



Anexo al Plan de ejecución
del Marco Mundial para los
Servicios Climáticos -
Componente de investigación,
modelización y predicción



Organización
Meteorológica
Mundial

Tiempo · Clima · Agua



GFCS

GLOBAL FRAMEWORK FOR
CLIMATE SERVICES

© Organización Meteorológica Mundial, 2014

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 (o artículos) parcial o totalmente deberán dirigirse al:

Director de la Junta de publicaciones
Organización Meteorológica Mundial (OMM)
7 bis avenue de la Paix
Case postale No. 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 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 formuladas por autores nombrados en las publicaciones de la OMM son las de los autores y no reflejan necesariamente las de la Organización ni las de sus Miembros.

Esta publicación ha sido objeto de una edición somera

ANEXO

AL

PLAN DE EJECUCIÓN DEL MARCO MUNDIAL PARA LOS SERVICIOS CLIMÁTICOS —

**COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN, MODELIZACIÓN Y
PREDICCIÓN**

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN EJECUTIVO.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo, alcance y funciones	1
1.2 Requisitos para el pilar de investigación, modelización y predicción	2
1.3 Vínculos con otros pilares.....	2
1.4 Actividades pertinentes en curso y reconocimiento de las deficiencias	4
2 EJECUCIÓN DEL PILAR.....	6
2.1 Condiciones necesarias y suficientes para la ejecución efectiva del pilar	6
2.2 Criterios para la identificación de proyectos y actividades a nivel mundial, regional y nacional	8
2.3 Actividades de ejecución a nivel mundial, regional y nacional.....	9
2.3.1 <i>Planificación detallada del pilar de investigación, modelización y predicción; establecimiento de asociaciones, vínculos y compromisos</i>	<i>10</i>
2.3.2 <i>Creación de vínculos entre la investigación y los servicios climáticos, y desarrollo de comunicación y cooperación entre las comunidades participantes</i>	<i>11</i>
2.3.3 <i>Investigación en las esferas prioritarias del MMSC.....</i>	<i>13</i>
2.3.4 <i>Investigación en apoyo del desarrollo y la mejora de los productos básicos de información climática importantes para los servicios climáticos en múltiples sectores</i>	<i>14</i>
2.4 Actividades y proyectos iniciales de ejecución	15
2.5 Enfoque de la ejecución (incluidos los aspectos operativos y organizativos)	16
2.6 Vigilancia y evaluación de la ejecución.....	17
2.7 Gestión de riesgos en la ejecución de las actividades.....	18
3 MECANISMOS HABILITADORES	19
3.1 Sinergias con las actividades existentes y creación de asociaciones nacionales, regionales y mundiales	19
3.2 Estrategia de comunicación.....	19
4 MOVILIZACIÓN DE RECURSOS	21

5 RESUMEN DE LOS COSTOS ESTIMADOS DE LAS ACTIVIDADES Y LOS PROYECTOS.....	23
APÉNDICES	30
Actividades de investigación y desarrollo en curso.....	31
Descripción detallada de las actividades de investigación en las esferas prioritarias del MMSC	38
Motivación y descripción de las actividades de investigación del pilar de investigación, modelización y predicción en apoyo del suministro de productos básicos de información climática.....	46
Lista de referencias	55
Acrónimos utilizados	57

AGRADECIMIENTOS

La Secretaría del Marco Mundial para los Servicios Climáticos agradece sinceramente las numerosas contribuciones recibidas a nivel individual e institucional para preparar el presente informe. La Secretaría quisiera dar las gracias, en particular, a las personas de una amplia gama de instituciones que han contribuido a la elaboración de este anexo, entre ellas: Vladimir Ryabinin, del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC); Ghassem Asrar, del Instituto Mixto para la Investigación sobre el Cambio Mundial (JGCRI); Simon Mason, del Instituto internacional de investigación sobre el clima y la sociedad (IRI); Antonio Busalacchi, del Centro Interdisciplinario de Ciencias de los Sistemas Terrestres de la Universidad de Maryland; Jean-Pierre Ceron, de Météo-France; Joy Shumake-Guillemot de la Organización Mundial de la Salud (OMS); Frederic Vitart, del Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP); Fiona Horsfall y Øystein Hov, del Instituto Meteorológico Noruego; Deon Terblanche, de la Organización Meteorológica Mundial (OMM); y Tara T. Weaver-Missick, del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).



RESUMEN EJECUTIVO

En las últimas décadas, las inversiones nacionales e internacionales en observación, investigación y modelización climáticas han generado importantes progresos en la proyección y predicción experimentales y prácticas del clima. También han permitido mejorar considerablemente la comprensión científica del clima, su cambio y su variabilidad. Esos esfuerzos constituyen una sólida base científica sobre la que edificar el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC). No obstante, la ejecución del MMSC requerirá que se amplíen las investigaciones climáticas dirigidas a desarrollar aplicaciones de los conocimientos climáticos en una amplia variedad de sectores socioeconómicos que revisten importancia para todas las regiones del mundo. La conversión sistemática de los conocimientos climáticos existentes en soluciones prácticas requiere a su vez que se cambie la forma en que se lleva a cabo la investigación climática. Para satisfacer las diversas necesidades en materia de servicios climáticos, deberán desarrollarse redes profesionales que reúnan a los investigadores climáticos y los profesionales de este ámbito.

El pilar de investigación, modelización y predicción del MMSC:

- orientará la investigación hacia el desarrollo y perfeccionamiento de aplicaciones prácticas y productos de información para atender a las necesidades concretas de los usuarios de información climática, en función del estado de la ciencia y el nivel de tecnología actuales, especialmente en las cuatro esferas prioritarias del MMSC a corto plazo;
- mejorará la comunicación, interacción y cooperación entre las correspondientes comunidades de investigación, los proveedores y los usuarios de información climática, con ayuda de la plataforma de interfaz de usuario del MMSC;
- mejorará el nivel de preparación científica para producir mejores proyecciones, predicciones y productos climáticos adaptados al usuario; y
- seguirá mejorando el conocimiento de los aspectos climáticos de la Tierra con miras a mejorar la capacidad de ofrecer servicios útiles de información climática.

Las actividades de investigación, modelización y predicción del MMSC se coordinarán de forma integrada con las actividades de otros pilares del Marco para asegurar el apoyo científico al desarrollo general del MMSC y crear la capacidad necesaria para suministrar de forma puntual y eficaz la información climática basada en conocimientos científicos que necesiten las comunidades de usuarios y las instancias decisorias. Esas actividades incluirán:

- desarrollar la investigación y contribuir a la comunicación y cooperación interactivas de los usuarios en las áreas prioritarias del MMSC, diversificar y ampliar la investigación centrada en aplicaciones prácticas, y reforzar la validación y verificación de los productos resultantes en colaboración con las comunidades de usuarios;
- reducir sistemáticamente el tiempo de transición entre la investigación y su puesta en práctica, ampliar el alcance de los productos de investigación disponibles para los usuarios de servicios climáticos en colaboración con el Sistema de información de servicios climáticos (CSIS) del MMSC y la plataforma de interfaz de usuario, y desarrollar medios para prestar un apoyo científico eficaz a la gestión del riesgo climático y a la adaptación efectiva a la variabilidad del clima y cambio climático; y
- mejorar la investigación en materia de observaciones, y el diseño y desarrollo de las redes de observación; producir registros de datos climáticos fundamentales con sus resúmenes y análisis de conjuntos de datos sobre la calidad del clima; mejorar la

capacidad de modelización y predicción/proyección; y crear la infraestructura y capacidad necesarias tanto en las regiones en desarrollo como en las desarrolladas.

Para poder desarrollar el MMSC sobre una base científica sólida, es imprescindible hacer participar a las partes interesadas en las actividades correspondientes, así como garantizar la continuidad de la coordinación efectiva de la investigación y la predicción climáticas orientadas a la práctica. El Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) ha adquirido el compromiso de contribuir de forma eficaz al desarrollo del MMSC; mientras que las principales organizaciones profesionales de los sectores de la salud, los alimentos y la agricultura, y la gestión de recursos hídricos y de riesgos de desastre dirigirán y apoyarán la investigación en los principales ámbitos de aplicación de los servicios climáticos. Se fomentarán las asociaciones estratégicas entre comunidades de climatólogos, profesionales y usuarios de información climática para guiar el desarrollo y uso de productos climáticos especializados en apoyo de las prioridades del MMSC.

El presente anexo al plan de ejecución del MMSC se ha elaborado sobre la base de las recomendaciones, consideraciones y principios por los que se rige el MMSC, establecidos en el informe del Grupo especial de alto nivel, y teniendo en cuenta las necesidades existentes y emergentes de información climática identificadas mediante los pilares de la plataforma de interfaz de usuario y el Sistema de información de servicios climáticos. El anexo se ha preparado en estrecha consulta con la comunidad científica del sistema Tierra, que desempeñará un papel vital en las investigaciones necesarias para atender a esas necesidades.

Para beneficiarse de los servicios climáticos, los usuarios e instancias decisorias deben saber cuáles son los límites del conocimiento científico actual del clima, cómo tener en cuenta la incertidumbre inherente a la información suministrada, y cómo comunicar a los científicos sus necesidades concretas de manera eficaz y precisa. Las comunidades de investigación deben evaluar la capacidad actual y futura de la climatología para atender a dichas necesidades e integrarlas en sus prioridades en materia de observación, investigación, desarrollo y comunicación.

Este anexo también está dirigido a los organismos nacionales e internacionales de financiación de la investigación y a los organismos ambientales que patrocinan o llevan a cabo actividades de investigación climática básica y aplicada. Las prioridades de investigación aquí sugeridas son fundamentales para el desarrollo y ejecución del MMSC, por lo que se espera que reciban el apoyo de los organismos de financiación de la investigación y de los planes correspondientes de investigación y desarrollo de los organismos operativos. Si no se invierte en las actividades de investigación, modelización y predicción, los progresos hacia la satisfacción de las necesidades de las instancias decisorias de información climática sustentada en conocimientos científicos, serán limitados en el mejor de los casos.

Para centrar la investigación climática en el suministro de información climática en apoyo de la toma de decisiones será necesario, entre otras cosas, realizar trabajos experimentales y teóricos destinados a mejorar la calidad de los conjuntos de datos y materiales de orientación; ampliar el tiempo de anticipación y/o el plazo de las predicciones climáticas subestacionales a estacionales; explorar las posibilidades de realizar predicciones prácticas decenales al tiempo que se mejoran las proyecciones a más largo plazo; seguir verificando los modelos climáticos; desarrollar técnicas de observación y asimilación de datos, atribución y predicción de fenómenos extremos y evaluación de sus estadísticas; evaluar el impacto del clima en la salud y la protección de la misma; abordar la seguridad alimentaria, la reducción de riesgos de desastre y la gestión de los recursos hídricos.

El principal objetivo de la investigación en el MMSC será ampliar su dimensión práctica a fin de que los resultados sean provechosos para la toma de decisiones que dependan del uso eficiente de la información climática, como, por ejemplo, en los sistemas de alerta temprana y la vigilancia. El enfoque general respecto a la ejecución del pilar de investigación, modelización y predicción del MMSC consistirá en facilitar la transformación de las actividades de investigación independientes existentes en procesos de investigación más coherentes, dotados de mayor apoyo y con objetivos más claros que conduzcan a un desarrollo, evaluación y verificación sistemáticos, mejorando a un tiempo los productos de información dependientes del clima suministrados puntualmente y adaptados a las necesidades de las instancias decisorias y los usuarios. Por lo tanto, el éxito definitivo de las actividades de investigación, modelización y predicción del MMSC se medirá en función de las mejoras en el suministro puntual y la utilidad de los productos y servicios con base científica que se ofrezcan a los diferentes sectores y regiones socioeconómicos.

1 INTRODUCCIÓN

El Equipo especial de alto nivel señaló la investigación, modelización y predicción como uno de los pilares del MMSC e indicó que "... el elemento de la investigación abarca la labor de las instituciones especializadas en mejorar la comprensión del clima y desarrollar instrumentos, aplicaciones y productos de predicción básicos que son fundamentales para el desarrollo y la mejora constante de los servicios climáticos."

1.1 *Objetivo, alcance y funciones*

Los objetivos del pilar de investigación, modelización y predicción del MMSC son:

- orientar la investigación hacia el desarrollo y perfeccionamiento de aplicaciones prácticas y productos de información para atender a las necesidades concretas de los usuarios de información climática, en función del estado de la ciencia y el nivel de tecnología actuales, especialmente en las cuatro esferas prioritarias del MMSC a corto plazo;
- mejorar la comunicación, interacción y cooperación entre las correspondientes comunidades de investigación, los proveedores y los usuarios de información climática, con ayuda de la plataforma de interfaz de usuario;
- mejorar el nivel de preparación científica para producir mejores proyecciones, predicciones y productos climáticos adaptados al usuario; y
- seguir mejorando el conocimiento de los aspectos climáticos de la Tierra con miras a mejorar la capacidad de ofrecer servicios útiles de información climática.

El alcance del pilar de investigación, modelización y predicción del MMSC puede definirse como sigue:

- engloba una combinación de investigaciones climáticas fundamentales y aplicadas;
- abarca ciencias atmosféricas, oceanografía, hidrología, ciencias criosféricas, biogeoquímica terrestre y marina, investigación de sistemas socioeconómicos y humanos, e investigación de aplicaciones dependientes del clima en los principales ámbitos de actividad humana;
- considera la Tierra como un sistema, es decir, se centra en las interacciones importantes de todos sus componentes, incluidos los subsistemas humano y natural;
- comprende información sobre el clima pasado basada principalmente en la investigación y las observaciones paleoclimáticas, así como información de pronóstico sobre el clima futuro hasta el final del siglo en curso, e incluso para un período posterior, basada en la explotación de los conocimientos de los procesos y fenómenos predecibles;
- abarca una serie continua de escalas temporales (a saber, más allá del límite de dos semanas típico de la predicción determinística del tiempo) y escalas espaciales pertinentes (a saber, nacional, regional y mundial);
- combina fuentes determinísticas y probabilísticas de información climática para evaluar la incertidumbre, los límites y la utilidad para la toma de decisiones de la información climática;
- comprende todos los tipos y métodos de investigación, como las observaciones, los experimentos sobre el terreno y con modelos, estudios de procesos, predicciones y proyecciones piloto, evaluación, producción y validación de conjuntos de datos pertinentes e información derivada, etc.;

- incluye información pertinente pero no prescriptiva para las políticas; y
- facilita la investigación puntera y el desarrollo de capacidad a nivel mundial, regional y nacional.

La ejecución del MMSC requiere recursos y conocimientos técnicos para desarrollar información con una base científica, así como tecnologías y soluciones innovadoras que permitan la adaptación, mitigación y gestión de riesgos eficaces en relación con la variabilidad del clima y el cambio climático. La función principal del pilar de investigación, modelización y predicción es facilitar la mejora de los conocimientos científicos pertinentes, en estrecha coordinación con los proveedores y usuarios de servicios, para poder transformar esos conocimientos en información climática útil con una base científica.

1.2 Requisitos para el pilar de investigación, modelización y predicción

En la Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima se hizo la siguiente declaración: “Se requieren nuevos y redoblados esfuerzos de gran envergadura en el ámbito de la investigación para aumentar el plazo y el grado de acierto de las predicciones del clima, mediante iniciativas innovadoras de investigación y modelización; para mejorar las observaciones que constituyen la base de las predicciones y los servicios climáticos; y para aumentar la disponibilidad y el control de la calidad de los datos climáticos.” Para conseguir esos objetivos, se pidió el fortalecimiento de los elementos esenciales del MMSC, como el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) y el PMIC. Sin duda, esos dos programas internacionales son fundamentales para las observaciones e investigaciones climáticas. No obstante, el MMSC debe tener un pilar de investigación específico para fomentar un suministro sistemático y más amplio de información climática adaptada a los usuarios finales y facilitar la presentación de reseñas útiles sobre esos productos que motiven su mejora. El pilar de investigación, modelización y predicción unificará a las comunidades de investigación climática y prestará los servicios correspondientes. Al mismo tiempo, aunará a profesionales de los sectores sanitario, hídrico, alimentario, agrícola, energético y de gestión de riesgos de desastre, entre otros, y a los usuarios de los productos de información resultantes. Las actividades de ejecución del MMSC serán más provechosas si incluyen los resultados de los distintos programas de investigación mediante su incorporación a un conjunto de resultados concretos que cubran las necesidades señaladas por los usuarios.

1.3 Vínculos con otros pilares

La representación del MMSC como una estructura de cinco pilares ayuda al diseño y la organización de la ejecución del sistema en su conjunto. Cabe esperar una interacción intensa entre los pilares del MMSC.

La investigación científica es un medio fundamental de desarrollo de capacidad. Por otro lado, la enseñanza y la formación, como elementos esenciales del desarrollo de capacidad tradicional, ayudarán a aportar la base de recursos humanos que necesita la investigación científica. Por lo tanto, entre el pilar de investigación, modelización y predicción y el pilar de desarrollo de capacidad habrá un doble vínculo. En primer lugar, la contribución del primero – por ejemplo, mediante una mayor disponibilidad y precisión de la información climática y una mejora de la utilidad y disponibilidad de las aplicaciones prácticas– facilitará los programas de desarrollo de capacidad en los sectores de la salud, seguridad alimentaria y agricultura, gestión de recursos hídricos y reducción de riesgos de desastre, especialmente en el caso de las regiones y países en desarrollo. En segundo lugar, las redes y los recursos nacionales y

regionales disponibles por medio del pilar de desarrollo de capacidad ayudarán al pilar de investigación, modelización y predicción a cumplir su mandato.

El desarrollo de capacidad debería formar parte integrante de cada actividad de investigación, modelización y predicción. El Experimento coordinado sobre reducción de escala de modelos climáticos regionales (CORDEX) del PMIC, por ejemplo, desarrolla la capacidad para reducir las predicciones y proyecciones climáticas a escalas regionales y subregionales. Los productos son evaluados y validados por expertos regionales antes de ser utilizados para evaluar el impacto regional de la variabilidad del clima y el cambio climático, o en cualquier otra aplicación práctica (Giorgi y otros, 2009). El CORDEX emplea tanto medios dinámicos como estadísticos para reducir la escala de las proyecciones climáticas de un nivel mundial a un nivel regional y subregional, y pone la información resultante a disposición de todos los científicos del mundo a través del Marco de la retícula del sistema terrestre (ESGF). Las actividades como el CORDEX ofrecen una plataforma prometedora para realizar actividades de enseñanza y desarrollo de capacidad en las regiones. Ya se han organizado varias actividades regionales de desarrollo de capacidad basadas en el CORDEX en África, Asia y América Latina bajo los auspicios del MMSC, y hay muchas más previstas.

La disponibilidad de observaciones climáticas pertinentes es fundamental para la investigación sobre el clima, por lo que el pilar de observaciones y vigilancia del MMSC es de vital importancia para el pilar de investigación, modelización y predicción. La investigación sobre las técnicas de observación y su desarrollo y aplicación, es decisiva para salvar las brechas en la cobertura de las observaciones y ampliar la gama de variables climáticas observadas.

