la continuidad y el solapamiento en el tiempo de los principales componentes de los sistemas de observación y sus registros de datos, con arreglo a las necesidades de los usuarios, mediante los procedimientos adecuados de gestión de cambios.	La CSB dirigirá la medida, en colaboración con otras Comisiones Técnicas, la CMOMM, asociaciones regionales, organismos de satélites, SMN y SMHN, y organizaciones que operan sistemas de observación.	Continuo. El calendario se decidirá en función de cada caso.	Continuidad y coherencia de los registros de datos.
C8	Para los sistemas de observación de la OMM y copatrocinados por ella, garantizar la observancia continua de los principios de intercambio de datos de la OMM independientemente del origen de los datos, incluidos los datos suministrados por entidades comerciales.	SMN y SMHN, y organismos espaciales. Proceso supervisado por la CSB.	Continuo.	Disponibilidad permanente de todos los datos esenciales de las observaciones para todos los Miembros de la OMM.
C9	Analizar la futura evolución de los volúmenes de datos que se intercambiarán y manipularán, basándose en los volúmenes de datos que se prevé que generarán las futuras fuentes espaciales y en superficie.	El SIO dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, la CMOMM, asociaciones regionales, organismos de satélites, SMN y SMHN, y organizaciones que operan sistemas de observación.	Continuo.	Evolución de los volúmenes de datos manipulados e intercambiados.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
C10	Vigilar la corriente de todos los datos esenciales hacia los centros de procesamiento y los usuarios para garantizar el flujo oportuno de información de retroefecto desde los centros de vigilancia hacia la gestión de las redes de observación.	Centros de procesamiento de datos coordinados por las adecuadas Comisiones Técnicas y programas internacionales (la CSB dirigirá el proceso y lo iniciará cuando proceda).	Continuo.	Los criterios de vigilancia habituales.
C11	Lograr una mejor homogeneidad de los formatos de los datos para su intercambio internacional, por medio de reducir el número de normas coordinadas a nivel internacional.	La CSB dirigirá la medida, en colaboración con otras Comisiones Técnicas.	Continuo.	Número de formatos de datos por tipo de dato.
C12	Garantizar una vigilancia continua de las frecuencias radioeléctricas que se necesitan para diferentes componentes del WIGOS, a fin de asegurarse de que estén disponibles y tengan el nivel de protección necesario.	El Grupo director sobre la coordinación de las frecuencias radioeléctricas dirigirá la medida, en coordinación con SMN, SMHN y organizaciones nacionales, regionales e internacionales encargadas de la gestión de las frecuencias radioeléctricas.	Continuo.	Bandas de frecuencias para la observación disponibles/no disponibles con el nivel de protección necesario.
C13	Establecer estrategias de creación de capacidad para sistemas de observación en países en desarrollo mediante proyectos financiados por organizaciones internacionales y asociaciones bilaterales y la facilitación de la cooperación regional.	SMN y SMHN junto con asociaciones regionales, la CSB y otras Comisiones Técnicas, en colaboración con programas internacionales.	Continuo	Mejora sustancial en la recuperación de datos de observaciones por parte de los países en desarrollo.
G1	Garantizar la trazabilidad de todas las observaciones y mediciones meteorológicas mediante el Sistema Internacional de Unidades o las normas de la OMM.	SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB y las asociaciones regionales dirigirán y supervisarán la medida.	Continuo.	Número de estaciones que realizan mediciones trazables mediante el Sistema Internacional de Unidades o las normas de la OMM.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
G2	Garantizar, en la medida de lo posible, un intercambio mundial de datos horarios que se utilicen en aplicaciones mundiales, optimizado de modo que se equilibren las necesidades de los usuarios con las limitaciones técnicas y financieras.	SMN y SMHN, asociaciones regionales, en coordinación con la CSB y programas y organismos internacionales. La CSB dirigirá la medida.	Continuo. El calendario se decidirá para cada sistema de observación.	Indicadores habituales de vigilancia utilizados en la PNT global (véase la nota al pie N° 17 en la sección 3.6).
G3	Promover un intercambio mundial de datos subhorarios en apoyo de las esferas de aplicación pertinentes.	SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida.	Continuo. El calendario se decidirá en función de cada sistema de observación.	Número de tipos de datos subhorarios intercambiados mediante el SIO.
G4	Garantizar el intercambio de observaciones de los sistemas de observación atmosférica, oceánica y terrestre, en conformidad con las normas SIO y WIGOS. De ser necesario, organizar diferentes niveles de preprocesamiento de las observaciones a fin de satisfacer las distintas necesidades de los usuarios.	SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida.	Continuo. El calendario se decidirá en función de cada sistema de observación.	Estadísticas sobre los datos puestas a disposición de las distintas aplicaciones.
G5	Garantizar que los operadores de redes de observación en superficie faciliten el adecuado acceso a las observaciones para apoyar la validación de la obtención en el espacio de los parámetros de superficie.	La CSB dirigirá la medida, en colaboración con SMN y SMHN.	Continuo.	Cantidad de datos obtenidos en superficie puestos a disposición para la validación de los productos satelitales.
G6	Hacer que los operadores de redes de observación en superficie consideren la posibilidad de utilizar observaciones y productos espaciales para controlar la calidad de los datos procedentes de las redes de superficie.	La CSB dirigirá la medida, en colaboración con los SMN y SMHN.	Continuo.	Número de sistemas de observación en superficie que utilizan datos satelitales para el control de la calidad.
G7	Aumentar las estaciones de radiosonda, o reactivar las estaciones de radiosonda que no envían informes, en las zonas con escasez de datos de las Regiones I, II y III que disponen de la peor cobertura de datos. Hacer todo lo posible por evitar la clausura de las estaciones existentes en las zonas con escasez de datos, donde incluso un número muy	SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida, junto	Continuo.	Indicadores de vigilancia habituales utilizados en la predicción numérica del tiempo (PNT) (véase la nota al pie N° 17 en la sección 3.6).