El informe del Equipo especial de alto nivel subraya que la toma de decisiones a todos los niveles depende fuertemente de la disponibilidad de información climática sólida. Actualmente, la demanda de información basada en observaciones fiables y conocimientos científicos sólidos es muy superior a la oferta. Uno de los principales objetivos del pilar de investigación, modelización y predicción será mejorar la disponibilidad de productos climáticos con base científica, así como el acceso a los mismos, principalmente por medio del Sistema de información de servicios climáticos. La creciente demanda de productos que cubran las necesidades concretas de los usuarios motivará la generación, a partir de las investigaciones, de información que esté orientada a los usuarios y sea fácil de utilizar en la toma de decisiones en sectores específicos. Ello estimulará el apoyo institucional a la prestación puntual de observaciones, simulaciones de modelos, y análisis y síntesis de la información climática resultante, para conformar la base científica de tipos mejorados o completamente nuevos de servicios climáticos.

La plataforma de interfaz de usuario encauzará la investigación hacia el desarrollo de aplicaciones prácticas de la climatología que suministren productos de información necesarios. El debate actual entre la comunidad de investigadores, los proveedores de servicios climáticos y los usuarios de información climática no ha hecho más que comenzar. La plataforma de interfaz de usuario ayudará a facilitar la interacción entre los proveedores y los usuarios de información climática en diversas escalas regionales, desde una escala mundial a una escala regional, nacional y local. La función de las comunidades de investigadores en esa interacción será informar tanto a la parte de la oferta como a la de la demanda acerca de lo que es viable o puede llegar a serlo si se llevan a cabo investigaciones específicas, indicando los límites de los productos de información resultantes de conocimientos insuficientes o de la incertidumbre inherente a la ciencia. Las opiniones de los usuarios servirán para orientar la investigación y podrían aumentar la calidad de la información climática. Esa interacción supondrá un cambio radical al definir las necesidades de los usuarios en cuanto a climatología y servicios climáticos.

Facilitará la conversión de la información climática disponible en productos adaptados a sectores y regiones específicos y permitirá que los usuarios conozcan los últimos avances en la climatología básica así como la capacidad actual de esa ciencia para proporcionar información nueva en sus esferas de interés.

1.4 Actividades pertinentes en curso y reconocimiento de las deficiencias

El Equipo especial de alto nivel subrayó la necesidad de que los climatólogos de instituciones académicas, servicios hidrometeorológicos y otros organismos de investigación participaran activamente en el desarrollo del MMSC. Esas comunidades llevan a cabo investigaciones para comprender el funcionamiento del sistema climático de la Tierra, diseñan sistemas de observación, desarrollan modelos climáticos para la proyección y predicción de las condiciones climáticas futuras, y participan en la investigación aplicada del impacto del clima en diversos aspectos de la actividad humana y en los ecosistemas naturales. En el apéndice 1 figura una descripción de las actividades en curso y los principales asociados y programas pertinentes al MMSC. Actualmente, esas comunidades funcionan de forma independiente entre ellas. Por lo general, no tienen obligación ni motivación que les lleve a aportar los resultados de sus investigaciones a un sistema integrado.

Ello contrasta con los servicios meteorológicos, donde las observaciones, la transmisión y el procesamiento de datos, la modelización y la predicción forman una cadena. En el caso de los servicios meteorológicos, la experiencia demuestra que cualquier fallo en uno de sus componentes es advertido de inmediato tanto por el usuario final como por otros componentes de la cadena. Esos sistemas integrados pueden detectar los fallos y mejorar los diversos componentes de forma sinérgica. La investigación y los servicios meteorológicos también aprovechan las opiniones recibidas con regularidad de los usuarios. Para obtener buenos resultados, el MMSC debe adoptar un enfoque similar con respecto a los procesos de investigación, desarrollo, aplicación e intercambio de información.

El análisis de las actividades de investigación y desarrollo en curso revela dos tipos principales de deficiencias que afectan a la ejecución del MMSC. En primer lugar, hay lagunas en el conocimiento y la comprensión de ciertos aspectos climáticos que limitan la capacidad para elaborar información climática plausible. En segundo lugar, hay una falta de comunicación entre los climatólogos propiamente dichos, las comunidades de investigación que participan activamente en los sectores prioritarios iniciales del MMSC (agua, alimentación y agricultura, reducción de desastres, y salud), y los proveedores de información climática a los usuarios. La relación actual entre esas comunidades es, en el mejor de los casos, una relación *ad hoc* y los acuerdos institucionales que fomentan una cooperación eficaz son muy limitados. Por lo tanto, será necesario crear esos acuerdos durante la etapa del diseño y ejecución del pilar de investigación, modelización y predicción. Muchas de las partes interesadas que se indican en los cuatro Ejemplares del MMSC contribuirán de forma significativa a esos esfuerzos.

La falta de comunicación es frecuente entre los cuatro sectores prioritarios a corto plazo del MMSC. Por ejemplo, en el Ejemplar sobre la salud se señalan los siguientes objetivos principales para las actividades climáticas y sanitarias en curso: alerta temprana para diversas enfermedades; sistemas de respuesta frente a emergencias sanitarias; y evaluación del impacto de los problemas de la calidad del aire, el cambio climático y la variabilidad del clima en la salud. Habida cuenta de las múltiples actividades existentes, en el Ejemplar solo figuran las actividades que poseen una dimensión de investigación especialmente fuerte, que son las siguientes:

- las Tecnologías de información sobre el riesgo ambiental de meningitis (MERIT);
- el programa de formación sobre la información climática al servicio de la salud pública del Instituto internacional de investigación sobre el clima y la sociedad (IRI);
- los grupos de trabajo sobre clima y salud (internacionales y nacionales);
- la política de salud regional para el cambio climático;
- los sistemas de alerta sanitaria en caso de fenómenos meteorológicos extremos en Reino Unido.

Tras haber analizado estas actividades minuciosamente y haber tomado nota de las conclusiones del Grupo de trabajo sobre clima y salud de la OMM, en el Ejemplar se detectaron las siguientes deficiencias principales relacionadas con la investigación:

- comprensión inadecuada de las necesidades de los usuarios
- falta de percepción por los usuarios de los servicios disponibles y potenciales
- falta de comunicación entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) y los usuarios de la información que facilitan.

También se detectan deficiencias similares en los demás sectores. Por ejemplo, en el Ejemplar sobre el agua se indica que incluso en los países tecnológicamente avanzados, hay importantes limitaciones a la financiación de la investigación de aplicaciones hídricas y climáticas. Esto es especialmente cierto en el caso de la modelización y la predicción. La falta de apoyo a este ámbito de la investigación puede atribuirse, en parte, a la incapacidad de este sector para demostrar de forma convincente su posible utilidad para la gestión integrada de los recursos hídricos en el futuro. Ello se debe a la suma de la relativa falta de precisión de las predicciones climáticas actuales en una gama útil de escalas temporales y la capacidad limitada para impartir una orientación precisa sobre los recursos hídricos, aun cuando la información climática disponible sea perfecta. En el Ejemplar sobre seguridad alimentaria se enumeran diversas actividades de colaboración en la investigación entre las comunidades meteorológicas y agrícolas. No obstante, al igual que en el sector hidrológico, se puede observar una división significativa entre los profesionales de la alimentación y la agricultura y las respectivas comunidades de investigadores. En el Ejemplar sobre reducción de riesgos de desastre se indica que aún es necesario consolidar los requisitos para la investigación asociada y los medios para su dirección y apoyo. El componente de la investigación de riesgos de desastre orientada al clima debe conformarse en muy diversas escalas espaciales.

2 EJECUCIÓN DEL PILAR

Actualmente, hay en marcha un número significativo de actividades de investigación en relación con el análisis de las observaciones, la asimilación de datos, la mejora de los modelos climáticos, la evaluación y el análisis de la incertidumbre de los modelos y sus resultados, la comprensión de los elementos predecibles del clima mundial y regional en diversas escalas temporales, y el desarrollo de los productos de información necesarios para los servicios climáticos. La ejecución del MMSC brinda una gran oportunidad para redoblar esos esfuerzos, y, lo que es aun más importante, coordinarlos a fin de prestar servicios climáticos operativos a una amplia gama de instancias decisorias. Se prevé que el pilar de investigación, modelización y predicción facilitará la integración de las actividades de investigación que ahora son independientes para satisfacer las necesidades de los usuarios de información climática. Esto se logrará mediante una planificación, desarrollo, ejecución y evaluación más eficientes, en colaboración con las partes interesadas. Esos esfuerzos irán mucho más allá de una simple ampliación de la investigación climática actual, al incluir las necesidades de investigación específicas identificadas en los pilares del MMSC relativos al Sistema de información de servicios climáticos y la plataforma de interfaz de usuario.

2.1 Condiciones necesarias y suficientes para la ejecución efectiva del pilar

El pilar de investigación, modelización y predicción conseguirá contribuir al desarrollo del MMSC en la medida en que mejorará la calidad y el alcance de la información climática útil respecto a las condiciones climáticas pasadas, presentes y futuras, estimando su grado de incertidumbre de un modo que resulte útil y comprensible a los usuarios de esa información. También cobrará más valor facilitando directrices sobre cómo hacer que la información sea “aplicable”, es decir, cómo tomar decisiones efectivas específicas en diversos sectores tomando en consideración la incertidumbre de la información disponible y los límites de su utilización. Con el tiempo, la calidad de las predicciones climáticas mejorará, pero la necesidad de considerar diversas probabilidades futuras siempre será un reto para la toma de decisiones. A ese respecto, el valor básico de la investigación climática reside en que no solo permite desarrollar herramientas para la observación y la predicción, sino que además ofrece un marco para plantear y responder preguntas que aún no son obvias para las instancias decisorias.

Las condiciones necesarias para una contribución efectiva del pilar de investigación, modelización y predicción al desarrollo del MMSC comprenden:

- La participación activa de la comunidad climatológica y de las correspondientes ciencias aplicadas en:
 - la coordinación y orientación de la investigación a efectos del desarrollo de todos los elementos del MMSC;
 - la mejora de la comprensión del clima de la Tierra y su impacto en las personas, los ecosistemas y las infraestructuras;
 - la identificación de elementos climáticos predecibles;
 - la atribución de las causas de fenómenos individuales; y
 - el desarrollo y la utilización de tecnologías de observación, predicción y proyección del clima, así como el desarrollo de conjuntos de datos y su interpretación, etc.
- El compromiso de los productores de información climática y los proveedores de servicios climáticos a colaborar con los usuarios para definir los productos de

información necesarios para las aplicaciones prácticas en diversos sectores socioeconómicos.

- La participación de los organismos de financiación y los científicos de las universidades, así como el apoyo de los principales organismos a nivel mundial, regional, nacional y local.
- La planificación eficiente de las actividades de investigación, modelización y predicción, especialmente en las etapas iniciales de la ejecución del MMSC; la participación en este proceso de las partes interesadas de los sectores prioritarios del MMSC; y la identificación temprana de asociados pertinentes y de sus posibles contribuciones e intereses.
- Un nivel adecuado de financiación, recursos humanos y apoyo informático/para transmisión de datos y tecnología de la información.
- Un desarrollo de capacidad con recursos y objetivos específicos y formación relacionada en investigación climática básica y aplicada.
- La disponibilidad y sostenibilidad de observaciones adecuadas para el sistema Tierra, incluidas las variables utilizadas en los modelos predictivos para establecer las condiciones iniciales y describir las funciones de forzamiento de procesos y fenómenos predecibles conocidos, y para validar los datos y la información basados en modelos.
- La creación de un entorno en que todas las comunidades participantes en las actividades de investigación, modelización y predicción puedan trabajar juntas en el diseño, el desarrollo y el suministro de información climática para producir guías útiles sobre el uso eficiente de las observaciones, los datos y los resultados basados en modelos disponibles y los conocimientos científicos fundamentales.

Ninguna de esas condiciones es fácil de cumplir. Por ejemplo, la participación activa de la comunidad climatológica en la mejora de los aspectos prácticos de los servicios climáticos y la traslación de la investigación a los servicios son contrarias a la propia naturaleza de la investigación académica, que siempre está avanzando hacia nuevos horizontes y, en principio, carece de incentivos para velar por que las innovaciones sean trasladadas a los procesos de toma de decisiones. Una solución para ello podría ser brindar oportunidades a la investigación efectiva mediante el trabajo interdisciplinario y en colaboración con proveedores de servicios operativos. Para hacer de la investigación climática un campo de trabajo más orientado y sensible a las necesidades del usuario que ofrezca mayores posibilidades de verificar sus resultados prácticos, así como más incentivos a la mejora de las técnicas y los modelos, probablemente habría que adoptar enfoques innovadores. El Banco de pruebas climáticas (CTB) de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de Estados Unidos (NOAA) es un modelo que merece ser considerado a ese respecto, ya que ayuda a aumentar la disponibilidad de información climática basada en la investigación para una gran variedad de usos.

Para que el pilar de investigación, modelización y predicción aporte una contribución efectiva al MMSC, tal vez sería suficiente que cumpliera todas las condiciones enunciadas anteriormente y creara un marco o plataforma para que los avances científicos específicos den lugar a productos de información climática mejorados que puedan utilizarse eficazmente en los procesos de toma de decisiones dependientes del clima. Si se ponen en marcha esos mecanismos sinérgicos, con el tiempo lograrán aumentar el apoyo tanto a la investigación climática básica como aplicada. No debería desaprovecharse cualquier posibilidad de crear este “retroefecto positivo entre las ciencias y los servicios climáticos”, por lo que la tarea inicial del pilar de investigación, modelización y predicción será crear una plataforma para el diálogo entre las comunidades dedicadas a las ciencias y los servicios climáticos. Esas comunidades

comprenden a los interesados en desarrollar aplicaciones prácticas de los conocimientos climáticos en diversos sectores socioeconómicos.

La capacidad informática sigue limitando gravemente los progresos en el desarrollo de modelos climáticos y el correspondiente procesamiento y visualización de datos. Esa limitación ha marcado el ritmo de las mejoras de las resoluciones horizontales, verticales y temporales de los modelos climáticos y meteorológicos. En algunos casos, ha frenado el desarrollo y la utilización de conjuntos amplios de parametrización para procesos físicos, biológicos o químicos no resueltos –como las nubes, los aerosoles, la radiación–, y su interacción. También impide el uso de conjuntos ampliados de predicción, reduciendo así la fiabilidad y el alcance de las estadísticas de las predicciones, y afecta desfavorablemente a la forma en que las observaciones *in situ* y satelitales son procesadas y utilizadas junto con los modelos. El acceso a recursos informáticos adecuados, observaciones continuadas y exhaustivas, conexión de banda ancha para el intercambio y la transmisión de datos e información, procesamiento rápido de datos y una capacidad de almacenamiento masivo son requisitos técnicos para la efectividad del pilar de investigación, modelización y predicción en particular y del MMSC en general. Por lo tanto, debería maximizarse el intercambio eficiente de recursos y el uso de soluciones tecnológicas distribuidas, por ejemplo, mediante acuerdos de asociación.

2.2 Criterios para la identificación de proyectos y actividades a nivel mundial, regional y nacional

El desarrollo del MMSC se basará en la continuación, el fortalecimiento y, hasta cierto punto, la reorientación de las actividades de investigación en curso, así como en una serie de nuevos proyectos de investigación y desarrollo dirigidos específicamente a las principales necesidades científicas del MMSC. Las actividades del MMSC deben cumplir los ocho principios rectores principales del MMSC. El enfoque adoptado para establecer las correspondientes actividades de investigación que han de proseguirse o iniciarse en el MMSC debería comprender el examen de las *principales* necesidades de las instancias decisorias en estas esferas y consolidarlas y plasmarlas en directrices sobre los productos de investigación esenciales para suplir esas necesidades. Después, deberían buscarse oportunidades para generar y suministrar esos productos o mejorar los productos existentes mediante la investigación, y deberían proponerse actividades de ejecución en las que los usuarios participen activamente desde el principio. Este proceso requiere la participación no solo de científicos sino también de usuarios y proveedores de servicios de información climática. El plan de ejecución del pilar de investigación, modelización y predicción se ha elaborado sobre la base de esos principios y mediante las actividades propuestas se espera:

- crear importantes asociaciones nuevas, o reforzar las existentes, entre las comunidades de investigación científica básica y aplicada, los productores de servicios y los usuarios, mediante su participación activa en el desarrollo y la producción conjuntos de información y servicios climáticos, impartiendo también las directrices necesarias;
- desarrollar y proporcionar importantes resultados en la etapa inicial del proceso de ejecución del MMSC; y
- crear una base sólida para seguir desarrollando el MMSC en las etapas siguientes de su ejecución.

Respecto a las actividades regionales y de sectores específicos, aún hay que establecer los proyectos y programas de desarrollo y proyectos de demostración necesarios. Por lo tanto, el criterio principal para la propuesta de cualquier actividad de investigación, modelización y

predicción será su función y utilidad en la consecución de los objetivos de ese pilar y la atención a las necesidades y prioridades de investigación del mismo.

Una porción muy considerable de estas actividades científicas será financiada por organismos de financiación de la investigación que son independientes de las principales partes interesadas en el MMSC. Por lo tanto, para poder iniciar actividades de investigación de gran importancia para el MMSC, es fundamental promover las necesidades concretas del MMSC entre los organismos de financiación de la investigación, así como una comunicación bidireccional activa con ellos. Se utilizarán los criterios para la selección de proyectos que están en vigor en los organismos para identificar las propuestas y los equipos. El acceso puntual y abierto a los datos e información del proyecto financiado es un criterio muy importante que los organismos de financiación promueven enérgicamente, respetando al mismo tiempo las sensibilidades y los intereses nacionales existentes. Estos son otros criterios de selección importantes:

- valor y efectos previstos de la propuesta seleccionada con respecto a los objetivos de investigación, modelización y predicción a nivel mundial, regional y nacional;
- probabilidades de alcanzar los objetivos del proyecto y producir un producto operativo o un resultado que facilite una traslación más rápida de las actividades de investigación a actividades operativas;
- objetivo central de conseguir un bien público que beneficie a los miembros más vulnerables de la población y ayude a los gobiernos a prestar servicios climáticos en pro de la seguridad y el bienestar públicos; y
- rentabilidad y no duplicación.

Un ejemplo de esas posibilidades de financiación es la convocatoria "Seasonal-to-decadal climate predictions towards climate services" (predicciones estacionales a decenales para los servicios climáticos) abierta por el Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea. Las actividades seleccionadas contribuirán al desarrollo de los servicios climáticos europeos sobre la base de sistemas de predicción estacional a decenal. Debería reconocerse la contribución a la ejecución del MMSC aportada por temas y proyectos de investigación similares.

2.3 Actividades de ejecución a nivel mundial, regional y nacional

Los principales objetivos de las actividades de investigación en el marco del pilar de investigación, modelización y predicción serán:

- desarrollar nuevos productos climáticos, o mejorar los ya existentes, sobre la base de conocimientos científicos sólidos, en estrecha colaboración con la comunidad de usuarios;
- crear una plataforma, oportunidades e incentivos para que los grupos científicos puedan avanzar de la simple investigación de problemas científicos a la creación de productos, tecnologías, métodos y modelos piloto para los servicios climáticos existentes y previstos;
- ofrecer esos productos y estudiar la forma en se pueden utilizar de manera eficaz en el ámbito de los servicios climáticos, ya sea experimental o regularmente; y
- desarrollar la investigación aplicada a sectores de actividades humanas dependientes del clima, creando posibilidades que permitan un uso eficaz de la información y los servicios climáticos.

Esas actividades de investigación pueden llevarse a cabo en varias etapas. En la etapa inicial, deberían desplegarse considerables esfuerzos encaminados no sólo a las actividades de investigación y desarrollo *per se*, sino también a la planificación detallada de las etapas siguientes, estableciendo vínculos y asociaciones con posibles asociados y trabajando en estrecha colaboración con ellos para poder trasladar los resultados de la investigación a las prácticas de gestión y toma de decisiones de forma oportuna y efectiva. En principio, las actividades de ejecución serán transectoriales y comprenderán más de un pilar del MMSC.

Los principales tipos de actividades que se llevarán a cabo en el marco del pilar de investigación, modelización y predicción comprenderán los siguientes:

- planificación detallada de las actividades, establecimiento de asociaciones pertinentes, trabajos para lograr el compromiso de apoyo a las actividades de investigación identificadas, y creación de vínculos que faciliten un acceso más amplio a los resultados de las investigaciones y orienten la investigación hacia la consecución de los objetivos del MMSC;
- creación de vínculos entre la investigación y los servicios climáticos, y desarrollo de comunicación y cooperación entre las comunidades participantes;
- creación y mejora de aplicaciones prácticas para las esferas prioritarias del MMSC; y
- desarrollo y mejora de los productos o tecnologías de información climática, como los sistemas de alerta temprana, que pueden revestir una gran importancia para los servicios climáticos en múltiples sectores.

2.3.1 Planificación detallada del pilar de investigación, modelización y predicción; establecimiento de asociaciones, vínculos y compromisos

Aunque en las esferas prioritarias de ejecución del MMSC existe un gran volumen de información, así como cierta capacidad, con respecto a investigaciones pertinentes, se halla muy dispersa entre las distintas disciplinas, personas e instituciones. Se ha logrado el compromiso de importantes organizaciones y programas, como el PMIC, de apoyar las actividades de investigación del MMSC en relación con sus prioridades iniciales. No obstante, incluso a este respecto, es necesario profundizar en el alcance de las actividades de investigación, modelización y predicción y establecer mecanismos de planificación, vigilancia y coordinación. Por lo tanto, en el caso de otros sectores y del pilar de investigación, modelización y predicción en su conjunto, es necesario crear un marco sólido para la ejecución y para actividades significativas de planificación, consolidación y movilización de recursos.

Las actividades del MMSC más necesarias en los sectores de la salud y el clima incluyen la creación de capacidad nacional de los asociados de esos dos ámbitos para llevar a cabo actividades locales de investigación y desarrollar productos de datos climáticos para el sector. Ello comprende la evolución del impacto del cambio climático y la variabilidad del clima en la salud y en la eficacia de la protección sanitaria. Estas dos corrientes de investigación deberían coordinarse y reforzarse mutuamente, por ejemplo, mediante un foro para mejorar la investigación de aplicaciones y apoyar la traslación de la climatología a las operaciones. Por ejemplo, el foro podría ayudar a desarrollar una terminología normalizada de la investigación que podrían emplear los sectores colaboradores del clima y la salud. Asimismo, el MMSC debería ayudar a los proveedores de servicios climáticos, como los SMHN, a participar en foros y asociaciones de investigación de la salud y, del mismo modo, facilitar la participación de expertos del sector sanitario en las actividades de los foros sobre el clima. Esos intercambios ayudarían a encaminar la investigación climática y sanitaria hacia la obtención de datos

concluyentes para la formulación de políticas relacionadas con la salud. La aplicación de ciertas medidas simples destinadas a mejorar la comunicación y la interpretación de la información climática en el sector sanitario, podría ser un buen punto de partida. Otras medidas serían el establecimiento de normas y mecanismos de verificación y garantía de calidad, y la evaluación de la eficacia de los servicios climáticos en el sector.

La creación de un foro virtual sobre el clima y la salud ayudaría a reunir todos los métodos, herramientas, conjuntos de datos y resultados de investigación existentes. En él se podrían examinar periódicamente los últimos avances, detectar deficiencias importantes para hacer frente a las peticiones de las instancias decisorias, y poner de relieve las oportunidades existentes para la financiación de la investigación y para la formación. Además, facilitaría la colaboración entre los investigadores que trabajan en este campo, procedentes tanto de países en desarrollo como desarrollados.

Las actividades de investigación del clima y la salud requieren un amplio programa con objetivos claramente establecidos y un análisis sistemático de la capacidad y los enfoques respecto a su desarrollo, y debería incluir un conjunto de estudios de casos específicos sobre los beneficios de los servicios climáticos en el sector sanitario. La inclusión de las ciencias sociales puede ayudar en la evaluación de la preparación, la percepción y la utilidad de los servicios climáticos por lo que se refiere a los usuarios finales. El diálogo con gestores de recursos y economistas podría ofrecer un análisis útil de la rentabilidad de las actividades, así como datos concluyentes acerca de la eficiencia para la formulación de políticas. La estrategia de investigación del MMSC resultante en los sectores del clima y la salud también podría definir los objetivos y las prioridades en que se basa la investigación a nivel regional y nacional.

En el caso de los sectores de la gestión de recursos hídricos, alimentación y agricultura, y reducción de riesgos de desastre, la motivación para planificar y coordinar las actividades de investigación es similar a la del sector de la salud, pero estos sectores comprenden un gran número de actividades e iniciativas que aún carecen de una vinculación firme entre ellas, y el volumen de trabajo de preparación necesario es aun mayor que en los sectores sanitario y climático.

Se formarán grupos iniciativos para determinar los grupos interesados y asociados que podrían relacionarse con la investigación pertinente al MMSC, definir el alcance de las actividades necesarias de forma más minuciosa, tratar de obtener compromisos, establecer mecanismos de supervisión y vigilancia, y movilizar los recursos necesarios para la ejecución. Se invitará a las instituciones de financiación de la investigación y a otros organismos competentes a participar en la planificación y la definición de las necesidades y las actividades correspondientes. En primer lugar, se desarrollarán estrategias de ejecución y planes de investigación más detallados para los cuatro sectores prioritarios iniciales del MMSC y, en etapas posteriores de la ejecución, se hará lo mismo para los demás sectores. Se establecerán mecanismos de promoción y debate, como por ejemplo, foros virtuales específicos; esas actividades deberían empezar durante la etapa inicial.

2.3.2 Creación de vínculos entre la investigación y los servicios climáticos, y desarrollo de comunicación y cooperación entre las comunidades participantes

Uno de los objetivos principales del pilar de investigación, modelización y predicción será asegurar que tanto las comunidades de investigación como los profesionales de los servicios climáticos que trasladan las conclusiones científicas a los productos de información, mantienen una relación de cooperación, comunicación e intercambio de experiencias y conocimientos. Las

limitaciones tecnológicas y los factores relacionados con la responsabilidad impiden a veces que los productores de servicios climáticos operativos utilicen los resultados científicos más recientes en sus técnicas de procesamiento de datos y predicción. Por otro lado, algunos grupos de investigación podrían tener dificultades para configurar sus productos a efectos de los servicios climáticos y la verificación, o podrían tropezar con problemas para recibir reacciones suficientes a sus ofertas. Si los usuarios tuvieran un mayor acceso a una amplia gama de productos de investigación experimentales, con las advertencias adecuadas sobre las ventajas y desventajas de esos productos, tanto los usuarios como los proveedores de esa información saldrían beneficiados. En el caso de los proveedores, ello podría generar demanda y estimular el desarrollo, el nivel de sofisticación, la adaptación al usuario y la mejora de la calidad de los productos. Como resultado, cabría esperar una traslación acelerada de los avances de la investigación a los servicios climáticos. La oferta de productos climáticos experimentales a la comunidad de usuarios estimulará la comunicación y añadirá valor a los productos.

El refuerzo de la información de base científica suministrada también formará parte integrante del desarrollo de la capacidad institucional y humana del MMSC, y será decisivo para facilitar la evaluación del impacto del cambio climático y el apoyo a las decisiones correspondientes, en particular con respecto a la adaptación al cambio climático. Para poder ofrecer información climática experimental a los usuarios sistemáticamente, los grupos de investigación y los centros de modelización deben comprometerse a aportar sus contribuciones al Sistema de información de servicios climáticos del MMSC con regularidad y participar en los debates sobre productos a través del Sistema y de la plataforma de interfaz de usuario. Esa comunicación permitirá crear y ofrecer directrices sobre la interpretación y la utilización apropiadas de los resultados de la investigación. Esos mecanismos también podrían ayudar a resolver las preocupaciones de los proveedores de servicios finales relacionadas con la responsabilidad que podría conllevar para ellos la utilización de productos climáticos experimentales en los servicios que ofrecen.

Una de las esferas en que se pueden establecer vínculos entre los grupos climatológicos y los diversos usuarios de información climática es la de la predicción, proyección y reducción de escala de modelos climáticos a nivel regional. Dado que las anomalías climáticas se manifiestan principalmente en una escala regional, la disponibilidad de información climática reducida a escala regional para los usuarios, incluidas las predicciones y proyecciones experimentales, debería aumentar urgentemente, así como la documentación correspondiente sobre los datos y métodos utilizados, la incertidumbre inherente conocida, y cualquier otra orientación pertinente acerca de la calidad de los datos y las limitaciones conocidas o probables. La verdadera cuestión científica es cuánto valor añadido ofrecen realmente los productos climáticos de una resolución más alta. La puesta de esas predicciones o proyecciones a disposición de las comunidades regionales que han acordado examinarlas y evaluarlas permitirá calibrar mejor los modelos, especialmente en los casos en que las variaciones climáticas regionales se obtienen a partir de procesos y fenómenos locales en pequeña escala.

El establecimiento de los primeros elementos del suministro sistemático de productos científicos para los servicios climáticos en las etapas iniciales del MMSC impondrá la necesidad de orientar las observaciones, modelizaciones y predicciones hacia los servicios. Por ejemplo, la producción normal de predicciones a más largo plazo y con más anticipación requerirá observaciones oceánicas y de la superficie terrestre más fiables. El aumento del número de productos climáticos de diagnóstico y pronóstico generará la necesidad de evaluar su utilidad comparativa para aplicaciones prácticas, exigiendo una verificación más versátil y amplia de los

productos climáticos. A su vez, las crecientes prácticas de verificación ayudarán a detectar las lagunas y deficiencias de los diversos componentes de la cadena de procesamiento de datos, desde las observaciones hasta el suministro de información a los usuarios. Los incentivos para colmar las deficiencias y mejorar el sistema se fortalecerán y justificarán la asignación de recursos a la mejora del sistema. El mercado emergente de productos climáticos para las industrias y comunidades y la existencia de plataformas dedicadas a adaptar los productos existentes a necesidades más específicas de los usuarios ayudarán a acelerar el proceso de transformación de los avances de la investigación en productos y servicios más operativos.

Se ha propuesto dar un acceso más amplio y sistemático a la información climática experimental para los usuarios del Sistema de información de servicios climáticos. Un portal dirigirá a los usuarios hasta una información operativa o casi operativa en el Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (SMPDP) de la OMM e información climática experimental producida por proyectos adscritos al PMIC, como el Proyecto de comparación de modelos acoplados, el CORDEX y el Proyecto de predicción histórica del sistema climático en el marco del CLIVAR del PMIC (CHFP). Esa información climática experimental está disponible y es cada vez más accesible a través del Marco de la retícula del sistema terrestre. Deberían formularse recomendaciones sobre el tiempo de anticipación y ciclos de repetición óptimos para los listados de modelos climáticos experimentales de pronóstico en diferentes escalas temporales, basándose en el grado de acierto real o previsto de las predicciones, la capacidad técnica y otros factores pertinentes. La plataforma de interfaz de usuario puede ayudar a estudiar esos mecanismos.

2.3.3 Investigación en las esferas prioritarias del MMSC

Existe una necesidad apremiante, en gran parte insatisfecha, de información climática de base científica aplicable a la planificación de la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos relacionados con el clima. También es necesaria para apoyar diversos aspectos del desarrollo sostenible, incluida la atenuación de los efectos del cambio climático. A fin de hacer frente a esa necesidad, uno de los objetivos principales del componente de investigación del MMSC será acelerar el desarrollo de información climática basada en conocimientos científicos que permita su aplicación práctica en las cuatro esferas prioritarias del MMSC a corto plazo establecidas en el informe del Equipo especial de alto nivel. Las cuatro esferas prioritarias del MMSC a corto plazo son la agricultura y la seguridad alimentaria, la gestión de recursos hídricos, la reducción de riesgos de desastre y la salud. La necesidad de información climática aplicable a esos sectores es determinante para las prioridades de las medidas iniciales del pilar de investigación, modelización y predicción.

Para facilitar la investigación aplicada en las cuatro esferas prioritarias a corto plazo del MMSC, se intentarán establecer medios para entablar una comunicación continua y efectiva entre los proveedores de información climática y los representantes de los servicios, así como entre los expertos que desarrollan y utilizan la información resultante para aplicaciones específicas y para prestar servicios a los sectores a los que están destinados. La participación de científicos que representan los conocimientos climáticos “básicos” en esos intercambios ayudará a informar a los participantes acerca de los últimos avances de la climatología y de las oportunidades existentes para desarrollar ciertos productos, incluidas las posibles limitaciones de su uso en los casos en que la ciencia o la tecnología aún no están preparadas para dar resultados. El establecimiento de una relación eficaz entre el Grupo de trabajo del PMIC sobre ciencia e información climáticas a nivel regional (WGRC) y los órganos de trabajo de la plataforma de interfaz de usuario del MMSC ayudará a alcanzar esos objetivos. También se recomienda una relación directa entre los científicos adscritos al pilar de investigación,

modelización y predicción y los usuarios de información climática a nivel regional, nacional y local.

En el apéndice 2 figura una descripción más detallada de las actividades de investigación en las esferas prioritarias del MMSC.

2.3.4 Investigación en apoyo del desarrollo y la mejora de los productos básicos de información climática importantes para los servicios climáticos en múltiples sectores

Al preparar el presente anexo, se identificaron las necesidades básicas de información climática para cada una de las cuatro esferas prioritarias del desarrollo del MMSC a corto plazo. Varias de esas necesidades afectan a todas las esferas. Su consolidación dio lugar a una lista más universal de productos de información climática necesarios, cuya disponibilidad haría factibles numerosas aplicaciones prácticas dependientes del clima. El desarrollo, la mejora y la evaluación de esos productos básicos de información en colaboración con la comunidad de usuarios es una parte importante del programa del pilar de investigación, modelización y predicción.

La lista consolidada de productos de información climática necesarios en las cuatro esferas prioritarias comprende:

- Información fiable y completa sobre las condiciones climáticas pasadas y presentes, con inclusión de series y distribuciones estadísticas de variables hidrometeorológicas y oceanográficas pertinentes como la temperatura, la precipitación, el viento, la visibilidad, las olas de viento y las mareas de tempestad, prestando especial atención a la evolución a largo plazo de sus valores de períodos de retorno largos (“extremos”);
- Información de pronóstico:
 - evolución de la temperatura del aire, la precipitación, el viento, los componentes del balance hídrico y el estado de la superficie terrestre a nivel regional y subregional, en escalas temporales de estacionales a estacionales hasta uno o dos años;
 - predicciones de anomalías significativas determinadas relacionadas con la temperatura y la precipitación, en particular, sequías, crecidas, olas de calor, olas de frío, inicio y fases de monzones, con mayor anticipación y a más largo plazo que las de la predicción numérica del tiempo;
 - predicción mejorada de El Niño y La Niña y otros modos dominantes de variabilidad del clima;
 - predicciones estacionales de ciclones tropicales (tifones, huracanes) y evaluación de los cambios que podrían darse en el futuro en su frecuencia, intensidad y rutas;
 - directrices factibles sobre tiempo violento/fenómenos extremos con predictibilidad limitada, por ejemplo, los tornados;
 - predicciones a largo plazo de forzadores de vida corta y larga del cambio climático, contaminación del aire, sustancias químicas atmosféricas y anomalías de la radiación ultravioleta;
 - balance hídrico de los lagos, embalses y cuencas fluviales, incluidos sus componentes criosféricos; reservas y disponibilidad de agua para diversos usos; niveles de lagos y embalses; agua subterránea;
 - predicciones oceanográficas, incluida la predicción del hielo marino en las regiones polares y mares marginales;

- variabilidad y cambio del nivel del mar a escala mundial y regional, incluidos los extremos y sus estadísticas; y
- variables que describan el estado de las zonas costeras: riesgos de crecidas, impacto del cambio climático en el entorno costero, etc.

Las anomalías del clima regional de efectos devastadores pueden tener lugar en escalas temporales subestacionales, estacionales, interanuales y decenales. La investigación sobre su predicción está avanzando, pero aún no está lo suficientemente claro si se pueden realizar predicciones útiles en la práctica en todas las escalas temporales y para todas las regiones del mundo. Tampoco está claro cómo extraer información útil de los productos obtenidos de conjuntos, en que cada elemento podría tener un grado de acierto muy limitado. En términos generales, las actividades de investigación destinadas generar los productos de información correspondientes se pueden clasificar en las categorías siguientes:

- investigación sobre la predictibilidad del clima y la mejora del grado de acierto de la información de pronóstico
- investigación sobre el modo de aumentar el valor de la información climática para su uso en los servicios
- investigación sobre las observaciones, su procesamiento y la producción de registros climáticos
- investigación sobre el valor de los servicios climáticos

A medida que avanza la ejecución del MMSC y que siguen emergiendo nuevos productos mundiales, deberá dedicarse una mayor atención y esfuerzo a las ciencias y los servicios climáticos regionales. Por ejemplo, la vigilancia de las anomalías y los fenómenos extremos a nivel regional, mediante sistemas de alerta temprana y otras alertas para la temperatura, las sequías, las crecidas y la calidad del aire, será aun más importante. En el apéndice 3 figura una descripción más detallada de las actividades previstas en esos ámbitos y de su motivación.

2.4 Actividades y proyectos iniciales de ejecución

En las etapas iniciales de la ejecución del MMSC, la labor de investigación, modelización y predicción estará encaminada a crear las condiciones necesarias para la ejecución global del pilar. Esa labor comprenderá la planificación detallada de las actividades y el logro de compromisos de los organismos de investigación para que contribuyan al desarrollo de la base científica de los servicios climáticos. Tanto la planificación como los compromisos se llevarán a cabo a nivel mundial, regional y nacional. Se establecerán asociaciones entre grupos de científicos y profesionales de los servicios climáticos que, en este caso, actuarán como usuarios de las ciencias climáticas. Para que la investigación en las cuatro esferas prioritarias iniciales del MMSC sea efectiva, también es necesario imprimir cierta aceleración en su desarrollo. El desarrollo de capacidad será una parte integrante de esta labor.

Se realizará un esfuerzo para que la información climática experimental basada en conocimientos científicos, especialmente las predicciones y las proyecciones, sea más accesible y esté mejor caracterizada para los profesionales y las instancias decisorias. Para ello, los grupos de investigadores deberán comprometerse a poner su información a disposición del público. A cambio, tendrán el incentivo de recibir opiniones imparciales de usuarios interesados acerca de sus productos experimentales. Las predicciones climáticas en escalas más cortas, desde algunas semanas hasta una estación, aprovecharán los resultados, los planes y el impulso existentes obtenidos de los avances realizados en la investigación

predictiva bajo los auspicios del Programa Mundial de Investigación Meteorológica (PMIM) y el PMIC. También se organizará una serie de experimentos y actividades en el marco del Proyecto de predicción polar centrados en escalas temporales similares.