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	reducido de estaciones de radiosonda pueden aportar un beneficio esencial a todos los usuarios.	con las asociaciones regionales.		
G8	Estudiar de nuevo los diseños de las redes de radiosondas (p.ej., emplear estaciones aisladas) teniendo en cuenta otras fuentes de datos disponibles, como el sistema AMDAR y los perfiladores de viento.	La CSB, mediante estudios de repercusión en la PNT y estudios de diseño de redes, en coordinación con SMN y SMHN, programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, otras Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida, junto con las asociaciones regionales.	2015 (o antes) para un primer rediseño.	Diseño elaborado y llevado a la práctica.
G9	Continuar los estudios y las pruebas sobre la utilidad de las observaciones obtenidas mediante el aumento de la frecuencia de los lanzamientos de radiosondas en algunos emplazamientos de observación, en relación con la situación meteorológica en la zona.	SMN y SMHN, instituciones de investigación y otras organizaciones que operan redes de radiosondas u organizan experimentos sobre el terreno, con los centros de PNT. La CSB y la CCA dirigirán la medida.	Continuo, con un calendario dependiente de las campañas regionales.	Número de emplazamientos de radiosonda capaces de convertirse en "adaptables" junto con el número de observaciones realizadas (vigilancia estándar).
G10	Examinar la posibilidad de optimizar la red de radiosondas a fin de hacer que la cobertura de las observaciones convencionales en altitud sea más uniforme en cuanto a distribución espacial y temporal teniendo en cuenta todas las necesidades de los usuarios, y formular recomendaciones pertinentes a la CSB para la consiguiente actualización del Reglamento Técnico.	SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB dirigirá la medida, junto con las asociaciones regionales.	2015, después continuo.	Indicadores de vigilancia estándar.
G11	Mejorar la calidad, disponibilidad y sostenibilidad de la Red de observación en altitud del SMOC (ROAS), garantizando el mantenimiento de la red existente y la calidad de los datos.	La CSB dirigirá la medida, en coordinación con el SMOC y los SMN y SMHN, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes.	Continuo.	Indicadores de vigilancia estándar utilizados en la PNT.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
G12	Continuar la puesta en funcionamiento de la Red de referencia de observación en altitud del SMOC (RROAS) mediante el apoyo y el desarrollo de las 15 estaciones iniciales hasta la compleción final de toda la red (entre 30 y 40 estaciones).	La CSB dirigirá la medida, en coordinación con el SMOC y los SMN y SMHN, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes.	Continuo.	Indicadores de vigilancia estándar utilizados en la PNT e indicadores definidos en los requisitos de observación de la RROAS.
G13	Determinar las estaciones de radiosonda que realizan mediciones de forma regular (incluidas las radiosondas que solo funcionan durante campañas), pero para las cuales los datos no se transmiten en tiempo real, y hacer que los datos se pongan a disposición.	SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB y las asociaciones regionales dirigirán la medida.	Continuo.	Número de las mencionadas estaciones de radiosonda que ofrecen datos al SMT, además de los indicadores de vigilancia estándar sobre disponibilidad y oportunidad de los datos obtenidos por radiosonda.
G14	Garantizar una distribución oportuna de las mediciones de radiosonda a una resolución vertical alta, junto con información sobre la posición y el día y la hora para cada dato, y otros metadatos conexos.	SMN y SMHN, en coordinación con programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes. La CSB y las asociaciones regionales dirigirán la medida.	Continuo.	Número de emplazamientos de radiosonda que suministran los perfiles en alta resolución.
G15	Realizar estudios de repercusión en la PNT para evaluar los efectos de los datos de radiosonda obtenidos por encima de 100 hPa sobre la PNT global, en el contexto de los actuales sistemas de observación (2012).	Centros PNT, coordinados por el Equipo de expertos de la CSB sobre la evolución de los sistemas mundiales de observación en colaboración con la CCA.	Antes del final de 2013.	Número de estudios independientes realizados.
G16	Realizar experimentos de simulación de sistemas de observación para evaluar la repercusión en las predicciones troposféricas de una mejor información en altitudes superiores a la correspondiente a 100 hPa.	Centros PNT, coordinados por el Equipo de expertos de la CSB sobre la evolución de los sistemas mundiales de observación en colaboración con la CCA.	Antes del final de 2013.	Número de experimentos independientes de esta clase llevados a cabo.
G17	Desarrollar redes de estaciones perfiladoras de teledetección a escala regional a fin de	Organizaciones que operan estaciones perfiladoras en	Continuo. Las asociaciones	Número de estaciones perfiladoras que suministran

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	complementar los sistemas de observación de radiosondas y de aeronaves, principalmente sobre la base de necesidades regionales, nacionales y locales de los usuarios (si bien parte de los datos medidos se utilizarán a nivel mundial).	modo ordinario o de investigación, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales, Comisiones Técnicas (principalmente la CCA, la CSB y la CIMO) y otras instituciones regionales (p.ej. EUMETNET en Europa). La CSB dirigirá la medida, en colaboración con la CIMO, la CCA y asociaciones regionales.	regionales se encargarán de establecer plazos detallados a nivel regional.	datos de calidad probada en tiempo real al SIO/SMT.
G18	Garantizar, en la medida de lo posible, el procesamiento requerido y el intercambio de los datos de los perfiladores para su uso a nivel local, regional y mundial. Cuando los datos de los perfiladores puedan producirse con mayor frecuencia que una hora, se podrá intercambiar a nivel mundial un conjunto de datos que contenga únicamente las observaciones producidas cada hora con arreglo a los principios SIO.	Organizaciones que operan estaciones perfiladoras en modo ordinario o de investigación, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales, Comisiones Técnicas (principalmente la CCA, la CSB y la CIMO) y otras instituciones regionales (p.ej. EUMETNET en Europa). La CSB dirigirá la medida, junto con las asociaciones regionales.	Continuo. Las asociaciones regionales se encargarán de establecer plazos detallados a nivel regional.	Número de estaciones perfiladoras que intercambian datos a nivel mundial.
G19	Mejorar la cobertura de retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves (AMDAR) sobre zonas para las que actualmente se dispone de pocos datos, especialmente en las Regiones I y III, centrándose en el suministro de datos en aeropuertos en los trópicos y en el hemisferio sur, donde más se necesitan perfiles verticales como complemento de la actual cobertura de los datos de radiosondas y de su probable evolución.	SMN y SMHN en colaboración con aerolíneas comerciales y de otro tipo, y asociaciones regionales. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.	Continuo.	Número de aeropuertos donde se efectúan mediciones AMDAR. Volumen de perfiles verticales y datos AMDAR en general, medidos por los indicadores habituales de los programas AMDAR actuales.
G20	Ampliar el Programa de retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves (AMDAR) de modo	SMN y SMHN, en colaboración con aerolíneas comerciales y	Continuo.	Número de aeropuertos donde se realizan mediciones

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	que equipe y active más flotas y aeronaves que operen a nivel internacional (es decir, flotas y aeronaves que realicen vuelos a y entre aeropuertos internacionales fuera del país de origen) y amplíen el uso de los sistemas de optimización de datos en apoyo de una mejor cobertura y eficiencia de las observaciones en altitud, así como de la funcionalidad adaptable del sistema.	de otro tipo, asociaciones regionales, la CSB y la Gestión del Programa AMDAR. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.		AMDAR, y número de perfiles verticales diarios realizados en cada aeropuerto. Número de aerolíneas internacionales y aeronaves equipadas para suministrar observaciones AMDAR. Adaptabilidad del programa AMDAR.
G21	Habida cuenta de la naturaleza del sistema de observación desde aeronaves como componente cada vez más fundamental y básico del Sistema Mundial de Observación (SMO), tratar de concertar acuerdos con aerolíneas y con el sector de la aviación para garantizar que el sistema, infraestructura, datos y protocolos de comunicaciones cuenten con apoyo y estén normalizados en los marcos pertinentes del sector de la aviación de modo que se asegure la continuidad y fiabilidad del sistema.	SMN y SMHN, en colaboración con aerolíneas nacionales y de otro tipo y el sector de la aviación, asociaciones regionales, la CSB y la Gestión del Programa AMDAR. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.	Continuo.	Acuerdos concertados con asociados y organizaciones del sector de la aviación.
G22	Continuar el desarrollo y la utilización operativa de sensores de humedad como componente integrado del sistema AMDAR a fin de garantizar que los datos de humedad sean procesados y transmitidos del mismo modo que los de viento y temperatura.	SMN y SMHN, en colaboración con aerolíneas comerciales y de otro tipo, Comisiones Técnicas (CSB y CIMO) y la Gestión del Programa AMDAR. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.	Continuo.	Número de datos de humedad suministrados en tiempo real.
G23	Mejorar y ampliar la capacidad para comunicar observaciones de variables de turbulencia y congelación atmosféricas como componente integrado del sistema AMDAR en consonancia con las necesidades de las áreas de programa pertinentes y de los usuarios de los datos.	SMN y SMHN, en colaboración con aerolíneas y Comisiones Técnicas (CSB y CIMO) y la Gestión del Programa AMDAR, y asociaciones regionales. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.	Continuo.	Número de aeronaves que ofrecen datos de turbulencia y congelación atmosféricas en tiempo real.
G24	Desarrollar y aplicar de forma operativa sistemas AMDAR que estén adaptados a pequeñas aeronaves que operen a escala regional y vuelen a	Aerolíneas que operen pequeñas aeronaves, SMN, SMHN en colaboración con	Continuo.	Número de pequeñas aeronaves que suministran en tiempo real observaciones

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	baja altitud en la troposfera.	asociaciones regionales, la CSB y la Gestión del Programa AMDAR. La Gestión del Programa AMDAR dirigirá la medida.		AMDAR obtenidas con carácter operativo.
G25	Alentar a los directores de los programas nacionales de observaciones meteorológicas a que amplíen el alcance de las estaciones que realizan esas observaciones para que en ellas se incluyan las de la química atmosférica.	SMN y SMHN y organizaciones y organismos de investigación respectivos que realizan observaciones de la composición atmosférica, en coordinación con Comisiones Técnicas (especialmente la CCA y la CSB) y asociaciones regionales. La CCA y la CSB dirigirán la medida, junto con las asociaciones regionales.	Continuo. El calendario se definirá para cada asociación regional.	Número de estaciones de observación de la composición atmosférica.
G26	Sacar mayor provecho de las estaciones receptoras del GNSS mediante la concertación de acuerdos de colaboración con los propietarios y operadores de las estaciones para conseguir acceso, procesar y compartir datos en tiempo real a fin de obtener información meteorológica o ionosférica (demora total en el cenit, vapor de agua integrado, contenido electrónico total (TEC)).	Los SMN y SMHN (a título individual o en agrupaciones multilaterales) dirigirán la medida y necesitarán colaborar con los propietarios y operadores de las estaciones, junto con las asociaciones regionales (para definir los criterios del intercambio) y Comisiones Técnicas (para conseguir la orientación pertinente).	Continuo.	Número de estaciones receptoras del GNSS que ponen a disposición sus datos en tiempo real; número de estaciones que se pueden utilizar en la PNT con arreglo a los criterios de vigilancia habituales (véase la nota al pie N° 17 en la sección 3.6).
G27	Organizar el intercambio mundial de datos de un subconjunto de estaciones receptoras del GNSS, tratando de satisfacer un requisito de frecuencia de alrededor de una hora (para satisfacer las necesidades de las aplicaciones mundiales).	Organizaciones y organismos de investigación que operan estaciones receptoras del GNSS, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales, Comisiones Técnicas (especialmente la CCA y la CSB) y otras	Continuo.	Número de estaciones receptoras del GNSS cuyos datos se intercambian a nivel mundial en tiempo real.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
		organizaciones internacionales (p. ej. EUMETNET). La CSB dirigirá la medida junto con las asociaciones regionales.		
G28	Optimizar la observación de vapor de agua en altitud sobre tierra, considerando la posibilidad de establecer colaboraciones con otras estaciones receptoras del GNSS, así como con los demás sistemas de observación de la humedad.	Organizaciones y organismos de investigación que operan estaciones receptoras del GNSS, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales, Comisiones Técnicas (especialmente la CCA y la CSB) y otras organizaciones internacionales (p.ej., EUMETNET). Los SMN y SMHN dirigirán la medida junto con las asociaciones regionales.	Continuo.	Número de estaciones receptoras del GNSS que ponen sus datos a disposición en tiempo real; número de estaciones que se pueden utilizar en la PNT con arreglo a los criterios de vigilancia habituales (véase la nota al pie 17 en la sección 3.6).
G29	Ampliar la red de referencia para la medición de radiaciones en superficie hasta lograr una cobertura mundial.	SMN y SMHN y organizaciones de investigación, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.	Continuo.	Número de estaciones de la red de referencia para la medición de radiaciones en superficie.
G30	Garantizar, en la medida de lo posible, el intercambio mundial de las variables medidas por estaciones de observación en superficie (incluidas las estaciones climatológicas) con al menos una frecuencia de una hora y en tiempo real.	SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.	Continuo.	Porcentaje de observaciones intercambiadas a nivel mundial con una frecuencia de una hora (con respecto al número de estaciones que realizan observaciones cada hora).
G31	Mejorar la compatibilidad, la disponibilidad (también con mayor frecuencia) y la cobertura de los datos de las observaciones en superficie (incluidas las climatológicas) mediante una gestión de calidad, la automatización y el intercambio de datos en tiempo real, en la mayor medida posible de todas las estaciones operativas.	SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.	Continuo.	Porcentaje de estaciones que distribuyen observaciones de calidad evaluada en tiempo real a través del SIO/SMT (respecto del número de estaciones que producen observaciones).