Los proyectos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados y del CORDEX del PMIC producirán un volumen de información predictiva mundial y regional sin precedentes en escalas decenales y centenarias. Esto será sumamente importante para la investigación sobre la adaptación al cambio climático. Las actividades de investigación encaminadas a maximizar los beneficios del uso de esta información para la gestión de riesgos climáticos, con objeto de crear capacidad de adaptación genérica a nivel nacional y doméstico y prestar un apoyo general a la adaptación al cambio climático, deberían empezar en las etapas iniciales de la ejecución del MMSC. El desarrollo de un sistema mundial integrado de información sobre gases de efecto invernadero ayudará a documentar la información sobre el forzamiento radiativo del clima y dará lugar a múltiples mejoras en la proyección climática que ayudarán a estimar las emisiones futuras.

La prolongación del período abarcado por los reanálisis, la ampliación de su alcance y la mejora de sus sistemas de asimilación de datos, serán muy importantes para la creación de conjuntos de datos útiles para la investigación científica, la verificación de las predicciones, la comprensión de los procesos relacionados y el desarrollo de aplicaciones prácticas de esos datos. Esta labor debería aprovechar el nuevo procesamiento de registros de datos satelitales que se está llevando a cabo mediante algoritmos de recuperación y un control de la calidad mejorados en todas las etapas del procesamiento de datos.

Tras la conclusión del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la evaluación de los conocimientos disponibles sobre las causas y consecuencias del aumento del nivel del mar, teniendo en cuenta las deficiencias que persisten en la comprensión y la capacidad para modelizar y proyectar todos los factores que determinan el estado del nivel del mar en el futuro, el PMIC formulará un amplio programa de investigación para abordar los riesgos prácticos relacionados con la variabilidad y el cambio del nivel del mar tanto a nivel mundial como regional.

Por último, el pilar de investigación, modelización y predicción dirigirá una actividad a nivel del MMSC destinada a mejorar la capacidad de los usuarios de incorporar la información climática insegura a sus procesos de toma de decisiones a efectos de la preparación para afrontar y gestionar los riesgos relacionados con el clima.

2.5 Enfoque de la ejecución (incluidos los aspectos operativos y organizativos)

Las principales vías para obtener beneficios de la presencia del MMSC en los sectores dependientes de las ciencias climáticas serán:

- la planificación detallada de las actividades de investigación climática básica y aplicada;
- la creación de comunidades de investigadores, profesionales y usuarios de información climática y la facilitación de la comunicación entre esas comunidades con la ayuda de la plataforma de interfaz de usuario;
- la búsqueda de compromisos de apoyo a las actividades de investigación, modelización y predicción por parte de organismos operativos y entidades de financiación de la investigación;

- la puesta a disposición de los usuarios, por medio del Sistema de información de servicios climáticos del MMSC, de información experimental de diagnóstico y de pronóstico del clima periódicamente actualizada y la obtención de opiniones informativas y útiles de los usuarios acerca de los productos de información;
- la orientación de la investigación climática a la mejora continua de la información climática que se considere más necesaria para la ejecución del MMSC; y
- el apoyo a la traslación de la investigación climática aplicada al desarrollo de aplicaciones prácticas mediante proyectos piloto y de demostración que incluyan a los cinco elementos del MMSC, prestando especial atención a la integración, el suministro de información climática a los usuarios y las instancias decisorias.

El desarrollo del MMSC requerirá reforzar los vínculos, la coordinación y la cooperación entre las comunidades de investigación y de operaciones. Para organizar y apoyar ese tipo de interacción hay que establecer una estructura de gestión del pilar en diversos niveles regionales. Esa estructura se propondrá después de haber tomado las decisiones de alto nivel sobre la gobernanza del MMSC y durante la ejecución de las actividades de planificación del pilar de investigación, modelización y predicción que se indican en la sección 2.4.

Las actividades iniciales de investigación, modelización y predicción enunciadas en la sección 2.4 se realizarán bajo la dirección de los representantes de las principales partes interesadas, como el PMIC, la OMM, la OMS, la FAO, la UNESCO y su Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), así como Programa Hidrológico Internacional (PHI), el Consejo Internacional para la Ciencia (CIUC) y otros. El plan de ejecución detallado del pilar de investigación, modelización y predicción se complementará con una propuesta de creación de un mecanismo de supervisión de este pilar a nivel mundial, regional y nacional. Por ejemplo, las asociaciones regionales de la OMM podrán prestar asistencia al desarrollo de servicios climáticos a nivel regional. También se esperará que las alianzas regionales de la COI apoyen la ejecución del MMSC en diversas partes de los océanos del mundo, que desarrollen su capacidad para realizar las observaciones oceánicas necesarias y que guíen la preparación de una gama de productos oceanográficos para sus respectivas áreas de interés, incluidas las zonas costeras. Los subproyectos regionales del PMIC cuentan con expertos suficientes para hacer frente a muchas de las necesidades de investigación señaladas, además se invitará a los científicos adscritos a sus proyectos a participar en las actividades de investigación, modelización y predicción. Los programas, actividades y oficinas regionales de la FAO, la OMS y el Consejo Internacional para la Ciencia ofrecen grandes posibilidades de divulgación respecto a los asociados interesados. La participación temprana de los organismos de financiación de la investigación en la planificación de las actividades del pilar que establezca asociaciones entre ellos, y su participación en el desarrollo y la supervisión del pilar, serán fundamentales para lograr y mantener un acceso oportuno a los recursos necesarios.

2.6 Vigilancia y evaluación de la ejecución

Durante la planificación más detallada de las actividades de investigación, modelización y predicción en la etapa inicial de ejecución del MMSC, se crearán mecanismos para el examen y la vigilancia de esas actividades. Se desarrollarán distintos indicadores de resultados y progresos, así como medidas de evaluación de la labor de investigación, modelización y predicción, para cada una de las actividades principales. El pilar de investigación, modelización y predicción apoyará la evaluación de proyectos y de resultados, y documentará los resultados para compartirlos con los demás pilares del MMSC y con el mecanismo o mecanismos de gobernanza y supervisión generales del MMSC. El compromiso reforzado de

suministrar información climatológica al Sistema de información de servicios climáticos (CSIS) será evaluado en colaboración con el Sistema de información de la OMM (SIO) y el CSIS. Las opiniones de los usuarios constituirán la piedra angular de la plataforma abierta de interfaz de usuario del MMSC, el principal vehículo de dirección de la investigación climática aplicada. Una de las tareas de los climatólogos que participan en los elementos constituyentes de la plataforma de interfaz de usuario será informar acerca de los progresos o falta de progresos, e identificar los obstáculos correspondientes. La estrecha cooperación entre la gestión del MMSC, los asociaciones que contribuyen al mismo, y los programas y organizaciones participantes asegurará una reacción oportuna a cualquier reseña referente a los resultados de los proyectos y actividades.

2.7 *Gestión de riesgos en la ejecución de las actividades*

Los principios y mecanismos de gestión de riesgos de los otros pilares del MMSC relacionados con la complejidad institucional, la gestión, los recursos, etc., también se aplicarán al pilar de investigación, modelización y predicción, por lo que su descripción no se repetirá en el presente anexo. La descripción de las prácticas y consideraciones respecto a la gestión de riesgos anticipada será un requisito normal de la solicitud de propuestas en respuesta a todas las convocatorias de actividades de financiación en el marco del pilar de investigación, modelización y predicción. Por norma general, las prácticas de gestión de riesgos de los organismos de financiación se aplicarán a todas las actividades de investigación financiadas de este pilar. Como se indica en la última columna de la tabla A de la sección 5, desde el inicio de la planificación del pilar se solicitará una consideración específica de la gestión de riesgos.

Un elemento fundamental de la gestión de riesgos del pilar de investigación, modelización y predicción será un sólido proceso de evaluación y documentación completa de cualquier producto o servicio nuevo del MMSC. Ello ayudará a evitar cualquier posible malentendido o interpretación incorrecta de dicho producto o servicio. La participación de múltiples grupos de investigadores en el suministro de información y predicciones climáticas ayudará a brindar la posibilidad de comparar, validar y calibrar los productos. Una participación reforzada y activa de los usuarios en las actividades de investigación de este pilar también facilitará la pronta notificación de un progreso lento o de la incapacidad de ofrecer la prestación prevista.

3 MECANISMOS HABILITADORES

3.1 Sinergias con las actividades existentes y creación de asociaciones nacionales, regionales y mundiales

Hay numerosas sinergias entre las diversas actividades de investigación, modelización y predicción y las actividades destinadas principalmente a los objetivos de los otros pilares del MMSC. Siempre que sea posible, las actividades de investigación, modelización y predicción se basarán en la consolidación, orientación y fortalecimiento de la investigación climática existente y la investigación en curso en el sector socioeconómico, con la participación activa de las comunidades de usuarios. Por ejemplo, la práctica actual de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) de facilitar acceso a productos de predicción a largo plazo en el marco del Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (SMPDP) puede ampliarse para mejorar el acceso de los usuarios a la información climática experimental. Los mecanismos operativos existentes del Programa Mundial sobre el Clima (PMC) pueden servir de base para iniciar de forma efectiva la investigación sobre las aplicaciones de datos climáticos en las cuatro esferas prioritarias iniciales del MMSC. La salud y el bienestar de las personas dependen considerablemente de factores relacionados con los alimentos, el agua y la seguridad. Esta idea se resumió y se utilizó para elaborar la lista de productos climáticos básicos que figura en la sección 2.3.3 del presente anexo. En este anexo, ya se ha hecho hincapié en la sinergia del pilar de investigación, modelización y predicción con el pilar de observaciones y vigilancia, basada en gran medida en los resultados de la investigación. Los programas mundiales de observación se beneficiarán sobremanera de las actividades de investigación, modelización y predicción, y viceversa. Las sinergias entre las investigaciones meteorológicas y climáticas son múltiples y se pondrán de manifiesto principalmente a raíz de la ejecución práctica de sistemas de predicción “sin discontinuidad”.

Las sinergias entre la investigación climática aplicada y la investigación climática básica, las observaciones, la modelización y la predicción se pueden ampliar, en una medida considerable, del nivel mundial al regional y nacional. Cada uno de los organismos y programas, así como muchos proyectos en gran escala, tienen coordinadores y homólogos regionales y nacionales. Su labor también se beneficia de una gran variedad de sinergias a nivel regional. No obstante, los vínculos entre las diversas actividades disciplinarias a nivel regional suelen ser mucho más débiles que las relaciones entre las distintas disciplinas a nivel mundial y regional.

Por ejemplo, las actividades de las asociaciones regionales de la OMM mantienen un vínculo mucho más estrecho con los programas mundiales de la OMM que con los órganos regionales correspondientes de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental o con las actividades coordinadas por las oficinas regionales del Consejo Internacional para la Ciencia. El establecimiento de vínculos entre diversas organizaciones y programas a efectos de la ejecución del MMSC a nivel regional podría redundar en un beneficio mutuo para todo participante. La participación activa de organizaciones y grupos nacionales en las actividades de investigación, modelización y predicción traerá consigo su experiencia y capacidad para el desarrollo del MMSC y aumentará las posibilidades de obtener recursos e incentivos adicionales para ampliar el alcance de sus actividades y mejorar sus productos.

3.2 Estrategia de comunicación

El MMSC se construirá sobre la base del desarrollo dinámico e intenso de una comunicación bidireccional con las comunidades de usuarios con respecto a las nuevas oportunidades y de

las correspondientes opiniones y descripción de las necesidades de estos facilitadas a las comunidades de proveedores. La comunidad de investigadores actuará como motor de la interacción entre esas comunidades, lo que significa que las estrategias de comunicación del MMSC y del pilar de investigación, modelización y predicción deberían abordar tanto los vínculos internos del pilar como las relaciones externas. Debería promoverse de manera incansable la documentación apropiada de las actividades y sus resultados, el uso del enfoque de código abierto (siempre que sea posible), los informes frecuentes acerca de los progresos o la falta de progresos en los proyectos, y una relación constante con el extremo “receptor”. Para lograr una comunicación interna eficiente en el pilar, será fundamental empezar a establecer relaciones, y canales y mecanismos de comunicación entre los proveedores y los usuarios de productos provisionales. La interacción entre estos será quien determine finalmente la capacidad de éxito del sistema en su conjunto. La comunicación de los logros del MMSC y el pilar de investigación, modelización y predicción y de su utilidad para la sociedad ayuda a salir del círculo vicioso en que los posibles usuarios y financiadores desconocen la utilidad de los servicios climáticos, con la consiguiente falta de interés, apoyo y financiación que frena los progresos necesarios de la investigación que reviste interés para la sociedad.

Los avances de las actividades de investigación, modelización y predicción serán comunicados y promovidos tanto a nivel individual por los participantes como por medio de una sección especial en el sitio web del MMSC, además de los informes que figurarán en los sitios web de los programas y las organizaciones participantes. Los productos climáticos experimentales disponibles se difundirán a las comunidades de usuarios señaladas en el presente anexo. Se utilizarán las nuevas tecnologías de la información para promover las actividades de investigación, modelización y predicción, incluida la distribución controlada de información a través de la Federación de la retícula del sistema terrestre y de las redes sociales.

Como complemento a la labor del MMSC, el PMIC está elaborando una estrategia de comunicación para el Programa. Al aplicar esa estrategia, se pondrán de relieve las cuestiones del MMSC que revisten importancia para el PMIC. Entre el público destinatario de la estrategia de divulgación y comunicación del PMIC se cuentan los científicos, los medios de comunicación y el público en general, los patrocinadores y los organismos de financiación, las instancias decisorias, estudiantes y jóvenes científicos, afiliados a evaluaciones climáticas científicas, y convenciones ambientales mundiales y regionales. La eficacia de la estrategia y las correspondientes medidas de aplicación se evaluará con regularidad. La participación de expertos que realizan actividades de desarrollo de capacidad del MMSC en la evaluación de la estrategia de comunicación del MMSC podría ayudar a mejorar su eficiencia y efectividad.

4 MOVILIZACIÓN DE RECURSOS

Las inversiones en los servicios climáticos ayudarán a reforzar la resiliencia en general a la variabilidad del clima y el cambio climático utilizando vías de adaptación mejoradas junto con enfoques de gestión y mitigación de riesgos. La investigación climática es un medio fundamental para aumentar sustancialmente el rendimiento de las inversiones en el MMSC. Reconociendo la gran utilidad de la ciencia del cambio climático, la Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima pidió un fortalecimiento significativo de los elementos esenciales del MMSC, incluido el PMIC, con el apoyo de recursos informáticos adecuados y de una mayor interacción con otras iniciativas de investigación climática.

La idea principal del MMSC es transformar los conocimientos climáticos disponibles en acciones y desarrollar los nuevos conocimientos necesarios. Por lo tanto, uno de los objetivos importantes de las actividades de investigación de este pilar será desarrollar aplicaciones prácticas de la climatología y seguir promoviendo, al mismo tiempo, la investigación sobre aspectos menos conocidos del sistema climático de la Tierra. Para facilitar la información climática básica y especializada necesaria a los diversos sectores económicos y regiones geográficas que son vulnerables a la variabilidad del clima y cambio climático, el pilar de investigación, modelización y predicción tendrá que combinar de manera óptima las inversiones tanto en la investigación climática básica como aplicada. Sin una financiación adecuada de la investigación básica, esta perderá impulso y muy pronto la climatología será incapaz de hacer frente al rápido crecimiento de nuevas y complejas necesidades de información climática. Además, la investigación básica es necesaria para abordar las numerosas cuestiones sin resolver de las ciencias climáticas.

Si no se demuestran los beneficios prácticos de la información climática a la sociedad, la investigación pierde su credibilidad y sus apoyos. A su vez, la sociedad se vuelve más vulnerable a los riesgos ambientales. Se puede evitar caer en este círculo vicioso, típico en casi todas las actividades emergentes, incluidos los servicios climáticos, con la ayuda de una estrategia de comunicación efectiva y la participación activa de múltiples partes interesadas.

El buen desarrollo inicial del MMSC y la consiguiente prestación de servicios más efectivos y eficientes a los clientes ayudará a promover las actividades propuestas y a justificar la necesidad de asignar fondos al diseño y la coordinación del sistema. No obstante, hay una escasez aguda de financiación inicial. La pronta y eficaz promoción del MMSC y del pilar de investigación, modelización y predicción, con la garantía de que los gobiernos y los organismos de financiación asignarán recursos al desarrollo inicial del MMSC, es de vital importancia para la ejecución satisfactoria del MMSC. Por lo tanto, la eficiencia en función de los costos de la investigación en este pilar y la evaluación temprana del rendimiento a largo y corto plazo de las inversiones realizadas en el MMSC y en la investigación, modelización y predicción debería formar parte de la planificación y evaluación iniciales. Además de desplegar esfuerzos para encontrar recursos externos, en la etapa inicial de ejecución del MMSC, habrá que sacar más rédito de la capacidad y los conocimientos existentes y demostrar lo antes posible el valor del pilar de investigación, modelización y predicción y el MMSC a los posibles financiadores.

La financiación inicial debería proceder de los organismos participantes como los SMHN, los organismos nacionales e internacionales de financiación de la investigación, las agencias de observación de la Tierra desde el espacio, las academias de ciencias y las universidades dispuestas a invertir en sus propias actividades de investigación para apoyar las ciencias climáticas orientadas a aplicaciones prácticas y las actividades conexas de desarrollo de capacidad. Es posible que los SMHN y los organismos públicos deseen invertir en sistemas

regionales de observación e infraestructura nacional para la vigilancia, investigación y predicción del clima. Es sumamente importante conseguir una cooperación fructífera entre este pilar y los organismos nacionales e internacionales de financiación de la investigación para que lancen convocatorias de oportunidades de investigación pertinentes al MMSC. Cabe señalar que el apoyo científico al desarrollo de los servicios climáticos ocupa un lugar prominente en los programas de muchos organismos de financiación de la investigación, como la Comisión Europea, el Grupo Belmont Group de organismos de financiación y muchos de los organismos nacionales de financiación de la investigación. Por lo tanto, hay numerosas oportunidades de investigación pertinentes al MMSC que cuentan con una financiación adecuada. Para establecer una cooperación eficiente entre ellas y aumentar su valor, se necesitan los recursos adecuados para llevar a cabo su coordinación en el marco del pilar. Los organismos especializados podrían estar dispuestos a invertir fondos generadores de capital en la formación de comunidades de científicos y profesionales del clima en las esferas que les interesen. Las propuestas de investigación sobre el desarrollo de productos adaptados al usuario podrían atraer el interés de los correspondientes organismos públicos o industrias. Este tipo de asociaciones creativas y flexibles serán decisivas para llevar a buen puerto el pilar de investigación, modelización y predicción y el MMSC en general.

En la etapa inicial de ejecución del MMSC deberían organizarse sesiones informativas para los organismos nacionales e internacionales de financiación de la investigación y otras partes interesadas, y deberían seguir celebrándose de manera continuada. La evaluación de la efectividad de los servicios ofrecidos, incluidos sus beneficios económicos y sociales como indicador del rendimiento de la inversión, será fundamental para justificar la financiación. El intercambio de las lecciones aprendidas, tanto las positivas como las negativas, deberían formar parte integrante del diálogo con los organismos de financiación y patrocinio.

5 RESUMEN DE LOS COSTOS ESTIMADOS DE LAS ACTIVIDADES Y LOS PROYECTOS

En la tabla A que figura a continuación se enumeran las actividades iniciales de ejecución previstas. Algunas de esas actividades proseguirán en etapas posteriores. Los costos se indican solo en relación con el período inicial de dos años. El costo total de las actividades iniciales de coordinación y de gestión del pilar se ha estimado en 4,2 millones de dólares de Estados Unidos.