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
G32	Garantizar que las variables medidas por estaciones en superficie (incluidas las climatológicas) se intercambien junto con el acceso a los metadatos pertinentes de acuerdo con las normas SIO y WIGOS. Se debería prestar especial atención a la incertidumbre relativa a la altitud del barómetro.	SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.	Continuo.	Los indicadores de vigilancia habituales (véase la nota al pie N° 17 en la sección 3.6)
G33	Mejorar el diseño de la Red sinóptica básica regional (RSBR) y la Red climatológica básica regional (RCBR), esforzándose al máximo por conservar las estaciones importantes para la observación del clima.	La CSB dirigirá la medida utilizando los adecuados estudios de repercusión en la PNT y estudios de diseño de redes, en coordinación con SMN y SMHN, programas de la OMM y programas copatrocinados por ella, otras Comisiones Técnicas, asociaciones regionales y otras organizaciones pertinentes.	2015.	Diseño elaborado y puesto en práctica.
G34	Poner en práctica cuanto antes un intercambio en tiempo casi real de las observaciones de la composición atmosférica efectuadas en las estaciones en superficie. Para llevar a cabo esta difusión, seguir las recomendaciones de la VAG y las prácticas WIGOS y SIO, así como las prácticas estándar de evaluación de la calidad.	Organizaciones y organismos de investigación que realizan observaciones de la composición atmosférica, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas. La CCA y la CSB dirigirán la medida, junto con las asociaciones regionales.	Continuo. El calendario se establecerá para cada asociación regional.	Número de estaciones en superficie de observación de la composición atmosférica que ponen a disposición datos de calidad evaluada en tiempo real.
G35	Poner en funcionamiento cuanto antes una red de emplazamientos de referencia de observación de la criosfera global "CryoNet".	Organizaciones, institutos y organismos de investigación que lleven a cabo la observación y la vigilancia de la criosfera, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, según proceda. El Equipo CryoNet dirigirá la	2014.	Número de emplazamientos de referencia que forman parte de CryoNet.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
		medida. La Junta Asesora y la Junta Directiva de la VCG supervisarán la medida.		
G36	Proporcionar, en la medida de lo posible, un intercambio en tiempo real o casi real de los datos de la criosfera de CryoNet. Para poner en práctica esa difusión, seguir las prácticas GCW, WIGOS y SIO, así como las prácticas y el archivo estándares de evaluación de la calidad.	Organizaciones, institutos y organismos de investigación que lleven a cabo la observación y la vigilancia de la criosfera, en coordinación con SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, según proceda. El Equipo CryoNet dirigirá la medida. La Junta Asesora y la Junta Directiva de la VCG supervisarán la medida.	2014.	Número de estaciones de CryoNet que ponen a disposición datos de calidad evaluada.
G37	Mejorar la eficiencia en la detección global de relámpagos mediante una mayor implantación de sistemas de detección de relámpagos de largo alcance y la introducción de más sistemas de ese tipo. Se debería dar prioridad a subsanar deficiencias en zonas pobladas y a lo largo de las rutas aéreas comerciales.	SMN y SMHN y organismos que operan sistemas de detección de relámpagos de largo alcance, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB y la CIMO, que dirigirán conjuntamente la medida.	Continuo.	Cobertura de datos para este tipo de observaciones.
G38	Desarrollar y aplicar técnicas para la integración de los datos de detección de relámpagos de los distintos sistemas, incluidos los sistemas en superficie y espaciales, a fin de permitir que se pongan a disposición productos compuestos.	SMN y SMHN y organismos que operan sistemas de detección de relámpagos, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB y la CIMO, que dirigirán conjuntamente la medida.	Continuo.	Nivel de integración de los sistemas de detección de relámpagos.
G39	Mejorar el intercambio en tiempo real de los datos de detección de relámpagos mediante el establecimiento y la aplicación de protocolos acordados para el intercambio de los datos.	SMN y SMHN y organismos que operan sistemas de detección de relámpagos, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas,	Continuo.	Porcentaje de observaciones intercambiadas a nivel regional y mundial.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
		coordinados por la CSB y la CIMO.		
G40	Garantizar, en la medida de lo posible, el intercambio en tiempo real de observaciones y metadatos pertinentes, incluida una medición de representatividad efectuada por estaciones en superficie que dan servicio a aplicaciones específicas (transporte por carretera, aviación, meteorología agrícola, meteorología urbana, etc.).	Organismos que operan estaciones que dan servicio a aplicaciones específicas, SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.	Continuo.	Porcentaje de observaciones efectuadas por las mencionadas estaciones, intercambiadas en tiempo real a nivel regional y mundial.
G41	Mejorar las observaciones en zonas candidatas para apoyar estudios asociados al desarrollo y las operaciones de las instalaciones de energías renovables, y también para comprender la influencia de esas instalaciones en los fenómenos meteorológicos y climáticos locales en relación con la aplicación de tecnologías renovables.	Organismos que operan estaciones que atienden necesidades en la esfera de las energías renovables, SMN y SMHN, asociaciones regionales y Comisiones Técnicas, coordinados por la CSB.	Continuo.	Número de observaciones en apoyo de las energías renovables.
G42	Para fines climáticos, mantener las estaciones hidrológicas existentes de la red de referencia del SMOC/SMOT y facilitar el intercambio mundial.	Todos los servicios hidrológicos que operan las estaciones de referencia, Comisiones Técnicas (CHi y CSB) y el SMOC. La CSB y el SMOC dirigirán la medida.	Continuo.	Porcentaje de estaciones hidrológicas de referencia que intercambian datos de calidad evaluada a nivel mundial.
G43	Incorporar las observaciones de las principales variables hidrológicas (precipitación líquida y sólida, evaporación, profundidad de la nieve, contenido de agua en la nieve, grosor del hielo de lagos y ríos, nivel del agua, caudal, humedad del suelo) en un sistema integrado para la observación, el procesamiento y el intercambio consistentes, con arreglo a las normas WIGOS.	Los servicios hidrológicos, el SMOC y Comisiones Técnicas (CHi y CSB) dirigirán la medida.	Continuo.	Porcentaje de datos hidrológicos integrados en este sistema.
G44	Continuar y ampliar los programas existentes de observación y vigilancia de las aguas subterráneas, incluyendo la ampliación del IGRAC.	Servicios hidrológicos en colaboración con la CHi de la OMM, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	Continuo.	Número de estaciones de observación de aguas subterráneas operativas.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
		(FAO) y el SMOT (especialmente su Red terrestre mundial - Aguas subterráneas - GTN-GW – componente). La CHi de la OMM y el SMOT dirigirán la medida.		
G45	Aumentar el despliegue, calibración y uso de radares de polarización dual en las regiones donde resulten útiles.	La CSB dirigirá la medida en colaboración con la CIMO, asociaciones regionales y SMN y SMHN.	Continuo.	Cobertura de datos obtenida con este tipo de radar para cada Región.
G46	Realizar la comparación del software de los radares meteorológicos con el objetivo de mejorar la calidad de las estimaciones cuantitativas de la precipitación (ECP).	La CIMO en colaboración con SMN y SMHN y organismos que operan radares atmosféricos.	Continuo.	Orientación ofrecida a los operadores y los Miembros.
G47	Para las zonas de países en desarrollo sensibles a las tormentas e inundaciones, hacer un esfuerzo especial para establecer y mantener estaciones de radar meteorológico.	SMN y SMHN, organismos que operan radares meteorológicos, en colaboración con las asociaciones regionales y Comisiones Técnicas (CSB, CIMO y CHI). La CSB dirigirá la medida.	Continuo.	Número de estaciones de radar meteorológico operativas en las zonas mencionadas.
G48	Definir los datos de radar meteorológico que se intercambiarán a nivel regional y mundial, proponer la frecuencia de intercambio de esos datos y elaborar un marco de procesamiento de los datos de radar meteorológico, junto con el desarrollo de productos basados en las necesidades nacionales, regionales y mundiales.	La CSB (dirigirá la medida), la CIMO y la CHI en coordinación con SMN y SMHN, organismos que operan radares meteorológicos, en colaboración con las asociaciones regionales.	Continuo.	Volumen de datos de radar que se intercambian a nivel mundial y regional.
G49	Mantener y optimizar la actual red ASAP sobre el Atlántico Norte y elaborar programas similares para el Pacífico Norte y el océano Índico.	SMN y SMHN, en colaboración con empresas que operan barcos comerciales, asociaciones regionales, la CMOMM, la CSB y la CCA. La CMOMM dirigirá la medida.	Continuo.	Volumen de datos ASAP disponibles en tiempo real (indicadores habituales de vigilancia de la PNT).

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
G50	Garantizar el empleo de las tecnologías más avanzadas para mejorar la exactitud de todas las mediciones realizadas en las estaciones marinas. Desarrollar capacidades de medición de la visibilidad sobre el océano.	SMN, SMHN e instituciones nacionales asociadas, en colaboración con organizaciones internacionales y organismos espaciales. La CMOMM, la CSB y la CIMO dirigirán la medida.	Continuo.	Los indicadores de vigilancia habituales sobre disponibilidad y calidad de las observaciones marinas.
G51	Mejorar de la calidad de las observaciones realizadas en barcos por medio de contactos más frecuentes con los centros de vigilancia de la PNT y de realizar comprobaciones más frecuentes en los instrumentos que se encuentran a bordo.	Agentes meteorológicos de puerto (AMP), SMN, SMHN y otros centros de vigilancia PNT en colaboración con empresas que operan barcos comerciales. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.	Continuo.	Indicadores de vigilancia habituales de la PNT.
G52	Apoyar al Grupo de cooperación sobre boyas de acopio de datos (GCBD) en su misión de mantener y coordinar todos los componentes de la red mundial de más de 1 250 boyas a la deriva y 400 boyas fondeadas, que ofrece mediciones como las de la temperatura superficial del mar, la velocidad de la corriente de superficie, la temperatura del aire y la velocidad y dirección del viento.	SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de boyas oceánicas, la CSB y la CIMO. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.	Continuo.	Volumen de datos de calidad controlada obtenidos con boyas fondeadas y a la deriva en tiempo real (indicadores habituales de vigilancia de la PNT).
G53	Instalar un barómetro en todas las nuevas boyas a la deriva que se desplieguen.	SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de boyas oceánicas, la CSB y la CIMO. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.	Continuo.	Disponibilidad de observaciones de la presión en superficie procedentes de boyas a la deriva.
G54	En el océano Índico tropical, ampliar la red existente de boyas fondeadas hasta conseguir una cobertura de datos similar a las que existen en los trópicos en los océanos Atlántico y Pacífico.	SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de boyas oceánicas, la CSB y la	Continuo.	Número y cobertura de datos de boyas fondeadas disponibles en los trópicos en el océano Índico (indicadores de vigilancia habituales).