Tabla A

Actividades iniciales de ejecución previstas del pilar de investigación, modelización y predicción

Nº	Actividad	Resultados concretos	Indicadores	Medidas de evaluación (fuentes de verificación)	Calendario	Asociados y partes interesadas	Vínculos con otras actividades	Costo, millones de USD para 2 años	Posibles riesgos
1	Fortalecimiento de la coordinación de las actividades de investigación en curso y previstas de las principales organizaciones, organismos y programas de relevancia directa para el MMSC, prestando especial atención a las perspectivas a medio y largo plazo	Plan más detallado de actividades de investigación en apoyo del MMSC en sus perspectivas a medio y largo plazo	Documento planificado, acordado y publicado, con las actividades, responsabilidades, acuerdos de gestión, recursos, etc. para todas las actividades previstas. Arreglos de vigilancia y evaluación del pilar de investigación, modelización y predicción.	Aportaciones y compromisos expresados de las principales partes interesadas	2013-2014, con actualización posterior	PMIC, OMM, UNESCO y su COI, otros asociados de las Naciones Unidas, CIUC, PRO-VIA, etc.	Asociados regionales, organizaciones nacionales interesadas. La contribución de todos los pilares es fundamental.	0,20	Complejidad, equilibrio de intereses

2	Sesiones informativas a los principales organismos de financiación de la investigación sobre el plan de ejecución del MMSC y las actividades del pilar de investigación, modelización y predicción a medio y largo plazo	Participación y compromiso de los organismos de financiación de la investigación en apoyo de las actividades del MMSC y del pilar de investigación, modelización y predicción	Nivel de financiación de los proyectos pertinentes al MMSC. Adopción y utilización por los financiadores de los criterios de identificación del proyecto de investigación, modelización y predicción. Vigilancia por los financiadores de los resultados y el cumplimiento de la política de datos conforme a los requisitos del MMSC.	Comunicación con los organismos de financiación	2014	PMIC, OMM, CIUC	Miembros del IGFA y del Foro Belmont, otros organismos de financiación y operativos	0,10	Desajuste de objetivos, contradicción respecto a compromisos anteriores
3	Creación de asociaciones con las comunidades que producen información climática experimental y normal, incluidas las predicciones, y mayor acceso a los productos de investigación por los usuarios de servicios climáticos para su evaluación	Productos climáticos experimentales disponibles para los usuarios. Reseñas de los usuarios sobre los productos de la comunidad de investigación.	Número de productos de información climática disponibles y accesibles, incluidas las predicciones en distintas escalas temporales y adecuadas para el apoyo de diversas aplicaciones de sectores prioritarios del MMSC	Vigilancia de los productos disponibles y de las correspondientes reseñas de los usuarios	2014, con continuación posterior	Elementos constituyentes del PMIC, VMM, CSB, CSIS	PMC, centros principales de modelización	0,40	Compromiso insuficiente, preocupación por la posible responsabilidad debido al uso de productos piloto en los servicios
4-1	Desarrollo de una estrategia del MMSC de investigación y comunicación sobre el clima y la salud y establecimiento de objetivos y prioridades para apoyar la investigación sobre el clima y la salud a nivel regional y nacional	Estrategia en forma de documento. Marcos, comunicación y asociaciones mejorados.	Incorporación de las recomendaciones estratégicas a los planes regionales y nacionales de investigación y desarrollo. Propuestas sobre el desarrollo de la capacidad de investigación.	Consulta a los países	2012-2014	OMS, GECHH, otros	PMC, CSIS, PMIC, WGRC, PRO-VIA, sistemas de alerta temprana de la calidad del aire y sus efectos en la salud	0,20	Complejidad, dependencia de niveles regionales y locales de desarrollo que pueden ser insuficientes

4-2	Creación de un foro virtual sobre la investigación del clima y la salud	Portal web	Publicaciones e intercambio de opiniones activos en el portal	Vigilancia del sitio web	2012-2014	OMS, GECHH, otros		0,05	Insignificante
5	Desarrollo de una estrategia de investigación del MMSC sobre el clima, la gestión de recursos hídricos y el ciclo hidrológico y establecimiento de objetivos y prioridades en apoyo de la investigación a nivel regional y nacional	Estrategia en forma de documento. Marcos, comunicación y asociaciones mejorados.	Incorporación de las recomendaciones estratégicas a los planes regionales y nacionales de investigación y desarrollo. Propuestas sobre el desarrollo de la capacidad de investigación.	Consulta a los países	2012-2014	GEWEX, CHI de la OMM, PHI de la UNESCO	Organismos especializados en satélites, partes interesadas regionales, sistemas de alerta temprana para la hidrología	0,20	Complejidad organizativa, conocimientos insuficientes de las comunidades de asociados
6-1	Desarrollo de una estrategia de investigación del MMSC sobre el clima, la seguridad alimentaria y la agricultura y establecimiento de objetivos y prioridades en apoyo de la investigación a nivel regional y nacional	Estrategia en forma de documento. Marcos, comunicación y asociaciones mejorados.	Incorporación de las recomendaciones estratégicas a los planes regionales y nacionales de investigación y desarrollo. Propuestas sobre el desarrollo de la capacidad de investigación.	Consulta a los países	2012-2014	FAO, GCIAI, PMA, PMIC, PRO-VIA	Partes interesadas regionales	0,20	Complejidad, conocimientos insuficientes de las comunidades de asociados, división entre las comunidades
6-2	Creación de un foro virtual sobre la investigación del clima y los alimentos	Portal web	Publicaciones e intercambio de opiniones activos en el portal	Vigilancia del sitio web	2012-2014	FAO		0,05	Insignificante

7	Mecanismos de coordinación de la investigación sobre la atribución y predicción de fenómenos climáticos extremos y traslación de sus resultados a los servicios climáticos para el sector de la reducción de riesgos de desastre, medidas de adaptación, y desarrollo de los sistemas de alerta temprana correspondientes	Atribución mejorada y predicción eficaz de fenómenos extremos y sus estadísticas, guías para los usuarios	Publicaciones sobre la atribución de fenómenos extremos, mayor porcentaje de fenómenos previstos y guías mejoradas sobre los fenómenos extremos para la toma de decisiones. Propuestas sobre el desarrollo de la capacidad de investigación.	Sistema de puntuación para la verificación de las variables meteorológicas relacionadas con fenómenos extremos, datos de pérdidas aseguradas	2014, con continuación posterior	Grupos de investigadores adscritos al PMIC, especialmente CLIVAR y GEWEX, PMC, SMHN	IRDR, PRO-VIA, partes interesadas regionales	0,20	Retos en múltiples disciplinas, recursos necesarios para resolver las colas de distribución
8	Proyecto de desarrollo sobre la mejora del grado de acierto de las predicciones climáticas mundiales y regionales en escalas temporales de semanas a estaciones	Grado de acierto mejorado y mayor disponibilidad de predicciones	Número de centros que producen predicciones, disponibilidad periódica de predicciones experimentales, sistemas de alerta temprana y otras alertas de variables climáticas	Evolución positiva del sistema normalizado de puntuación para la verificación de las predicciones por los centros principales	2012-2017, con actividades iniciales antes de 2014	Iniciativa de predicción subestacional (S2S) PMIM/PMIC	CSIS, THORPEX, CHFP, opiniones de los usuarios a través de la plataforma de interfaz de usuario	0,30	Complejidad del campo de investigación, complejidad técnica de los experimentos
9	Sistema mundial integrado de predicciones en las zonas polares para escalas temporales de hasta una estación y más largas	Experimentos destinados a mejorar el grado de acierto y aumentar la disponibilidad de las predicciones	Número de centros que producen predicciones, disponibilidad de predicciones experimentales, y mejora de la disponibilidad de observaciones polares para la inicialización y verificación de modelos	Evolución positiva del sistema normalizado de puntuación para la verificación de las predicciones por los centros principales, reducción de errores sistemáticos de los modelos	2012-2022, con actividades iniciales antes de 2014	Proyecto de predicción solar del PMIM en estrecha colaboración con la Iniciativa de predicción del clima polar del PMIC	Otros órganos de trabajo del PMIM, PMIC, CSB, IASC, creación de un Foro sobre la evolución probable del clima polar	0,30	Gran número de lagunas

10	Investigación coordinada sobre predicciones y proyecciones climáticas mundiales y regionales en escalas temporales de decenios a centurias para la gestión de riesgos climáticos y la adaptación al cambio climático	Bases de datos de predicciones y proyecciones, estudios regionales y nacionales	Volumen de datos descargados, publicaciones sobre el uso y la interpretación de datos, mejora de los indicadores de calidad de los modelos	Información de los centros encargados de las bases de datos	2013, con continuación posterior	Proyecto de comparación de modelos acoplados y CORDEX del PMIC, WGRC	Proyectos del PMIC, PRO-VIA, asociados regionales nacionales	0,20	Complejidad de los experimentos, predictibilidad desconocida, recursos
11	Reprocesamiento coordinado de registros de datos climáticos fundamentales y su uso en los servicios climáticos regionales	Registros de datos climáticos fundamentales documentados y su evaluación	Número de registros de datos climáticos fundamentales generados, publicaciones sobre tendencias e impacto regionales	Referencias a conjuntos de datos, publicaciones	2014, con continuación posterior	Centros de investigación adscritos al PMIC, Consejo consultivo sobre datos del PMIC	GEWEX, pilar de observaciones y vigilancia, SMOC, vínculos a los pilares de la plataforma de interfaz de usuario y de desarrollo de la capacidad	0,20	Retos técnicos, recursos necesarios
12	Coordinación y ampliación de las actividades de reanálisis	Alcance ampliado y mayor precisión de los reanálisis, contribución a la evaluación de los productos	Número de años y variables abarcados, uso de modelos acoplados y técnicas de asimilación de datos para la producción de reanálisis, publicaciones basadas en el uso de datos	Documentación de los centros responsables	2014, con continuación posterior	PMIC, centros responsables	Consejo consultivo sobre datos del PMIC, SMOC, pilar de observaciones y vigilancia, vínculos a los pilares de la plataforma de interfaz de usuario y de desarrollo de la capacidad	0,20	Retos técnicos, recursos necesarios

13	Diseño de un sistema de información mundial integrado sobre gases de efecto invernadero (conjuntamente con el pilar de observaciones y vigilancia)	Suministro de información regional específica y puntual relacionada con el estado de los gases de efecto invernadero, tasa de aumento de los gases de efecto invernadero y proyecciones para décadas futuras	Aumento de la disponibilidad de observaciones y datos mejorados de gases de efecto invernadero	Publicaciones, evaluaciones regionales, y productos disponibles a través de un sitio web específico	Preparación para la ejecución en 2015-2020	VAG, SMOC, estrategia sobre el carbono del GEO y proyectos regionales como el ICOS en Europa, CarboNA y otros esfuerzos similares y redes existentes en todo el mundo	IGAC, PMIC, CMNUCC, grupos que utilizan el forzamiento de gases de efecto invernadero en la predicción y proyección climáticas	0,20	Dificultades de transición entre la investigación y las operaciones
14	Desarrollo de un programa interinstitucional sobre el aumento del nivel del mar a nivel regional y sus extremos futuros	Programa de investigación interinstitucional para hacer frente a la incertidumbre de la evaluación del nivel del mar en el futuro	Documento previsto acordado	Publicaciones, evaluaciones regionales	2014, con continuación posterior	PMIC, CMOMM, COI, desarrollo de capacidad y plataforma de interfaz de usuario, especialmente para los PEID	Asociados participantes en investigación geodésica, comunidad hidrológica, etc.	0,20	Complejidad de la coordinación interdisciplinaria
15	Mejora de los procesos de toma de decisiones sobre riesgos relacionados con el clima	Estudios de casos para demostrar el modo en que la información climática existente puede mejorar la toma de decisiones en los sectores prioritarios del MMSC. Propuesta para un proyecto de investigación correspondiente	Informes sobre técnicas que permitan la extracción de información útil y aplicable para la toma de decisiones y para explotar de un modo más eficaz la capacidad de predicción emergente, tomando en cuenta la incertidumbre de la información climática y los límites de su uso. Guía sobre la verificación de productos de información climática	Opiniones de los usuarios a través de la plataforma de interfaz de usuario, evaluación de informes	2014, con continuación posterior	El PMIC formará un consorcio que incluirá a los SMHN, organismos líderes sectoriales, instancias decisorias locales, usuarios de información climática, etc.	Grupos participantes en predicciones experimentales, PRO-VIA, plataforma de interfaz de usuario, etc.	1,00	Retos en múltiples disciplinas, complejidad de la cuestión

APÉNDICES

Actividades de investigación y desarrollo en curso

En el marco del pilar de investigación, modelización y predicción se promoverán las necesidades de servicios climáticos en los programas de investigación de las principales partes interesadas, fomentando la mejora de la información climática, incluidas las predicciones y proyecciones en las escalas temporales y espaciales que interesan a las instancias decisorias, y el desarrollo de aplicaciones prácticas en colaboración con los usuarios correspondientes. El grueso de la investigación que contribuye al establecimiento del MMSC se realizará en las divisiones de investigación de los SMHN de cada país, sus universidades y academias de ciencias, laboratorios de investigación, o distintos organismos nacionales, etc. Los representantes de las comunidades de investigación y aplicaciones también participarán en las actividades de configuración de la plataforma de interfaz de usuario y del Sistema de Información de Servicios Climático del MMSC. En las comunidades del MMSC, los proveedores de información climática adaptada a los usuarios finales serán una categoría de clientes importante para la comunidad de investigación climática. Su evaluación de la calidad de la información climática contribuirá a seguir desarrollando datos y predicciones climáticas. El pilar de investigación, modelización y predicciones también ayudará a comunicar a un público más amplio los problemas importantes del impacto climático en la sociedad y la función de las ciencias a la hora de abordarlos. La coordinación de ese sistema resulta difícil a menos que el pilar tenga una estructura bien definida que sea capaz de mantener los vínculos entre las partes relacionadas entre sí. Para diseñar esa estructura, el primer paso consistiría en identificar a las principales partes interesadas internacionales que coordinan la investigación y desarrollo en los cuatro sectores prioritarios iniciales para la ejecución del MMSC y participar, con su ayuda, en los principales programas que llevan a cabo actividades de investigación pertinentes.

La coordinación de la investigación internacional contribuye a lograr avances en la comprensión y predicción de la variabilidad del clima y el cambio climático y para abordar los retos científicos complejos que las naciones no pueden solucionar por sí solas. El programa principal en esta esfera es el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), copatrocinado por la OMM, el Consejo Internacional para la Ciencia (CIUC) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO. El Marco estratégico del PMIC 2005-2015 "Observación y Predicción Coordinadas del Sistema Tierra" (PMIC, 2005) está orientado a la investigación climática en relación con el desarrollo de múltiples aplicaciones prácticas directamente beneficiosas y útiles para la sociedad. El PMIC ha expresado su compromiso de apoyar el desarrollo del pilar de investigación del MMSC y está revisando sus prioridades de investigación, su estructura y su procedimiento para abordar este objetivo. Los paneles regionales y los proyectos básicos del PMIC (proyecto de variabilidad y predecibilidad del clima (CLIVAR), el experimento GEWEX, los Procesos estratosféricos y su función en el clima (SPARC) y el Proyecto relativo al clima y a la criosfera (ClIC)) podrán ofrecer sus conocimientos especializados para abordar cuestiones regionales de importancia para diversos ámbitos de aplicaciones.

En el período 2007 - 2011 se celebró una serie de consultas para definir el modo en que la investigación climática puede contribuir a apoyar y desarrollar los servicios climáticos. En 2007, el SMOC, el PMIC y el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB) impartieron un cursillo "Investigación y observaciones del cambio climático en el futuro: Sistema Mundial de Observación del Clima, Programa Mundial de Investigaciones Climáticas y Programa

Internacional Geosfera-Biosfera, enseñanzas extraídas del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" (SMOC, PMIC, PIGB, 2008). En el cursillo se identificaron las lagunas existentes en los conocimientos y los problemas científicos destacados, así como las necesidades de investigación correspondientes para la adaptación a los riesgos del cambio climático y la evaluación de los mismos, el tratamiento de las incertidumbres y el suministro de información climática pertinente en escalas regionales. El Plan de Ejecución del PMIC para 2010-2015 (PMIC, 2009) incluye una serie de actividades de investigación destinadas a abordar las lagunas identificadas en los conocimientos. Las actividades propuestas en el Plan son sumamente importantes para el MMSC.

El Comité Científico Mixto del PMIC en su trigésima primera reunión (Antalya, Turquía, del 15 al 19 de febrero de 2010) organizó la Conferencia técnica "El cambio climático y la demanda de servicios climáticos para un desarrollo sostenible", conjuntamente con la decimoquinta reunión de la Comisión de Climatología (CCI) de la OMM (Sivakumar et al., 2010). La Conferencia Científica Abierta del PMIC (Denver, Estados Unidos de América, del 24 al 28 de octubre de 2011) tuvo por tema "Investigación climática al servicio de la sociedad" (Asrar y otros, 2012) y se celebraron sesiones con gran éxito sobre el interés del sector privado en los servicios climáticos.

Sobre la base de las consultas mencionadas y de amplios debates, en octubre de 2011 el Comité Científico Mixto del PMIC identificó seis grandes desafíos de la investigación climática, definidas como obstáculos específicos (es decir, lagunas), para avanzar en la comprensión y predicción de la variabilidad del clima y el cambio climático, que se pueden abordar a través de esfuerzos de investigación específicos que ofrecen la probabilidad de realizar progresos significativos en los próximos 5-10 años. Estos grandes desafíos están relacionados con la comprensión, atribución, modelización y predicciones o proyecciones acertadas:

- clima regional;
- subidas del nivel del mar a nivel regional (que incluye también la evaluación del cambio y variabilidad del nivel medio mundial del mar);
- respuesta de la criosfera al cambio climático (en particular, capas de hielo, recursos hídricos relacionados con los glaciares y la nieve, permafrost y carbono);
- nubes, circulación y sensibilidad del clima;
- cambios pasados y futuros respecto a la disponibilidad de agua (en conexión con la seguridad hídrica y el ciclo hidrológico); y
- fenómenos climáticos/meteorológicos extremos.

Estos desafíos son muy pertinentes al pilar de investigación, modelización y predicción; entre las iniciativas iniciales y posteriores de este pilar figuran actividades destinadas a abordarlos. El reciente informe sobre los logros (*Accomplishment Report* (PMIC, 2013)) incluye múltiples ejemplos de actividades eficaces de investigación climática destinadas a atender a las necesidades de la sociedad.

El PMIC representa el componente de investigación del Programa Mundial sobre el Clima (PMC). Los otros componentes del PMC son el SMOC, el Programa Mundial de Servicios Climáticos, y el nuevo Programa de Investigaciones sobre la Vulnerabilidad, el Impacto y la Adaptación al Cambio Climático del PNUMA (PRO-VIA).

Hay una gran cantidad de información climática pertinente y orientaciones valiosas que proceden de evaluaciones científicas periódicas del Grupo Intergubernamental de Expertos

sobre el Cambio Climático (IPCC) de la OMM/PNUMA, que lleva a cabo exámenes imparciales de los últimos logros de las ciencias climáticas y proporciona información climática pertinente pero no prescriptiva para las políticas. En la planificación de las actividades de investigación del MMSC, que se presenta en este anexo, se tienen en cuenta las actividades del IPCC y los resultados previstos, así como otras evaluaciones relacionadas del medio ambiente, la energía y los recursos hídricos basadas en conocimientos científicos.