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
		CIMO. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.		
G55	Aumentar la cobertura de datos con boyas en el hielo en el casquete polar boreal a través del despliegue regular de nuevas boyas a la deriva.	SMN, SMHN, instituciones oceanográficas y polares nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de boyas en el hielo, la CSB y la CIMO. La CSB y la CMOMM dirigirán la medida.	Continuo.	Volumen de datos procedentes de boyas en el hielo disponibles en tiempo real (indicadores habituales de vigilancia de la PNT).
G56	Garantizar la disponibilidad a nivel mundial de los datos sobre el nivel del mar in situ (mareógrafos, tsunámetros).	SMN, SMHN e instituciones asociadas nacionales, en colaboración con organizaciones internacionales y organismos espaciales. La CMOMM, la CSB y la CIMO dirigirán la medida.	Continuo.	Volumen de datos de mareógrafos disponibles a nivel mundial.
G57	Con fines de predicción oceánica y meteorológica, efectuar la transición de la red de flotadores perfiladores de modo de investigación a modo operativo, y garantizar la entrega y la distribución oportunas de datos de alta resolución vertical sobre temperatura y salinidad subsuperficiales.	SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con el proyecto Argo, la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de flotadores perfiladores, la CSB y la CIMO. La CMOMM dirigirá la medida en cooperación con la CSB.	Continuo.	Volumen de datos procedentes de flotadores perfiladores disponibles en tiempo real (indicadores de vigilancia habituales).
G58	Con fines de predicción oceánica y meteorológica, mejorar la entrega y la distribución oportunas de datos de alta resolución vertical sobre temperatura subsuperficial obtenida con buques equipados con XBT.	SMN, SMHN, instituciones oceanográficas nacionales, en colaboración con la CMOMM, organizaciones internacionales y empresas operadoras de buques ocasionales, la CSB y la CIMO. La CMOMM dirigirá la medida en cooperación con la	Continuo.	Volumen de datos procedentes de XBT disponibles en tiempo real (indicadores de vigilancia habituales).

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
		CSB.		
G59	Siempre que sea posible y adecuado, integrar las mediciones automáticas de la composición atmosférica realizadas desde aeronaves con las mediciones de viento, temperatura y humedad, que abarque su procesamiento y difusión, de acuerdo con las normas de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) y otras normas pertinentes.	Organizaciones implicadas en las mediciones atmosféricas desde plataformas de aeronave, SMN, SMHN en colaboración con aerolíneas comerciales y de otro tipo, Comisiones Técnicas (CSB, CIMO, CCA) y el Grupo de expertos AMDAR. La CSB, la CCA y el Grupo de expertos AMDAR dirigirán la medida.	Continuo.	Número de aeronaves que producen tanto observaciones meteorológicas como mediciones de la composición atmosférica en tiempo real.
S1	Permitir a los Miembros, según proceda, que se beneficien plenamente de las capacidades satelitales en evolución a través de orientación sobre la recepción de datos y los sistemas de difusión, incluidas las mejoras de infraestructura necesarias.	La CSB dirigirá la medida, en colaboración con el Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos (GCSM) y operadores de satélites.	Continuo.	Nivel de respuesta positiva a la encuesta sobre las necesidades de los Miembros como usuarios.
S2	Garantizar que los operadores de satélites proporcionen una descripción completa de todos los pasos dados en la generación de productos satelitales, incluidos los algoritmos utilizados, los conjuntos de datos satelitales específicos utilizados y las características y los resultados de las actividades de validación.	Operadores de satélites que integran el GCSM y el Comité sobre satélites de observación de la Tierra (CEOS).	Continuo.	Número de productos totalmente documentados, que se ajustan al procedimiento del Marco de gestión de la calidad.
S3	Garantizar que los operadores de satélites aseguren la conservación de los datos a largo plazo y la administración científica de los datos, incluido el reprocesamiento periódico (aproximadamente cada cinco años).	Operadores de satélites en colaboración con el SMOC.	Continuo.	Existencia de archivos de datos satelitales a largo plazo, con reprocesamiento periódico.
S4	Permitir que los Miembros se beneficien de las capacidades satelitales en evolución a través de actividades de educación y formación adecuadas y orientadas a la aplicación (incluida la educación a distancia).	El GCSM a través de su Laboratorio Virtual, incluidos los Centros de Excelencia, y asociados.	Continuo.	Nivel de respuesta positiva a la encuesta sobre las necesidades de formación de los Miembros.
S5	Las regiones deberían determinar y mantener los	Asociaciones regionales y	Continuo.	Exhaustividad y vigencia del

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	requisitos de los conjuntos de datos y productos satelitales.	operadores de satélites a través de sus equipos de trabajo regionales y Centros de Excelencia del Laboratorio Virtual.		conjunto de requisitos regionales.
S6	Mantener y desarrollar las intercomparaciones del GSICS y las intercalibraciones entre sensores de satélites geoestacionarios y de satélites en órbita terrestre baja de forma operativa.	Sistema Mundial de Intercalibración Espacial (GSICS).	Continuo.	Número de instrumentos calibrados de acuerdo con las normas del GSICS.
S7	Garantizar la continuidad y la superposición de sensores clave de los satélites, teniendo en cuenta tanto el procesamiento en tiempo real como en modo diferido para asegurar la consistencia de los registros climáticos, el reanálisis, la investigación, la recalibración y los estudios de casos.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Continuidad y consistencia de los registros de datos.
S8	Garantizar y mantener una distribución de al menos seis satélites geoestacionarios operativos a lo largo del ecuador, separados por un intervalo idealmente no superior a 70° de longitud. Mejorar la cobertura espacial y temporal con satélites geoestacionarios sobre el Pacífico.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Calidad de la cobertura global por los diferentes instrumentos de los satélites geoestacionarios operativos.
S9	En cada satélite geoestacionario operativo, aplicar y mantener al menos un reproductor de imágenes visibles e infrarrojas con al menos 16 canales que proporcionen una cobertura completa de los discos de la Tierra, con una resolución temporal de 15 minutos por lo menos y una resolución horizontal de 2 km por lo menos (en el punto subsatelital).	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas y organismos de satélites.	Continuo.	Número de satélites geoestacionarios equipados con reproductores de imágenes de alta resolución.
S10	En cada satélite geoestacionario, organizar la estrategia de exploración y el procesamiento de las imágenes (junto con otros instrumentos u otras fuentes de información) con el fin de producir vectores de movimiento atmosférico con una frecuencia de una hora por lo menos.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Número de satélites geoestacionarios que producen vectores de movimiento atmosférico de modo operativo.
S11	Equipar todos los satélites meteorológicos geoestacionarios con sensores infrarrojos	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones	Continuo para la planificación y	Número de satélites geoestacionarios equipados

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	hiperespectrales para sondeos frecuentes de la temperatura y la humedad, así como trazadores de perfilación del viento con la alta resolución adecuada (horizontal, vertical y horaria).	Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	preparación de la misión; 2015-2025 para hacer que los instrumentos sean operativos.	con sondeadores hiperespectrales.
S12	Equipar todos los satélites meteorológicos geoestacionarios con un reproductor de imágenes de relámpagos para detectar descargas eléctricas nube a nube y nube a tierra.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo para la planificación y preparación de la misión; 2015-2025 para hacer que los instrumentos sean operativos.	Número de satélites geoestacionarios equipados con un reproductor de imágenes de relámpagos.
S13	Garantizar la coordinación orbital para todas las misiones meteorológicas principales de satélites en órbita terrestre baja, con el fin de optimizar la cobertura temporal y espacial, manteniendo a la vez cierta redundancia orbital. Las misiones de satélites en órbita terrestre baja deberían incluir por lo menos tres satélites en órbita polar heliosincrónica operativos cuya hora de cruce del Ecuador sea a las 13:30, 17:30 y 21:30 (hora local).	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas y organismos espaciales.	Continuo.	Número y distribución orbital de las misiones meteorológicas de satélites en órbita terrestre baja.
S14	Mejorar la oportunidad de los datos de satélites en órbita terrestre baja, en especial de las principales misiones meteorológicas en los tres planos orbitales, mediante el desarrollo de sistemas de comunicación y procesamiento que logren una entrega de datos en un tiempo inferior a 30 minutos (como se ha logrado con la red del Servicio regional de retransmisión de los datos de la ATOVS (RARS) para algunos conjuntos de datos).	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Oportunidad de los datos de satélites en órbita terrestre baja, evaluada según los índices de vigilancia habituales.
S15	Mejorar el acceso local en tiempo real a los datos de satélites en órbita terrestre baja, en especial de las principales misiones meteorológicas en los tres planos orbitales, mediante el mantenimiento y desarrollo de sistemas de comunicación y procesamiento de lectura directa.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Volúmenes de datos de satélites en órbita terrestre baja accesibles por lectura directa.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
S16	Diseñar los segmentos terrestres para sondeadores infrarrojos hiperespectrales con el fin de definir y aplicar una estrategia de reducción de datos que optimice el contenido de la información accesible dentro del margen de oportunidad y de limitaciones de costo, y aborde al mismo tiempo las necesidades de las diferentes comunidades de usuarios.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Volumen y oportunidad de los diferentes conjuntos de datos distribuidos a los usuarios de los sondeadores hiperespectrales.
S17	Subsanar la deficiencia en la cobertura prevista de sondeadores de microondas en satélites en órbita de madrugada.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas y organismos de satélites.	Continuo.	Número de sondeadores de microondas previstos para satélites en órbita de madrugada.
S18	Utilizar los reproductores de imágenes de todas las plataformas operativas en órbita polar para producir VMA a partir del seguimiento de las nubes (o de características del vapor de agua)	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Volumen y oportunidad de los diferentes conjuntos de datos producidos operativamente en los casquetes polares.
S19	Dedicar un canal al vapor de agua (por ejemplo, 6,7 μm) en el reproductor de imágenes de todos los principales satélites meteorológicos en órbita polar para facilitar el cálculo de los vientos polares a partir del movimiento del vapor de agua.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Número de satélites meteorológicos principales en órbita polar con un canal dedicado al vapor de agua en su reproductor de imágenes.
S20	Garantizar la disponibilidad de reproductores de imágenes de microondas con todos los canales necesarios para vigilar la temperatura superficial del mar.	El GCSM con los operadores de satélites.	Continuo.	Número de satélites en órbita terrestre baja con un sensor de microondas para la temperatura superficial del mar.
S21	Garantizar y mantener una constelación de receptores GNSS de ocultación radio a bordo de plataformas en diferentes órbitas que produzcan al menos 10 000 ocultaciones al día (el orden de magnitud se redefine en la siguiente medida). Organizar la entrega en tiempo real a los centros de procesamiento.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Número de ocultaciones GNSS al día procesadas en tiempo casi real.
S22	Realizar experimentos de simulación de sistemas de observación para evaluar la repercusión de diferentes números de ocultaciones diarias y para	Centros de PNT en coordinación con la CSB (que dirigirá la medida) y la CCA.	Antes del fin de 2013.	Número experimentos de simulación de sistemas de observación realizados.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	estimar el número óptimo de ocultaciones diarias necesarias.			
S23	Implantar una constelación de altímetros que comprenda una misión de referencia de alta precisión, no heliosincrónica, de órbita inclinada, y dos instrumentos en órbitas heliosincrónicas muy separadas.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Número y geometría orbital de satélites que proporcionan altimetría en tiempo real.
S24	Asegurar y mantener en las operaciones al menos un reproductor de imágenes infrarrojas de doble ángulo de visión a bordo de un satélite en órbita polar con el fin de proporcionar mediciones de la temperatura superficial del mar de calidad adecuada para la vigilancia del clima.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Disponibilidad operativa de reproductores de imágenes de doble ángulo de visión.
S25	Poner en marcha al menos una misión de radar de precipitación en una órbita inclinada y una misión operativa de seguimiento.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	2014 (inicial) y continuo (seguimiento).	Disponibilidad de una misión.
S26	En apoyo de la medición de la precipitación global, realizar por lo menos una misión de vigilancia meteorológica pasiva en una órbita de baja inclinación.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Disponibilidad de una misión de vigilancia meteorológica pasiva en una órbita de baja inclinación.
S27	Organizar la entrega de datos de medición de la precipitación global en tiempo real para apoyar la predicción inmediata y las necesidades de la hidrología operativa.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Grado en que se satisfacen las necesidades de disponibilidad para la predicción inmediata y la hidrología operativa.
S28	Garantizar la continuidad de las mediciones mundiales del balance de la radiación terrestre, manteniendo operativos los radiómetros de banda ancha y los sensores de irradiación solar en al menos un satélite en órbita terrestre baja.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites y centros de procesamiento de datos.	Continuo.	Número de satélites en órbita polar que contribuyen al balance de la radiación terrestre.
S29	Para las aplicaciones de la química atmosférica, incluida la vigilancia del ozono, las sustancias reactivas relacionadas con la calidad aire y la	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de	Continuo.	Número de sondeadores ultravioletas, visibles y casi infrarrojos en satélites

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	contaminación del aire y los gases de efecto invernadero, garantizar la continuidad operativa de sondeadores ultravioletas, visibles y casi infrarrojos, incluyendo sondeadores ultravioletas o visibles de alta resolución espectral a bordo de satélites geoestacionarios, y al menos un sondeador ultravioleta o visible en tres órbitas polares bien separadas. Garantizar también la continuidad de la capacidad de sondeo del limbo.	satélites y centros de procesamiento de datos.		geoestacionarios y satélites en órbita terrestre baja que contribuyen a la química atmosférica.
S30	Aprovechar la experiencia de las misiones de demostración (como la ADM-AEOLUS) para planificar y diseñar un sistema de observación operativo basado en mediciones Doppler del viento (que proporcionan una cobertura mundial de los perfiles de viento).	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, la AEE y otros organismos de satélites y centros de procesamiento de datos y de PNT.	Tan pronto como sea posible después de que las misiones de demostración hayan proporcionado datos.	Número y calidad de los perfiles obtenidos con lidares Doppler para caracterizar el viento (desde el espacio) a disposición de los usuarios.
S31	Entregar datos de lidares para la observación de aerosoles y nubes producidos en misiones satelitales a centros de procesamiento de datos operativos y usuarios. Utilizar esta experiencia para tomar una decisión sobre una posible misión operativa de observación de aerosoles y nubes (integrada o no en una misión operativa de lidares Doppler para caracterizar el viento).	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y usuarios de la predicción inmediata y la química atmosférica.	Continuo, con una atención especial en el calendario de la misión EARTH-CARE.	Volumen de datos producidos por lidares espaciales para la observación de aerosoles y nubes y utilizados por aplicaciones operativas.
S32	Estudiar los beneficios aportados por las misiones de demostración satelitales como la del satélite SMOS (misiones basadas en radiómetros de microondas de baja frecuencia) en modelos atmosféricos, hidrológicos y oceánicos, en un contexto cuasi operativo, y decidir si se puede diseñar una misión operativa similar.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, la CMOMM, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y centros de modelización meteorológica, hidrológica y oceánica.	Tan pronto como sea posible para los estudios de repercusión, de 2013 en adelante para tomar una decisión sobre nuevas misiones.	Mejora experimentada gracias al uso de esos datos de microondas en diferentes modelos.
S33	Planificar y diseñar una misión de demostración con instrumentos de microondas a bordo de un satélite geoestacionario, con miras a lograr una mejora significativa en términos de observación en tiempo	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites, centros de	Tan pronto como sea posible, teniendo en cuenta la madurez de la	Resultados satisfactorios de un instrumento de microondas a bordo de un satélite geoestacionario, y