El Equipo especial de investigación del Consejo Ejecutivo de la OMM ha formulado unas recomendaciones muy importantes sobre el camino estratégico a seguir en la investigación, modelización y predicciones medioambientales. En el informe *Challenges and opportunities in research on climate, weather, water and environment* (WMO/TD N° 1496, 2009) el equipo recomendó formular un enfoque unificado respecto de las investigaciones multidisciplinarias sobre predicciones climáticas, meteorológicas, hidrológicas y medioambientales, aumentar las inversiones informáticas de alto rendimiento a fin de tener en cuenta la creciente complejidad y el detalle de los modelos, y acelerar la elaboración, la validación y el uso de los modelos de predicción. La ejecución de esta recomendación debería conducir a una mejora de los productos básicos de información climática necesarios para generar servicios climáticos adaptados al usuario. El Equipo especial también puso de relieve la necesidad de seguir desarrollado las capacidades predictivas mediante una combinación de investigación y operaciones, en la que participen todas las disciplinas de las ciencias del sistema Tierra y se aborden las necesidades correspondiente a escala regional. Este enfoque se ilustra en la figura A, donde se muestra el modo en que las comunidades de investigación y proveedoras de servicios podrían colaborar con el objetivo de dar carácter operativo a los resultados de las investigaciones en diversas escalas temporales meteorológicas y climáticas.

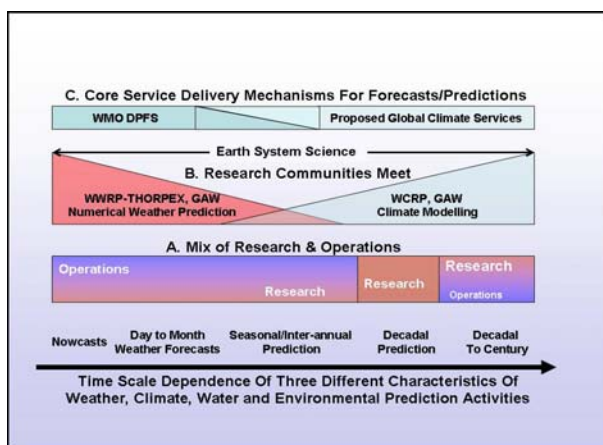


Figura A: Dependencia de la escala temporal de varios aspectos relacionados con la predicción meteorológica, climática, hidrológica y ambiental respecto (Informe del Equipo especial de investigación del Consejo Ejecutivo de la OMM, 2009)

Los programas y actividades de investigación indicados anteriormente en esta sección representan solamente una mínima parte del gran conjunto de actividades relevantes para el MMSC. Existen muchos otros organismos y programas de investigación internacional que realizan trabajos de investigación importantes para el pilar de investigación, modelización y predicción. En una lista no exhaustiva de ellos figuran los órganos integrantes y programas copatrocinados por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental; los programas, las comisiones técnicas y las asociaciones regionales de la OMM; actividades y programas de otros organismos de las Naciones Unidas; y los principales programas internacionales de

observación, como el Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (WIGOS), el SMOC, el Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO), el Sistema Mundial de Observación Terrestre (SMOT), etc.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Programa Mundial de Alimentos (PMA) de las Naciones Unidas son las principales partes interesadas en la gestión del apoyo y la coordinación de la seguridad alimentaria y la agricultura. Para crear la capacidad necesaria en el sector para prestar servicios climáticos, habrá que mejorar las principales actividades en curso, como, por ejemplo, el Sistema mundial de información y alerta sobre la alimentación y la agricultura de la FAO (SMIA), la Red del Sistema de alerta temprana para casos de hambruna (FEWS NET) del Organismo de los Estados Unidos para el desarrollo internacional (USAID), etc. La Comisión de Meteorología Agrícola (CMAg) de la OMM examina las principales necesidades de información meteorológica de las comunidades agrícola, ganadera, silvícola y pesquera. Una parte importante de esas necesidades se refiere a la información climática. Las comunidades asociadas con el Grupo consultivo sobre investigación agrícola internacional (GCIAI) –especialmente con sus programas relacionados con el clima, como el Programa de Investigación sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS)– podrían contribuir a la identificación de prioridades adicionales de investigación para los servicios climáticos en materia de seguridad alimentaria y agricultura. Los resultados del proyecto sobre “Cambio del Medio Ambiente Mundial y Sistemas Alimentarios” de la Asociación de Investigaciones Científicas sobre el Sistema Terrestre, que se completó en 2011 (Ingram y otros, 2010), y los resultados de los proyectos en curso del CCAFS podrían servir de base para la planificación. Existe una amplia red de investigadores en el sector de la seguridad alimentaria y la agricultura, y se están invirtiendo recursos significativos en esta investigación a través de asociaciones ya establecidas.

Hay numerosos organismos y organizaciones internacionales que coordinan la gestión de recursos hídricos, las actividades hidrológicas y la investigación relacionada. El Proyecto sobre el Sistema Hídrico Mundial (GWSP) de la Asociación de Investigaciones Científicas sobre el Sistema Terrestre encabeza la investigación internacional sobre el agua y la sostenibilidad mundial. El Experimento Mundial sobre la Energía y el Ciclo Hídrico (GEWEX) del PMIC es el principal programa internacional de investigación dedicado a las observaciones, la comprensión, la modelización y la síntesis de la compleja relación existente entre el ciclo de la energía y el ciclo hídrico de la Tierra. Para lograr el buen funcionamiento del MMSC, es fundamental reconocer las oportunidades de contribuciones específicas y de alto impacto de programas líderes de investigación hidrológica, como el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO. El *Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo* de las Naciones Unidas, que se publica cada tres años coincidiendo con el Foro Mundial del Agua, contiene la evaluación más fidedigna sobre el estado de los recursos de agua dulce del mundo y las necesidades relacionadas. La Comisión de Hidrología de la OMM y el Programa de Hidrología y Recursos Hídricos constituyen una fuente valiosa de conocimientos especializados que podría ayudar a establecer la conexión fundamental entre la investigación hidrológica internacional y los servicios de información climática relacionada con los recursos hídricos que deberán suministrarse a las instancias decisorias por medio del MMSC. Las tres iniciativas principales en relación con las correspondientes observaciones son el Sistema mundial de observación del ciclo hidrológico (WHYCOS), comunidad de práctica de Observaciones integradas del ciclo hidrológico mundial (IGWCO) del Grupo de observación de la Tierra (GEO), y varias redes terrestres mundiales: Red terrestre mundial - Hidrología (GTN-H), Red terrestre mundial - Ríos (GTN-R), Red terrestre mundial - Superficie/nivel de los lagos (GTN-L), Red terrestre mundial - Glaciares (GTN-G) y Red terrestre mundial - Permafrost (GTN-P).

La estrategia y el impulso actual de las actividades de la Organización Mundial de la Salud (OMS) encaminados a reforzar la capacidad de evaluación y vigilancia de la vulnerabilidad, los riesgos y el impacto en la salud debido a la variabilidad del clima y cambio climático datan, en su mayor parte, de la Asamblea Mundial de la Salud de 2008, en que se afirmó la necesidad de subsanar las lagunas significativas que hay en los conocimientos y la investigación sobre el clima y la salud. Por ello, la OMS tiene el mandato de seguir trabajando en estrecha colaboración con los organismos competentes de las Naciones Unidas, otros organismos y entidades de financiación, y los Estados Miembros a fin de desarrollar la capacidad necesaria para evaluar los riesgos del cambio climático para la salud y aplicar medidas de respuesta efectivas mediante la promoción de nuevas investigaciones y proyectos piloto en esta esfera. Las cinco esferas prioritarias de esta labor comprenden:

- la interacción del cambio climático con otros factores determinantes y tendencias relacionados con la salud;
- el impacto directo e indirecto del clima en la salud;
- la eficacia de distintas estrategias para hacer frente al impacto climático en la salud;
- las repercusiones en la salud de las estrategias de adaptación al clima y atenuación de sus efectos; y
- los medios para mejorar los sistemas sanitarios públicos.

La OMS también se ha comprometido a apoyar el refuerzo de la investigación aplicada sobre los vínculos entre el clima y las políticas que abordan el cambio climático y los efectos en la salud (D. Campbell-Lendrum y otros, 2009). Hay varios programas de investigación adscritos a la OMS en los sectores del clima y la salud. Un ejemplo de ello es el Programa Especial de Investigaciones y Enseñanzas sobre Enfermedades Tropicales, copatrocinado por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Banco Mundial. Además del programa mundial de investigación dirigido por la OMS (OMS, 2009), otros programas existentes de investigación sobre el clima y la salud son la estrategia científica para el Cambio mundial del medio ambiente y la salud humana de la Asociación de Investigaciones Científicas sobre el Sistema Terrestre (GECHH, 2007), el informe *US-Interagency Report Outlining the Research Needs on the Human Health Effects of Climate Change* (Portier y otros, 2010), y el Programa Especial de Investigaciones y Enseñanzas sobre Enfermedades Tropicales, centrado en el cambio climático y las enfermedades tropicales y desatendidas.

Como se indica en el segundo informe bienal *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction* (UNISDR, 2011), que es un importante medio para comprender y analizar los riesgos mundiales de desastre, las vías nacionales y regionales de desarrollo son sumamente sensibles a los riesgos relacionados con el cambio climático. El Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015 define la estrategia de fortalecimiento de la resiliencia de los países y las comunidades de conformidad con la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres. El Consejo Internacional para la Ciencia y el Consejo Internacional de Ciencias Sociales patrocinan el Programa de investigación integrada sobre los riesgos de desastre (IRDR). El Decimosexto Congreso Meteorológico Mundial ha reconocido que la reducción de riesgos de desastres naturales es una prioridad para la OMM, que se aborda en el Programa de la OMM de reducción de riesgos de desastre. El PMIC está desarrollando la base científica para la atribución y predicción de fenómenos climáticos extremos en tiempo casi real con fines de gestión y atenuación de riesgos. Los principales clientes de información climática sobre desastres naturales son los organismos de protección

civil y las industrias que desarrollan proyectos con riesgos ambientales y aquellos que ofrecen seguros y reaseguros para tales riesgos. Están surgiendo varias plataformas de comunicación e intercambio de experiencias o prácticas en el ámbito de la gestión de riesgos de desastre, por ejemplo, *Understanding Risk* (<http://www.understanding-risk.org>), CAPRA (<http://www.ecapra.org/es/>), etc.

Bajo la dirección de los programas y organismos señalados *supra*, se podrá desarrollar un programa de investigación aplicada para el pilar de investigación, modelización y predicción en las cuatro esferas prioritarias iniciales del MMSC. Para lograr una aplicación práctica de la información climática, esa investigación aplicada debería utilizar la información climática de apoyo disponible. Actualmente, hay dos vías principales de acceso a la información climática, incluidas las predicciones. En primer lugar, en el marco de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM, el Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción genera una gran variedad de productos de información climática en tiempo real y en tiempo no real que pone a disposición de los Miembros. Esos productos comprenden diagnósticos mundiales y regionales relacionados con el clima, como promedios de 10 o 30 días, resúmenes, anomalías, etc. La red de Centros mundiales de producción de predicciones a largo plazo emiten predicciones en escalas temporales que van desde un mes hasta dos años. También se pueden obtener algunos productos información climática de otras fuentes, incluido el proyecto de los Servicios de Información y Predicción del Clima (CLIPS) del Programa Mundial sobre el Clima, que se está trasladando al MMSC. Este trabajo comprende el desarrollo de conceptos para los Centros Nacionales sobre el Clima y los servicios climáticos nacionales, y el establecimiento de Centros Regionales sobre el Clima (CRC) en todo el mundo, así como procesos normalizados para la generación y difusión de productos de los CRC. El Sistema de información de servicios climáticos facilitará un acceso coordinado a esa información climática casi operativa. En segundo lugar, el PMIC y sus asociados también producen productos climáticos experimentales mediante sus actividades mundiales y regionales de predicción y proyección, como el Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP), el Experimento coordinado sobre reducción de escala de modelos climáticos regionales (CORDEX), el Proyecto de predicción histórica del sistema climático (CHFP) y la validación de modelos química-clima (CCMVal). En la escala temporal de la predicción numérica del tiempo (PNT), el Experimento de investigación y predictibilidad de los sistemas de observación (THORPEX), que es un experimento del PMIM, ha habilitado un acceso fiable al Gran conjunto interactivo mundial del THORPEX (TIGGE) de predicciones de condiciones meteorológicas de fuerte impacto de un día a dos semanas. El TIGGE se ha convertido en un punto de referencia para la investigación sobre la predicción por conjuntos y la predictibilidad. El proyecto de Metadatos comunes para los depósitos digitales de modelos climáticos (METAFOR) inició el desarrollo de un modelo de información común para los datos y los resultados derivados de los modelos. Asimismo, los principales centros de todo el mundo están desplegando esfuerzos similares encaminados al análisis y reanálisis de los registros de observaciones históricas y modernas. Se está prestando especial atención a las cuestiones de la disponibilidad y accesibilidad de los datos a través de las redes de información existentes. Por ejemplo, la red del sistema terrestre promueve el acceso abierto y distribuido a los datos e información que están sujetos a un conjunto común de normas, formatos y descripción uniforme de la metodología utilizada para generar los datos, e incluye las características de los errores de la información disponible.

Las dos fuentes principales de información climática coordinadas por la VMM y el PMC, por un lado, y por distintos programas de investigación, por otro lado, funcionan en gran medida de modo independiente. El intercambio de experiencias entre las comunidades pertinentes, la comparación de productos operativos y experimentales, el desarrollo más a fondo de esos productos en colaboración con los usuarios y su interpretación desde la perspectiva de las

aplicaciones prácticas, podrían dar lugar a un cambio significativo en la utilidad de los productos de información climática y agilizar su desarrollo ulterior.

La nueva iniciativa “Tierra Futura”, que seguramente reemplazará a la Asociación de Investigaciones Científicas sobre el Sistema Terrestre y que comprende varios programas de investigación en curso –como el Programa Internacional Geosfera-Biosfera, el Programa Internacional sobre las Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental Mundial (IHDP) y el Programa Internacional de la Ciencia de la Biodiversidad (DIVERSITAS)– podría convertirse en un asociado clave del PMIC en cuanto a su contribución al desarrollo del MMSC.

El desarrollo de capacidad para la investigación sobre el clima y las aplicaciones relacionadas con el clima debería partir de los sólidos vínculos ya existentes con organismos de desarrollo de capacidad profesional y en los compromisos por estos contraídos; por ejemplo, el Sistema de Análisis, Investigación y Capacitación (START), el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), la Red Asia-Pacífico para la Investigación del Cambio Global, y muchos otros organismos de ayuda en el ámbito del cambio climático y la adaptación al mismo, como la Iniciativa de Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático (CCDARE) del PNUD y el PNUMA.

Descripción detallada de las actividades de investigación en las esferas prioritarias del MMSC

En este apéndice se ofrece una descripción detallada de las actividades de investigación en los campos del desarrollo de los servicios climáticos en los sectores de la salud, la seguridad alimentaria y la agricultura, la gestión de recursos hídricos, la reducción de riesgos de desastre, la energía, el transporte, y la protección y gestión de los recursos ambientales.

Actividades de investigación del MMSC sobre la salud y el clima

Los sectores de la salud y el clima ya han desarrollado un programa coherente de actividades iniciales de investigación, basado en el análisis de los factores ambientales determinantes para la salud y las medidas para hacer frente a los problemas relacionados.

Los factores ambientales determinantes para la salud comprenden los efectos directos de las condiciones climáticas en la salud causados, por ejemplo, por la sobrecarga térmica (debido tanto a las condiciones de calor como de frío), la exposición a la radiación ultravioleta, la contaminación del aire, etc., y otros varios factores. La nutrición, la disponibilidad de agua y los desastres naturales también afectan fuertemente al sector de la salud, con consecuencias como:

- el acceso limitado a medicamentos y atención sanitaria debido a la destrucción de la infraestructura sanitaria en crecidas y tormentas, una reducción de los ingresos en los hogares debido al impacto de fenómenos extremos y estrés por la subsistencia, migración y desplazamientos por causa de fenómenos extremos así como habitabilidad a largo plazo mermada, existencias de productos farmacéuticos agotadas durante los fenómenos extremos, menor disponibilidad de personal sanitario cualificado para la atención preventiva debido a su traslado al lugar de una crisis sanitaria;
- debilitamiento de las redes de apoyo tras las pérdidas económicas y de medios de subsistencia agrícola, incluida la desnutrición;
- aumento de riesgos sanitarios debido a la pérdida de viviendas y medios de subsistencia tras un fenómeno extremo; y
- riesgo de aumento de problemas de salud mental debido a la experiencia de fenómenos extremos o la pérdida de familiares y medios de subsistencia.

Deberían ponerse en marcha medidas adecuadas para hacer frente a estas cuestiones mediante actividades en el sector pertinente. Además de los efectos en la alimentación, los recursos hídricos y el riesgo de desastres, hay factores ambientales que afectan a la salud, por ejemplo:

- los efectos de la temperatura en las enfermedades transmitidas por alimentos;
- los efectos de la temperatura, las precipitaciones, la humedad y el polvo en las enfermedades transmitidas por vectores (paludismo, dengue, leishmaniasis, filariasis, esquistosomiasis, tripanosomiasis, fiebre del valle del Rift, kala azar, chikungunya, plagas, etc.);
- los efectos de la temperatura, la humedad, el viento y el polvo en la transmisión de enfermedades (por ejemplo, meningitis);

- los efectos de la temperatura y las precipitaciones en los niveles de contaminación del aire y de aeroalérgenos;
- riesgo de infecciones oculares y enfermedades respiratorias relacionadas con las altas concentraciones de aerosoles/polvo en la atmósfera;
- efectos de la temperatura y las precipitaciones en enfermedades transmitidas por el agua;
- efecto de crecidas y sequías en enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos (por ejemplo, la leptospirosis);
- riesgo de infecciones dermatológicas y oculares (provocadas por unas prácticas de higiene deficientes) relacionadas con la escasez de agua/acceso limitado al agua;
- impacto en la calidad del agua provocado por un aumento de la fertilización;
- riesgo de carencias de micronutrientes provocado por la falta de diversidad alimentaria;
- riesgo de enfermedades diarreicas e infecciones respiratorias (provocadas por unas prácticas de higiene deficientes) relacionadas con la escasez de agua/acceso limitado al agua;
- aparición o propagación de patógenos debido a una pérdida de biodiversidad y cambios en el hábitat de los ecosistemas (cambio en la extensión de los nichos ecológico) causados por el cambio climático;
- efectos de la radiación ultravioleta en el cáncer de piel; y
- pérdida de biodiversidad que reduce la disponibilidad de especies de la medicina tradicional.

Muchas de las tareas de investigación necesarias para abordar los problemas indicados anteriormente, requieren un enfoque y orientación multidisciplinarios (por ejemplo, en el estudio y revisión periódica del programa mundial de investigación o en la elaboración de guías de "mejores prácticas" para la evaluación económica del cambio climático y la salud) o bien, ejecutar proyectos técnicos (como evaluaciones mundiales de la carga de morbilidad actual y futura atribuible al cambio climático). Para garantizar la coherencia, estos procesos deberían tener acceso a conocimientos especializados sobre el clima pertinentes.