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	real de las nubes y la precipitación.	procesamiento de datos y centros de modelización meteorológica, hidrológica y oceánica.	tecnología.	posteriormente mejoras aportadas por los datos a la predicción meteorológica e hidrológica.
S34	Planificar y diseñar una misión de demostración con instrumentos visibles y casi infrarrojos de alta resolución a bordo de un satélite geostacionario, con miras a lograr una mejora significativa en la observación del color del océano, la vegetación, las nubes y los aerosoles, con sensores multiespectrales de banda estrecha.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y centros meteorológicos, oceánicos y ambientales.	Tan pronto como sea posible, teniendo en cuenta la madurez de la tecnología.	Resultados satisfactorios de este tipo de instrumentos a bordo de un satélite geostacionario, y posteriormente mejoras aportadas por los datos a la meteorología, la oceanografía y las ciencias del medio ambiente.
S35	Planificar y diseñar una misión de demostración con instrumentos visibles e infrarrojos a bordo de un satélite en órbita muy elíptica y muy inclinada sobre el ecuador con el fin de concentrarse en una zona polar. El objetivo es obtener las mismas observaciones ambientales que las obtenidas de satélites geostacionarios, con una calidad similar.	El GCSM dirigirá la medida, en colaboración con Comisiones Técnicas, organismos de satélites, centros de procesamiento de datos y centros meteorológicos y ambientales.	Tan pronto como sea posible, teniendo en cuenta la madurez de la tecnología.	Resultados satisfactorios de un instrumento visible e infrarrojo a bordo de un satélite en órbita muy elíptica, y posteriormente mejoras aportadas por los datos a la meteorología y las ciencias del medio ambiente.
W1	Elaborar y ejecutar un plan coordinado que garantice la continuidad de las mediciones solares, del viento solar y del campo magnético interplanetario y la reproducción de imágenes heliosféricas, incluidas las mediciones en diferentes emplazamientos, como el punto Lagrange L1, la línea Sol-Tierra por encima del punto L1, el punto Lagrange L5, así como la red mundial necesaria de antenas terrestres para la recepción y el procesamiento de datos.	El ICTSW, el GCSM y organismos espaciales.	Finales de 2014.	Disponibilidad de planes coordinados de continuidad hasta 2030.
W2	Coordinar y normalizar los datos de observación solar desde tierra existentes y ampliarlos cuando sea necesario en caso de redundancia, y desarrollar un portal de datos común o un observatorio virtual dentro del SIO.	El ICTSW y todos los Miembros que realizan observaciones solares desde la superficie.	Continuo.	Disponibilidad de plantillas de datos para observaciones solares realizadas desde tierra.

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
W3	Aumentar la resolución espacial de las observaciones ionosféricas realizadas desde tierra del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) (Contenido Electrónico Total (TEC) y centelleo), ya sea mediante la instalación de receptores adicionales en regiones con escasa cobertura (por ejemplo, África), el acceso a los datos procedentes de los receptores existentes, o la utilización de diferentes medios de recepción de datos del GNSS, tales como receptores instalados en aeronaves, para reducir las carencias en los océanos.	El ICTSW y todos los Miembros que operan o planifican las redes terrestres del GNSS.	Continuo.	Número de receptores terrestres del GNSS que proporcionan datos en tiempo casi real.
W4	Mejorar la oportunidad de las mediciones espaciales del GNSS desde satélites en órbita terrestre baja para obtener información en tiempo casi real sobre la distribución de la densidad electrónica en 3D del sistema de la ionosfera/plasmasfera (por ejemplo, mediante el uso de un concepto de Servicios regionales de retransmisión de los datos de la ATOVS (RARS) u otra red de estaciones terrestres satelitales para la transmisión rápida).	El ICTSW, el GCSM, organismos espaciales pertinentes y Miembros de la OMM que apoyan las estaciones terrestres.	Continuo.	Número de ocultaciones diarias disponibles con la suficiente oportunidad para satisfacer las necesidades de los usuarios.
W5	Fomentar el intercambio de datos terrestres del GNSS y de la ocultación radio del GNSS entre las comunidades de la meteorología de la atmósfera y la meteorología del espacio, y facilitar el acceso en tiempo casi real a esos datos a través del SIO.	El ICTSW, el IROWG y la oficina del proyecto WIGOS.	Continuo.	Acuerdo sobre intercambio de datos.
W6	Coordinar el uso de las observaciones realizadas con altímetros radar de doble frecuencia por la comunidad de la meteorología del espacio para mejorar o validar modelos ionosféricos y para el seguimiento operativo del Contenido Electrónico Total (TEC) sobre los océanos.	El ICTSW, el Programa espacial de la OMM y operadores de satélites con instrumentos altimétricos a bordo.	Continuo.	Número de altimétricos a bordo de satélites que proporcionan datos para la meteorología del espacio.
W7	Aumentar la disponibilidad de datos magnetométricos tomados desde tierra con alta oportunidad, lo que se puede lograr mediante: i) el despliegue de magnetómetros en regiones con una	El ICTSW y observatorios magnetométricos.	Continuo.	Número de fuentes de datos magnetométricos disponibles con la suficiente oportunidad para satisfacer las

Nº	Medida	Agente de ejecución	Plazo	Indicador de ejecución
	cobertura limitada, ii) la difusión de datos desde los magnetómetros existentes en el SIO, y iii) la conclusión de acuerdos con proveedores de datos para que esos datos puedan utilizarse en los productos de la meteorología del espacio.			necesidades de los usuarios.
W8	Elaborar un plan de mantenimiento y mejora de las observaciones de la meteorología del espacio en relación con el entorno de las partículas de plasma y energéticas de acuerdo con las siguientes prioridades: 1) mantenimiento de la continuidad a largo plazo, y de ser posible, mejora de la resolución espacial de las mediciones en todas las altitudes desde las órbitas terrestres bajas a las geoestacionarias; 2) mejora del intercambio de las mediciones actuales y planificadas de las partículas de plasma y energéticas; 3) inclusión de sensores de partículas energéticas en satélites con órbitas muy elípticas; 4) realización de investigaciones para incorporar los datos de las partículas de plasma y energéticas en modelos numéricos a fin de dar estimaciones del flujo en todos los emplazamientos donde se dispone de satélites en órbita.	El ICTSW, el GCSM y organismos espaciales.	Finales de 2014.	Disponibilidad de un plan para la observación de la meteorología del espacio relativa al medio ambiente de las partículas de plasma y energéticas.

ANEXO III - ABREVIATURAS

3D	Tridimensional
AATSR	Advanced Along-Track Scanning Radiometer (radiómetro de exploración avanzado a lo largo de la traza con sondeador de microondas)
AEE	Agencia Espacial Europea
AF	Alta frecuencia
AG	Aviación general
AMDAR	Retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves
AMMA	Análisis multidisciplinario del monzón africano
AMSU	Sonda perfeccionada de microondas
AQUA	Misión satelital Aqua de la NASA - http://aqua.nasa.gov/
AR	Asociación Regional de la OMM
Argo	Programa internacional de boyas perfiladoras ARGO
ASAP	Programa Aerológico Automatizado a bordo de Buques
ASAR	Radar perfeccionado de apertura sintética
ATOVs	Sonda vertical operativa TIROS avanzada
ATSR	Along Track Scanning Radiometer
BSRN	Red de referencia para la medición de radiaciones en superficie
BUFR	Clave FM 94 BUFR GTS - Forma binaria universal de representación de datos meteorológicos
CALIOP	Lidar de aerosoles de nube con polarización ortogonal
CALIPSO	Observaciones exploratorias por satélite de nubes y aerosoles en el infrarrojo y mediante Lidar
CCA	Comisión de Ciencias Atmosféricas de la OMM
CEOS	Comité sobre satélites de observación de la Tierra
CEPMM	Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo
CHAMP	Carga útil para prueba de aptitud de minisatélite
CHI	Comisión de Hidrología de la OMM
CHRIS	Espectrómetro Compacto de Imagen de Alta Resolución
CIMO	Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación de la OMM
CIUC	Consejo Internacional para la Ciencia
CLOUDSAT	Misión del sistema de observación de la Tierra de la NASA para observar nubes
CMDE	Centro mundial de datos de escorrentía
CMOMM	Comisión Técnica Mixta OMM/COI sobre Oceanografía y Meteorología Marina
CNES	Centro Nacional de Estudios Espaciales (Francia)
COCTS	Explorador chino del color y temperatura del océano
COI	Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO
COMS	Satélite de Comunicación, Oceánico y Meteorológico (República de Corea)
Concordiasi	Proyecto internacional del grupo API-THORPEX en el marco de las actividades del Año polar internacional para validar datos que mejoren el uso de datos obtenidos por satélite en órbita polar en la Antártida
COSMIC	Sistema de constelación de observación para la meteorología, ionosfera y clima
CPR	Radar para precipitaciones y nubes
CREX	Clave FM 95 CREX GTS - Clave de caracteres para la representación y el intercambio de datos
CRYOSAT	misión del hielo de la AEE
CSB	Comisión de Sistemas Básicos de la OMM
DMSP	Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa (Estados Unidos de América)
EARTH-CARE	Satélite explorador de nubes terrestres, aerosoles y radiación
E-ASAP	Programa Aerológico Automatizado a Bordo de Buques (ASAP) de los Servicios Meteorológicos Europeos (EUMETNET)
ECP	Estimación cuantitativa de la precipitación
EE.UU.	Estados Unidos de América
EMA	Estación meteorológica automática