Actividades

Se realizará un inventario y evaluación de la información, productos y servicios climáticos disponibles actualmente para el sector de la salud, y utilizados por este, que pueda optimizarse y mejorarse. Sobre la base de ese inventario y de los análisis de las lagunas existentes en los programas de investigación actuales, se realizará una evaluación de lo que se necesita para una gestión óptima de los riesgos relacionados con el clima y la adaptación al cambio climático en el sector de la salud. Para ello, se aprovechará la experiencia positiva derivada de varias iniciativas en el sector del clima y la salud que pueden servir de base para avances futuros. Entre ellas se incluyen, por ejemplo, la reconocida iniciativa de Tecnologías de información sobre el riesgo ambiental de meningitis (MERIT), que ha adquirido una valiosa experiencia en el establecimiento de estrategias de investigación basadas en un diálogo eficaz entre investigadores de la salud, profesionales del sector sanitario y sus homólogos ambientales. También se emplearán y se reforzarán, en la medida de lo posible, las prácticas y los mecanismos existentes, como el Foro sobre la evolución probable del paludismo (MALOF). Se evaluarán los sistemas de alerta sanitaria temprana y los modelos de sensibilidad climática a nivel nacional para identificar las mejores prácticas y normas y los criterios de eficiencia en función de los costos. Se realizará un análisis sistemático de la capacidad/preparación actual de los agentes sanitarios para adoptar decisiones relacionadas con el clima debidamente fundamentadas y elaborar un inventario de enfoques corrientes, en particular, estudios de

casos sobre la ventajas que ofrece la colaboración de los servicios sanitarios y climáticos. También se realizarán investigaciones con miras a evaluar la eficiencia en función de los costos y la relación coste-beneficio de las actividades del sector sanitario fundamentadas en conocimientos climáticos. La mayor parte de esas actividades comenzará en la etapa inicial de ejecución del MMSC y contribuirá al desarrollo del plan de ejecución estratégico de la investigación sobre los servicios climáticos para la salud.

Actividades de investigación del MMSC sobre seguridad alimentaria y agricultura

La dimensión alimentaria de los elementos sustentadores de la vida es sumamente compleja y diversa. La agricultura necesita datos sobre los procesos y fenómenos que afectan al crecimiento y la salud de las plantas (zona y estación), y los procesos que les afectan, como la erosión, la calidad del suelo y el agua, las plagas, condiciones de recolección y almacenamiento de las cosechas y, en última instancia, la elaboración y distribución de los productos alimenticios que afectan a la salud y seguridad humanas. El ganado depende en gran medida de las condiciones de pasto. Los bosques son extremadamente vulnerables a los incendios y las plagas. La pesca y la acuicultura dependen de forma decisiva de una serie de condiciones oceanográficas, biogeoquímicas y ecológicas de las zonas costeras y, como ejemplo, es posible que los interesados quieran conocer a la larga cómo se verán afectados los sistemas de urgencia de las costas por el cambio climático. Todos los sectores de producción y distribución de alimentos son vulnerables a las tormentas y tienen unas necesidades de predicción meteorológica en tiempo real bien definidas. Por lo que se refiere a la información climática, las predicciones combinadas a largo plazo de anomalías de temperaturas y precipitaciones y, en especial, de sus extremos –como las sequías– tienen un valor muy significativo. Las correspondientes necesidades de información climática difieren en cada región, subregión y país.

Actividades

En la etapa inicial de ejecución del MMSC, se elaborará un programa de investigación detallado como guía de las iniciativas mundiales y nacionales de investigación agrícola y seguridad alimentaria. Las actividades de investigación tendrán como objetivo: mejorar la comprensión del impacto del cambio y los extremos climáticos, como las sequías, en los sistemas agrícola y alimentario; desarrollar capacidad para evaluar los riesgos del cambio climático para la agricultura y para aplicar medidas de respuesta efectivas; promover la investigación sobre agricultura sostenible y seguridad en la cadena de suministro alimentario en un clima cambiante; formular las necesidades de información climática para apoyar la investigación sobre el clima y la agricultura en beneficio de la formulación de políticas, la planificación y las actividades agrícolas; y desarrollar argumentos económicos y políticos en favor de la utilización de los servicios climáticos para proteger la agricultura de los riesgos relacionados con el clima.

Actividades de investigación del MMSC sobre los recursos hídricos y su gestión

El sector hídrico es un nexo de desafíos y oportunidades relacionados con los medios de subsistencia de las personas, los ecosistemas y el desarrollo económico. Por una parte, se ve profundamente afectado por la variabilidad del clima y el cambio climático, mientras que por otra, influye en la evolución del clima de la Tierra. El agua es esencial para los alimentos, la energía, el transporte y muchos otros aspectos de los elementos sustentadores de la vida. Las necesidades de información y servicios relacionados con los recursos hídricos varían en

función de la región y de las escalas temporales, según sean a corto o a largo plazo, de días a estaciones y décadas. No obstante, hay tres tipos principales de datos/información que pueden ofrecer ventajas importantes a las aplicaciones relacionadas con los recursos hídricos: 1) niveles y capacidad de los embalses de agua dulce; 2) disponibilidad y accesibilidad del agua; y 3) riesgos relacionados con la cantidad (escasez o exceso) y calidad del agua dulce. Estos dependen de factores ambientales como las precipitaciones, la fusión de nieve/hielo, la evaporación, etc., y de factores humanos como las extracciones, el consumo y la reutilización de agua. Las anomalías en la disponibilidad del agua, incluidas las sequías y las crecidas, dependen de los modos dominantes en la circulación atmosférica y oceánica, las condiciones de humedad de la superficie terrestre y el suelo, y de su variabilidad estacional y a largo plazo. La predicción estacional de estas anomalías a nivel regional, especialmente la predicción de anomalías relacionadas con los sistemas monzónicos aún representa un gran reto para las ciencias climáticas, meteorológicas e hidrológicas.

Actividades

Se desarrollará una estrategia de coordinación e integración de la investigación meteorológica e hidrológica, en particular, modelos hidrológicos y climáticos acoplados para la predicción meteorológica y climática, ya que son fundamentales para el buen funcionamiento del MMSC en este sector. Puesto que la mejora de la calidad de las observaciones y modelos para predecir el comienzo, la distribución y la cantidad de las precipitaciones depende de los progresos en la capacidad para representar en modelos todos los componentes del ciclo hidrológico y los procesos atmosféricos y de la superficie terrestre relacionados, la investigación estará encaminada al desarrollo de una nueva generación de modelos hidrológicos encajados de alta resolución que incluirán aspectos de calidad del agua y biogeoquímica así como de intervención humana, junto con sistemas de asimilación de datos y capacidad de reanálisis. Otro de los objetivos de la investigación será la medición y modelización de nubes y precipitación en una serie de escalas temporales y espaciales. Las ciencias climáticas trabajarán para hacer posible la evaluación del impacto del cambio climático en todos los elementos del ciclo hidrológico a nivel mundial y regional, en particular, sus extremos, incluidas las crecidas y las sequías. Al igual que en el caso del sector de la seguridad alimentaria y la agricultura, se elaborará un programa detallado de investigación en la etapa inicial de ejecución del MMSC como guía para las iniciativas mundiales y nacionales de investigación hidrológica y de recursos hídricos. Las actividades relacionadas con los dos grandes desafíos científicos del PMIC –a saber, la disponibilidad de agua y la criosfera– serán especialmente importantes.

Actividades de investigación del MMSC sobre los servicios climáticos para la reducción de riesgos de desastre

La necesidad de los servicios climáticos nace, en gran medida, de los riesgos sociales relacionados con los fenómenos hidrometeorológicos extremos. El aumento del riesgo se debe, en parte, a que la infraestructura social se está exponiendo cada vez más a los riesgos relacionados con la meteorología a medida que la economía mundial se expande y la población crece y, en parte, obedece también al cambio climático. El suministro de información y alertas sobre condiciones meteorológicas de alto impacto, calidad del aire y fenómenos peligrosos para la salud es un objetivo de alta prioridad para los nuevos sistemas de alerta temprana multirriesgos. La dimensión climática de la reducción de riesgos de desastre plantea dos conjuntos de necesidades principales. El primero es la comprensión (es decir, el desarrollo de conocimientos) de las causas y posibilitar la predicción de fenómenos climáticos extremos

concretos, como las anomalías a largo plazo de temperatura y precipitaciones que provocan sequías, crecidas y tempestades, especialmente en lo que respecta a los ciclones tropicales (tifones, huracanes) y las tormentas extratropicales. El segundo conjunto de necesidades está relacionado con la información de apoyo a los procesos de toma de decisiones, es decir, el uso de conocimientos disponibles, por ejemplo, del clima, definidos como estadísticas meteorológicas. La distribución de la probabilidad de los fenómenos meteorológicos en un clima cambiante no es estacionaria, lo que significa que los períodos de retorno de los fenómenos extremos relacionados con crecidas, aludes, deslizamientos de tierra, sequías, olas de calor, viento, mareas de tempestad, enfermedades relacionadas con la meteorología, etc., están experimentando cambios notables en muchas regiones del mundo. Debido al carácter no estacionario de los registros climáticos actuales, es posible que la información sobre el clima en el pasado ya no sea representativa respecto al futuro. La distribución geográfica de los riesgos ambientales es desigual y existen áreas especialmente expuestas a fenómenos peligrosos, por ejemplo, las zonas bajas de los deltas fluviales así como las zonas que sufren el impacto de ciclones tropicales y crecidas. Por lo tanto, es fundamental establecer las necesidades de información climática a efectos de la toma de decisiones en el sector de la reducción de riesgos de desastre de forma interactiva entre la comunidad de investigación y los usuarios.

La exposición a los peligros se convierte en vulnerabilidad debido a las condiciones socioeconómicas y políticas sistémicas, como la pobreza, el subdesarrollo, la falta de recursos e infraestructuras deficientes. Puede verse agravada por los fallos en la toma de decisiones a largo y corto plazo e incluso por factores culturales que afectan al comportamiento. Por lo tanto, el público al que están destinados los servicios climáticos en el sector de la reducción de riesgos de desastre debería incluir a organismos de gestión pública y desarrollo, como aquellos que se encargan del uso de las tierras y la planificación de los medios de subsistencia.

Actividades

En la esfera de la reducción de riesgos de desastre, la comunidad climatológica invitará a las industrias y las comunidades interesadas a un amplio debate sobre los aspectos de la variabilidad del clima y el cambio climático presentes en la estimación de riesgos de peligro y el fortalecimiento de la seguridad en los sectores vulnerables reconocidos. Esa comunicación dará lugar a un programa general de actividades de investigación sobre la adaptación del sector de la reducción de riesgos de desastre al cambio climático y servirá de base para la evaluación y la reducción de riesgos. Se estudiarán criterios de diseños de ingeniería para industrias específicas relacionadas con los sectores de seguridad y seguros de las actividades. Se propondrán nuevas normas de ingeniería civil y seguridad en las que se tendrán en cuenta las predicciones climáticas y su incertidumbre inherente. Las directrices aceptadas internacionalmente sobre información climática para las normas jurídicas en materia de construcción y seguridad de las operaciones así como una base relacionada para los seguros serán un resultado muy importante de esta iniciativa. Se invitará a expertos del sector de los seguros y reaseguros y se utilizará su experiencia para promover la adopción y ejecución oportunas de nuevas prácticas. Ello puede incluir el desarrollo de productos de transferencia de riesgos financieros para los riesgos agrícolas (como un seguro basado en índices meteorológicos) en los sectores de la agricultura, la gestión de recursos hídricos y la reducción de riesgos de desastres. Además, en este proceso debería reforzarse la disponibilidad de información ambiental de utilidad para la identificación de fenómenos peligrosos inducidos por la variabilidad del clima y el cambio climático, y la preparación de advertencias y avisos a ese respecto. Se fomentará la utilización de predicciones climáticas en las prácticas de evaluación de riesgos de desastre, el desarrollo de sistemas de alerta temprana y el apoyo a las medidas de seguridad.

Actividades de investigación del MMSC en otros sectores

Los productos de información climática habilitados durante la etapa inicial de desarrollo del MMSC para satisfacer las necesidades de las esferas prioritarias iniciales serán también decisivos para la prestación de servicios de información climática en otros ámbitos fundamentales, como la energía, la protección de los ecosistemas y el medio ambiente, la gestión de las zonas costeras y los océanos, el transporte y el turismo, los elementos sustentadores de la vida y la protección del medio ambiente en las megalópolis, la política ambiental internacional, etc. La lista de aplicaciones futuras de los servicios climáticos que figura a continuación no es una lista exhaustiva y sirve solo para dar una idea de los múltiples sectores que necesitan información climática de apoyo adecuada.

Sector de la energía

Las principales preocupaciones ambientales, económicas y de gobernanza en el sector de la generación, suministro, transmisión y consumo de energía son similares a las que existen en los sectores de la agricultura y los recursos hídricos, como refleja una expresión cada vez más popular: el "nexo energía-agua-agricultura". Se han emprendido actividades intensivas de investigación aplicada en este sector y dependen en gran medida de la contribución de las ciencias climáticas. También se están desarrollando actividades de investigación sobre fuentes de energía alternativas y su transmisión, para lo cual se necesitan nuevos tipos de datos sobre, por ejemplo, el régimen de los vientos, la duración de la luz solar, la frecuencia de las tormentas de nieve, las heladas, etc. Actualmente, la producción de energía y el transporte dependen en gran medida de fuentes de combustibles fósiles y se están expandiendo con fuerza en los países en desarrollo.

Actividades

El objetivo de las actividades de investigación será suministrar datos sobre las emisiones de las fuentes de energía y el impacto de esas industrias en el clima mundial. Se fomentará la investigación encaminada a apoyar el crecimiento y la dependencia de la producción de energías renovables (por ejemplo, la energía solar, eólica, bioenergía, etc.) a nivel mundial y regional.

Sector del transporte

Las emisiones de gas de efecto invernadero producidas por el transporte contribuyen notablemente al calentamiento climático y son una fuente de contaminación del aire y del agua. Las necesidades de información y servicios climáticos en el transporte dependen en gran medida del sector y su finalidad suele ser la eficiencia y la seguridad. Por ejemplo, el cambio de las rutas oceánicas y la necesidad de asegurar la capacidad de resistencia al hielo de los barcos o su adecuación a las tormentas constituyen necesidades típicas de información relacionadas con el transporte marítimo. Para los puertos y muelles existe un conjunto bien definido de necesidades de información climática. La principal preocupación sobre la seguridad de los gasoductos y oleoductos terrestres en las regiones frías es la capacidad de carga de los suelos de permafrost. El sector de la aviación y las operaciones aeroportuarias tienen también necesidades muy claras, especialmente en relación con la información climática local.

Actividades

Se estimulará un gran volumen de investigación aplicada en el sector del transporte para garantizar la seguridad y aumentar la eficiencia económica de las operaciones. Se deberían reforzar los aspectos climáticos de los programas de investigación de las comunidades de expertos que trabajan en la industria del transporte y establecer relaciones que permitan incorporar los últimos avances de la investigación climática al desarrollo de aplicaciones prácticas.

Otros sectores principales de la gestión ambiental, en particular el turismo, las megalópolis, la gestión de zonas costeras, etc.

La gestión ambiental es un ámbito de actividad sumamente importante que se está desarrollando a un ritmo muy rápido. Necesita el apoyo de productos de datos climáticos "tradicionales", con un aumento constante del volumen de información ecológica y biogeoquímica dependiente del clima. El principal avance científico que necesita esta esfera es una cobertura precisa mediante observaciones y la representación en modelos predictivos de la interacción entre la variabilidad del clima y el cambio climático, la calidad del aire y el agua, los cambios en la cubierta terrestre y uso de las tierras, la vegetación y todos los demás aspectos de los ecosistemas terrestres, la atmósfera y la biogeoquímica de los océanos. Existe una especificidad regional muy importante en cuanto a la información que se necesita. Por ejemplo, los cambios en la frecuencia e intensidad de las tormentas de polvo son importantes para el norte de África, Oriente Medio y Asia occidental. El cambio climático y su impacto en los aerosoles y la calidad del aire preocupa mucho en otras partes del mundo, especialmente en el sureste de Asia. Esta lista de ejemplos no es exhaustiva, por lo que podría seguir ampliándose.

Las necesidades de información climática en el turismo son muy diversas y requieren un estudio sistemático. Existen distinciones significativas entre las necesidades de información del turismo terrestre –por ejemplo, para los complejos turísticos alpinos, que son sensibles a la disponibilidad de nieve y vulnerables a los fenómenos peligrosos de montaña como los aludes– y los complejos turísticos costeros –que son sensibles al nivel del mar, las tormentas y cambios en la insolación– por nombrar tan solo algunos factores fundamentales. Los aspectos ecológicos y estéticos del medio ambiente y su protección son de una importancia primordial, sobre todo en los servicios de los ecosistemas y la valoración de los recursos naturales como un índice de riqueza nacional. Un aspecto fundamental de los servicios climáticos para el turismo es su impacto ambiental, que debería minimizarse si este es negativo.

La urbanización es una de las características principales de la sociedad moderna; sus repercusiones en todos los aspectos de la vida humana son enormes, así como su huella ambiental. Sus aspectos climáticos deben investigarse. La constante urbanización y migración de la población a las zonas costeras generan una demanda urgente de servicios ambientales especializados, como las predicciones del nivel del mar, las predicciones de amenazas de tormenta, especialmente de ciclones tropicales y de los vientos extremos, las precipitaciones y las mareas de tempestad relacionados. La contaminación de los acuíferos costeros por el agua salada es un problema importante que muestra la dependencia respecto al nivel del mar. La adaptación urbana al cambio climático y la contribución a las estrategias de atenuación de sus efectos requieren una labor activa de investigación e información de apoyo adecuada.

Actividades

Se llevarán a cabo actividades de investigación encaminadas a la representación adecuada de los aerosoles y el ozono en los modelos climáticos y a la mejora continuada de la modelización de los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos. Se desarrollarán métodos para estimar los componentes químicos fundamentales del agua como el carbono, nitrógeno (reactivo), fósforo, sedimentos y otros elementos constituyentes. Se desplegarán esfuerzos para establecer o fortalecer un programa de investigación orientado al clima para apoyar el turismo, el desarrollo urbano y su gestión, y una gestión integrada de las zonas costeras.

Motivación y descripción de las actividades de investigación del pilar de investigación, modelización y predicción en apoyo del suministro de productos básicos de información climática

El conjunto de actividades del pilar de investigación, modelización y predicción con respecto a la información climática básica se centrará en el desarrollo y la mejora del grado de acierto y el valor de los productos correspondientes y en la capacidad de las instancias decisorias para utilizarlos. El objetivo central consistirá en apoyar el desarrollo de los métodos y productos comprendidos en la lista de necesidades universales en materia de productos de información climática que figura en la sección 2.3.4 del presente anexo. Las actividades que se describen a continuación se dividen en tres categorías:

- investigación sobre la predictibilidad del clima y la mejora del grado de acierto de la información de pronóstico en diversas escalas temporales;
- investigación sobre el modo de aumentar el valor de la información climática para su uso en los servicios; e
- investigación sobre las observaciones, su procesamiento y la generación de registros climáticos

Investigación sobre la predictibilidad del clima y mejora del grado de acierto de los pronósticos: escalas temporales subestacionales a estacionales

La investigación sobre la mejora del grado de acierto predictivo en la interfaz tradicional entre el tiempo y el clima es altamente prioritaria, no solo para los servicios meteorológicos sino también para el MMSC. Las predicciones que cubren escalas temporales que van desde semanas hasta estaciones son fundamentales para apoyar distintas decisiones socioeconómicas y estrategias de gestión de riesgos relacionadas con casi todos los sectores del MMSC. Los factores y procesos que determinan la predictibilidad del tiempo y el clima en esas escalas temporales deben estudiarse activamente de modo que puedan reflejarse en las observaciones y representarse en modelos. Entre esos factores figura la Oscilación Madden-Julian, procesos estratosféricos con escalas temporales superiores a las de los procesos troposféricos, calentamiento estratosférico repentino y fenómenos de enfriamiento, efectos de la radiación solar, condiciones iniciales de variación lenta en superficie como la temperatura de la superficie del mar, hielo marino, altura y acumulación de nieve, anomalías en la humedad del suelo y, posiblemente, vegetación. La predictibilidad del clima en las escalas temporales subestacionales está basada en una compleja interacción entre la predictibilidad atmosférica en escalas temporales meteorológicas y el estado y fase de los modos dominantes de la variabilidad atmosférica y oceánica en una escala mayor, como la Oscilación del Atlántico Norte, el modo anular del Sur, el dipolo del océano Índico, El Niño y La Niña. El enfoque de la investigación hacia los modos de convección organizada y las interacciones entre latitudes tropicales y extra-tropicales, en el marco del proyecto del Año de la convección tropical, ha arrojado recientemente resultados prometedores y es posible que sirva para identificar factores de predictibilidad adicionales para regiones de latitud media. Los cambios sin precedentes en las regiones polares –en particular en el Ártico, que está mostrando un calentamiento acelerado, con una notable disminución de la cobertura de hielo marino de varios años– tienen importantes repercusiones en los climas subpolares y de latitudes medias y requieren una investigación específica.