ENVISAT	Misión del satélite para el medio ambiente de la AEE
EOS	Sistema de observación de la Tierra de la NASA
ERB	Balance de la radiación terrestre
ERBS	Satélite para el balance de la radiación terrestre
ERS	Satélite de Recursos de la Tierra (AEE)
EUCOS	Sistema mixto de observación de EUMETNET
EUMETNET	Red de Servicios Meteorológicos Europeos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAPAR	Fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida
FY-4	Satélite meteorológico FengYun 4 (China)
GAAP sobre los SOI	Grupo abierto de área de programa (GAAP) sobre los sistemas de observación integrados
GAAP	Grupo abierto de área de programa
GCBD	Grupo de cooperación sobre boyas de acopio de datos
GCSM	Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos
GCW	Vigilancia de la Criosfera Global
GEO	Grupo de observación de la Tierra
GEOSAT	Satélite Geodésico
GEOSS	Red mundial de sistemas de observación de la Tierra
GEOTC	Grupo de expertos sobre observaciones terrestres para el estudio del clima
GLONASS	Sistema orbital mundial de navegación por satélite
GLOSS	Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar
GMES	Vigilancia mundial del medio ambiente y de la seguridad
GNSS	Sistema mundial de navegación por satélite
GOCE	Explorador de la Circulación Oceánica y de la Gravedad
GOCI	Satélite geoestacionario de elaboración de imágenes policromáticas de los océanos
GOME	Experimento mundial de vigilancia de la capa de ozono
GOMS	Satélite meteorológico operativo geoestacionario (Federación de Rusia)
GOSAT	Satélite de observación de gases de efecto invernadero
GPS	Sistema de posicionamiento mundial
GRACE	Experimento de recuperación gravitacional y clima
GRAS	Receptor GNSS para el sondeo atmosférico (Metop)
GSICS	Sistema Mundial de Intercalibración Espacial
GSM	Sistema global para comunicaciones móviles
GTN	Red terrestre mundial
GTN-G	Red terrestre mundial - Glaciares
GTN-GW	Red terrestre mundial – Aguas subterráneas
GTN-H	Red terrestre mundial - Hidrología
GTN-P	Red terrestre mundial - Permafrost
HY-2A	Misión de satélites para el océano HaiYang (China) 2A
I+D	Investigación y desarrollo
IASI	Interferómetro de sondeo atmosférico infrarrojo
IGRAC	Centro Internacional de Evaluación de los Recursos de Aguas Subterráneas
JASON	Misión topográfica de la superficie de los océanos (Estados Unidos de América/Francia)
JAXA	Agencia de Exploración Aeroespacial del Japón
LAI	Índice de área foliar
LANDSAT	Misiones satelitales de observación de la Tierra (NASA/USGS)
MAL	Modelo de área limitada
MERIS	Espectrómetro de imagen de media resolución
METEOSAT	Serie de satélites meteorológicos geoestacionarios del EUMETSAT
Metop	Satélite meteorológico operativo de órbita polar (EUMETSAT)
MGC	Marco de gestión de la calidad

MMSC	Marco Mundial para los Servicios Climáticos
MODIS	Espectrómetro de imágenes de resolución moderada (a bordo de los satélites AQUA y TERRA)
MSU	Sonda de microondas
MTM	Misión del Centro Nacional de Estudios aeroespaciales/Organización India de Investigación Espacial denominada MEGHA-TROPIQUES, destinada a observar el ciclo del agua y el balance radioactivo de los trópicos
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
OceanSites	Proyecto interdisciplinario para la creación de un Sistema continuo de observación euleriana del océano
OCS	Sensor de color del océano del satélite ruso Meteor
OLCI	Instrumento Color de la Tierra y el Océano
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMPS	Instrumento para una distribución vertical y horizontal del ozono en la atmósfera
OSE	Experimentos de los sistemas de observación
PALSAR	Radar de apertura sintética con arreglo de fase y banda L
PCV	Programa de Cooperación Voluntaria de la OMM
PEID	Pequeños Estados insulares en desarrollo
PILOT	Clave FM-32 PILOT GTS: Informe de observación de viento en altitud proveniente de una estación terrestre fija
PMA	Países menos adelantados
PMO	Agente meteorológico de puerto
PNT	Predicción numérica del tiempo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROBA	Proyecto de autonomía a bordo
PUMA	Preparación para la utilización de Meteosat de segunda generación en África
QuickSCAT	Dispersómetro rápido (NASA)
RCBR	Red climatológica básica regional
ROAS	Red de observación en altitud del SMOC
ROSS	Red de observación en superficie del SMOC
RSBR	Red sinóptica básica regional
SAR	Radar de apertura sintética
SARAL	Misión de vigilancia del medio ambiente (India/Francia)
SBUV	Sensor de la retrodispersión ultravioleta solar (sonda de ozono)
SCARAB	Analizador de barrido para la vigilancia del balance radiativo de la Tierra
SCIAMACHY	Espectrómetro de absorción de imágenes mediante exploración para cartografía de la atmósfera
Sentinel-3	Misión satelital de la AEE de múltiples instrumentos que contribuye a la Vigilancia mundial del medio ambiente y de la seguridad (GMES)
SIO	Sistema de información de la OMM
SIRAL	Altímetro de radar interferométrico de apertura sintética
SMHN	Servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales
SMN	Servicios meteorológicos nacionales
SMO	Sistema Mundial de Observación de la OMM
SMOC	Sistema Mundial de Observación del Clima
SMOO	Sistema Mundial de Observación de los Océanos OMM/COI/PNUMA/CIUC
SMOS	Humedad del suelo y salinidad del océano
SMOT	Sistema Mundial de Observación Terrestre
SMT	Sistema Mundial de Telecomunicaciones de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM)
SPOT	Satélite Experimental de Observación de la Tierra
SSM-I	Reproductor de imágenes con detector especial en microondas
SYNOP	Clave FM-12 SYNOP GTS - informe de observación de superficie proveniente de una estación terrestre fija

TEC	Contenido electrónico total
TEMP	Clave FM-35 TEMP GTS - informe de observación en altitud de la presión, la temperatura, la humedad y el viento, proveniente de una estación terrestre fija
TERRA	Misión satelital Terra - http://terra.nasa.gov/
THORPEX	Experimento de investigación y predecibilidad de los sistemas de observación
TOMS	Espectrómetro cartográfico del ozono total
TRMM	Misión de medición de lluvias tropicales
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USGS	US Geological Survey
UTC	Tiempo universal coordinado
UV	ultravioleta
VAG	Vigilancia de la Atmósfera Global
VHF	Muy alta frecuencia
VMA	Vector de movimiento atmosférico
VMM	Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM
VOS	Sistema de buques de observación voluntaria de la OMM
WHYCOS	Sistema mundial de observación del ciclo hidrológico
WIGOS	Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM
XBT	Batitermógrafo no recuperable

[Página dejada en blanco expresamente]