Las predicciones en escalas temporales subestacionales a estacionales dependen fuertemente de la disponibilidad de condiciones iniciales precisas para todos los componentes del sistema Tierra, en particular los que tienen más "memoria" que la atmósfera. De ahí que puedan esperarse progresos en la predicción en escalas subestacionales y estacionales gracias a observaciones más completas, que no solo servirán como medio principal para inicializar modelos climáticos sino también para comprender mejor y perfeccionar la representación en modelos de fenómenos y procesos fundamentales. En los experimentos del PMIC sobre predicciones climáticas estacionales también se ha determinado que, incluso en esta escala climática relativamente corta, es importante asegurar que en los modelos empleados para la predicción estacional se han incluido agentes de forzamiento climático a largo plazo adecuados. En el caso de las predicciones estacionales, se deberá asegurar una actualización de la composición de la atmósfera prescrita en el modelo.

Actividades

Varias actividades de observación, modelización y predicción abordarán la predictibilidad y el grado de acierto predictivo en la escala temporal subestacional a estacional.

Desde una perspectiva a corto plazo, el enfoque inicial se dirigirá a la mejora de las predicciones en una escala temporal subestacional. Este será el objetivo perseguido por las comunidades de modelización climática y meteorológica a través de la iniciativa conjunta subestacional a estacional (S2S) del PMIM y el PMIC, que se desarrollará en colaboración con el sistema de la OMM para predicciones a largo plazo y apoyándose en la experiencia de la base de datos para predicciones a medio plazo (de hasta 15 días) del Gran conjunto interactivo mundial del THORPEX (TIGGE) y el Proyecto de predicción histórica del sistema climático (CHFP) para predicciones estacionales. Se incluirá también la investigación y modelización de procesos de convección multiescalar, la interacción océano-atmósfera y atmósfera-océano, los modos tropicales dominantes de variabilidad atmosférica y la evaluación de las necesidades de investigación para la identificación y captura de la predictibilidad de las fases monzónicas. Se examinarán los procedimientos de especificación de las condiciones iniciales para las predicciones subestacionales. Se prevé que el proyecto se prolongue durante cinco años con el objetivo de demostrar las ventajas iniciales en los dos próximos años. La predicción en las zonas polares en la interfaz del tiempo y el clima será un objetivo perseguido por el PMIM por medio del Proyecto de predicción polar, que es una contribución al Sistema mundial integrado de predicciones en las zonas polares (GIPPS). Ciertos grupos de trabajo profesionales existentes, como el Grupo de trabajo sobre investigación y aplicaciones sociales y económicas del PMIM, tienen la intención de efectuar un análisis de las ventajas socioeconómicas de esta investigación y formular recomendaciones que ayuden a maximizar dichas ventajas. Se formularán más recomendaciones sobre la utilización de los resultados de las investigaciones en ámbitos de aplicación importantes a nivel práctico, por ejemplo, en el estudio de la predictibilidad estacional de la actividad de los ciclones tropicales.

La estrategia para mejorar el grado de acierto del sistema de predicción numérica en múltiples escalas temporales está asociada con el uso de conjuntos de modelos "acoplados" (atmósfera, océanos, superficie terrestre y criosfera), inclusión implícita (parametrización) y resolución explícita de todos los procesos significativos que determinan las interacciones entre los distintos componentes del sistema climático y la creación de lo que se conoce como serie de predicciones sin discontinuidad que optimizará los productos a largo plazo basados en la información ya disponible para escalas temporales más cortas. Para ello, seguramente se necesitará una gama de modelos adaptados a necesidades específicas de predicción y proyección, con un intercambio óptimo de códigos e infraestructuras de modelos de manera

que permita y fomente una configuración flexible del sistema de modelización para el problema en cuestión. Además de optimizar los listados de modelos, este enfoque podría ofrecer ventajas importantes gracias a la utilización exhaustiva de la información disponible para todas las escalas temporales en la preparación de una predicción. Se realizarán actividades específicas de investigación para comenzar la ejecución, al menos, de los elementos iniciales de este amplio enfoque de predicción y evaluar la relación coste-beneficio por lo que se refiere a la mejora del grado de acierto de las predicciones frente a las necesidades de recursos y la complejidad de desarrollo. La coordinación del desarrollo de modelos climáticos continuará a través de comparaciones, la evaluación de modelos basados en procesos y el desarrollo de guías sobre el uso de esquemas de predicción por conjuntos (multimodelo). Se evaluará el grado de acierto actual de la modelización y predicción de la precipitación y sus anomalías para formular recomendaciones sobre la forma de mejorarlo.

Se investigarán las teleconexiones e interacciones entre latitudes tropicales y extratropicales y entre la troposfera y la estratosfera, en particular, los medios de representación de sus elementos predecibles en modelos. También se investigará la predictibilidad estacional de las regiones polares y subpolares, especialmente con respecto a los cambios rápidos que se están produciendo en estas regiones y las nuevas necesidades en cuanto a servicios. Igualmente, se examinará sistemáticamente la capacidad de los modelos predictivos para simular de un modo adecuado los flujos de energía, masa e impulso entre la atmósfera y el océano o superficie subyacentes, ya que se trata de un requisito previo para explotar la predictibilidad asociada a la variabilidad del clima a largo plazo y la interacción de la atmósfera con la capa superior del océano subyacente, la termoclina oceánica y la capa superior del suelo.

La investigación en el marco del pilar de investigación, modelización y predicción tendrá por objeto la mejora de las predicciones determinísticas (por ejemplo, un solo modelo) y probabilísticas (por ejemplo, conjuntos de modelos y evaluación de la incertidumbre) de fenómenos significativos y las variables correspondientes, como olas de calor, olas de frío, fases monzónicas, anomalías de la precipitación y la temperatura del aire, características de la temporada de ciclones tropicales, condiciones del hielo marino, etc.

Investigación sobre la predictibilidad del clima y mejora del grado de acierto de los pronósticos: escalas temporales decenales a centenarias

La escala temporal decenal a centenaria es sumamente importante para la adaptación al cambio climático y la variabilidad del clima. No obstante, se trata de una escala en que es muy difícil estimar la viabilidad y fiabilidad de las predicciones y proyecciones climáticas. Por ello, se necesitan enormes esfuerzos por parte de la comunidad de investigación climática para hacer frente a los correspondientes retos científicos y tecnológicos a fin de apoyar las principales decisiones de gobernanza a nivel mundial, regional, nacional y local.

La calidad de las proyecciones para el clima futuro en la escala temporal decenal a centenaria depende de la calidad de los datos a largo plazo para el forzamiento radiativo, que se ve afectado por la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, incluido el dióxido de carbono, metano, ozono, óxido nitroso, halocarbonos, nitrógeno reactivo y partículas –con inclusión de carbono negro y polvo mineral– así como la precisión de tratamiento en los modelos de procesos de retroefecto relacionados con las nubes y el vapor de agua atmosférico y los procesos de la superficie terrestre. Por lo tanto, la evolución de la concentración y distribución de los agentes de forzamiento radiativo es un factor determinante en las proyecciones del clima futuro. Su especificación es el resultado de los supuestos en cuanto a

emisiones futuras de gases de efecto invernadero de origen antropógeno, especialmente de dióxido de carbono, partículas y sustancias que agotan la capa de ozono.

En el 17º período de sesiones de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se estableció un proceso que contempla un acuerdo jurídico sobre el cambio climático para 2015. Los avances en materia de investigación climática contribuirán a este proceso proporcionando directrices pertinentes sobre políticas de mitigación, en particular, parámetros informativos tales como las emisiones acumulativas de carbono, responsables de una elevación prácticamente irreversible de las temperaturas a lo largo de cientos o miles de años, y la consideración de los forzadores climáticos de vida corta, cuya reducción permitiría "recortar el pico" del calentamiento en escalas temporales más cortas. Para apoyar de forma adecuada la adaptación al cambio climático y la atenuación de sus efectos, se debería seguir desarrollando una mejor comprensión de la evolución del clima pasado y futuro y de los factores de forzamiento que lo determinan, y propiciando proyecciones y reconstrucciones climáticas más completas, investigación y observaciones de la química atmosférica más regulares. Esto es competencia del programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM y de algunos proyectos de investigación como el Proyecto Internacional de la Química de la Atmósfera Global (IGAC) del Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB) y el proyecto sobre Procesos estratosféricos y su función en el clima (SPARC) del PMIC. Para propiciar los servicios correspondientes, se necesitará un suministro operativo más duradero de productos de la VAG y un mayor apoyo a su infraestructura.

Para las escalas temporales decenales y a más largo plazo, se impone la necesidad de desarrollar investigaciones cuantitativas que apoyen la evaluación de la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático y las medidas de adaptación al mismo. En el reciente análisis de las prioridades mundiales de investigación del PRO-VIA (PRO-VIA, 2013) se han señalado 33 materias de investigación, que comprenden las siguientes:

- desarrollo de sistemas de indicadores y vigilancia,
- cuantificación de la vulnerabilidad y los riesgos de fenómenos climáticos extremos,
- potenciación de la reducción de la vulnerabilidad y las soluciones de adaptación,
- mejora de los enfoques a la adaptación,
- mejora de la comunicación y la participación de las partes interesadas y del público,
- estudio de las necesidades específicas de adaptación en sistemas y regiones importantes, y
- puesta en marcha de investigaciones sobre temas emergentes relacionados con la adaptación.

Las comunidades de las ciencias climáticas y de la vulnerabilidad, impacto y adaptación tienen muchos intereses en común. Comparten varios enfoques metodológicos. Por ejemplo, los investigadores del impacto climático están empezando a realizar grandes comparaciones de modelos y análisis de la incertidumbre similares a aquellos desarrollados y utilizados habitualmente por los climatólogos. Cabe esperar que vayan surgiendo necesidades de información climática adaptada al usuario a medida que los modelos de impactos y adaptación van ganando precisión con el tiempo. Los nuevos métodos de incorporación de la información climática (especialmente sobre la variabilidad de alta frecuencia) a las evaluaciones del impacto requieren una mayor atención, tanto con respecto a las técnicas de aplicación como a la solidez de la información transferida.

Las zonas costeras están sujetas a riesgos muy importantes debido a la incertidumbre en las evaluaciones del nivel futuro del mar, tanto en su promedio mundial como en las variaciones regionales. Observaciones recientes indican que existe la probabilidad de que se produzca un aumento acelerado del nivel del mar si se compara con las estimaciones realizadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en su Cuarto Informe de Evaluación (AR4) de 2007. Existen aún incertidumbres importantes relacionadas con la falta de conocimientos sobre todos los mecanismos que participan en la respuesta de las capas de hielo al calentamiento del clima y el potencial de la amplia gama de factores de forzamiento. Los progresos de la investigación sobre el nivel del mar son muy rápidos, pero los problemas que aún persisten siguen siendo todo un reto. También existe una necesidad clara de plasmar las conclusiones de las evaluaciones del nivel del mar en guías efectivas para la protección y gestión de las zonas costeras.

Actividades

Para la escala temporal decenal a centenaria, la comunidad de investigación climática seguirá trabajando en predicciones decenales y proyecciones centenarias experimentales del cambio climático y de los cambios en la variabilidad del clima. El objetivo será la identificación de los fenómenos que ofrecen algún grado de predictibilidad, mejorando los sistemas de observación y asimilación de datos que capturarán la señal de predictibilidad en las condiciones iniciales de la predicción, desarrollando sistemas de predicción capaces de representar de forma realista los procesos asociados con todas las formas de predictibilidad del clima, y procesar los resultados de estos sistemas para proporcionar predicciones probabilísticas con un grado de acierto suficiente dirigidas a objetivos de planificación y toma de decisiones. La investigación sobre la predicción decenal de la variabilidad multidecenal del océano Atlántico y la variabilidad decenal del océano Pacífico muestra unos resultados más objetivos para el sector del Atlántico, que podrían ser decisivos para una posterior predicción de las variaciones climáticas en Europa, África y partes de las Américas. Ese será el acento de los principales esfuerzos de investigación experimental. Tras grandes erupciones volcánicas, se producen algunos cambios coherentes en la atmósfera mundial. Si se produce una erupción de ese tipo, podría ser necesario considerar su impacto en la predicción del clima en escalas temporales decenales y en la proyección climática en escalas de tiempo centenarias.

Se seguirá realizando una investigación sistemática sobre los agentes de forzamiento radiativo del clima y sobre escenarios de emisiones futuras de gases de efecto invernadero de origen antropógeno, partículas y sustancias que agotan la capa de ozono. Se validarán las emisiones pasadas y presentes y los flujos de agentes de forzamiento radiativo comparándolos con los flujos y concentraciones observados de estos gases. Esta validación constituirá una contribución fundamental al desarrollo de un sistema integrado de información mundial sobre gases de efecto invernadero. Para proporcionar la mejor información posible en la adopción de medidas de mitigación del cambio climático, se utilizarán reanálisis y proyecciones del clima que usan sistemas de modelos que hayan sido comparados con observaciones de gases de efecto invernadero y sus flujos, y que hayan demostrado un grado de acierto al describir el ciclo de los agentes de forzamiento radiativo.

Un resultado concreto importante de la investigación del clima será su contribución al Quinto Informe de Evaluación del IPCC que se publicará próximamente. En esta evaluación se incluyen cuatro informes, concretamente sobre las bases científicas físicas; impactos, adaptación y vulnerabilidad; mitigación del cambio climático; y un informe de síntesis. Tras la publicación del Quinto Informe de Evaluación, que comenzará en 2013, será necesario revisar

y ajustar a la luz de las nuevas conclusiones las actividades de investigación, modelización y predicción del MMSC y otros componentes del Plan de ejecución del MMSC. Entre las posibles orientaciones y temas de la investigación futura se incluye la función de los forzadores climáticos de vida corta y larga en el cambio climático, los cambios en la frecuencia con que ocurren fenómenos extremos de temperatura, precipitación, tormentas tropicales y extratropicales en un clima cambiante, las variaciones de la actividad de los ciclones tropicales en la escala temporal decenal, los procesos de intercambio de gases de efecto invernadero con los ecosistemas terrestres, las interacciones de nubes, aerosoles, precipitación y radiación y cómo contribuyen a la sensibilidad del clima, aplicando una serie de enfoques científicos que incluye una jerarquía de modelos, etc. Se está planificando un volumen significativo de investigación sobre la vulnerabilidad, el impacto y la adaptación (PRO-VIA, 2013).

Se desarrollará un amplio programa de investigación sobre todos los factores que contribuyen al cambio del nivel medio y regional del mar, con el objetivo de reducir notablemente la incertidumbre restante y desarrollar recomendaciones informativas para la gestión de zonas costeras. Se apoyará en actividades conexas de otros sectores y en los resultados del Quinto Informe de Evaluación del IPCC. Entre los numerosos productos específicos futuros, el PMIC, en colaboración con asociados como la Vigilancia de la Criosfera Global de la OMM, se esforzará por producir una evaluación del estado de la criosfera en el siglo XXI con estimaciones de las contribuciones criosféricas a los recursos hídricos futuros y una evaluación de las variaciones regionales en el aumento del nivel mar, con guías sobre los niveles del mar extremos previstos.

Cuestiones más difíciles de las ciencias de predicción del clima

Existen varios problemas sumamente complejos en las ciencias climáticas, para los que el progreso en el desarrollo de técnicas basadas en modelos predictivos eficaces ha sido más lento de lo deseable. Entre ellas figura la predicción de las fases monzónicas y las precipitaciones relacionadas, "bloqueos", atribución de tendencias y variaciones en la actividad de los ciclones tropicales y, hasta cierto punto, la reducción de algunos errores sistemáticos en los modelos climáticos. El logro de avances en estos ámbitos de la investigación climática no puede preverse con precisión, ni siquiera garantizarse. Unos mayores avances en la capacidad informática permitirán un desarrollo coordinado de modelos climáticos más sofisticados y experimentación relacionada enfocada hacia la dinámica de los modelos, procesos de capa límite, nubes, convección, precipitación (incluido el uso de "sobreparametrización" para un tratamiento más explícito de algunos procesos a escala subreticular), ondas de gravedad, aerosoles, procesos en la superficie terrestres, y sus interacciones en todas las escalas. Cualquier resultado positivo logrado al abordar estos problemas "pertinaces" de las ciencias climáticas será comunicado para aplicarlo en servicios más operativos y con fines de toma de decisiones.

Tratamiento de la incertidumbre y mejora de la toma de decisiones sobre riesgos relacionados con el clima

Debido a la no linealidad inherente al sistema, se da por supuesto que el plazo de la posible predicción determinística eficaz del tiempo y sus elementos es de hasta dos semanas. Sin embargo, la predicción del clima y sus anomalías es posible, en cierta medida, porque se trata de una predicción basada en estadísticas meteorológicas, que evoluciona en escalas temporales más largas debido a varias razones, como el forzamiento antropógeno y natural, y se modula mediante la interacción de la atmósfera con el océano y la tierra y el ciclo anual.

El uso de conjuntos multimodelos contribuye a la evaluación de la incertidumbre de las predicciones climáticas, en particular, al relacionarla con la dispersión de trayectorias de predicciones climáticas concretas. Este enfoque puede ser utilizado de modo muy eficaz para la predicción meteorológica y predicciones climáticas a corto plazo, pero con frecuencia es imposible validar las proyecciones climáticas a largo plazo comparándolas con las observaciones. Por ello es necesario evaluar su credibilidad a través de múltiples líneas de pruebas, como el acuerdo de modelos y métodos, la eficacia de los modelos en la representación de los climas observados y los procesos clave, la comprensión de los efectos de las tendencias sistemáticas de los modelos y la comprensión de los procesos en los que se basan las respuestas proyectadas. La complejidad de todos estos enfoques representa una gran laguna que existe actualmente entre las necesidades de los usuarios de información de valor y aplicable y la capacidad de los servicios climáticos para satisfacer esas necesidades.

Para que la investigación climática resulte útil a los servicios de información climática, esta tiene la obligación de proporcionar una orientación eficaz sobre la información climática y permitir a los usuarios explotarla de un modo más sencillo y eficiente, minimizando las posibilidades de errores de interpretación y uso incorrecto de información climática compleja y ayudando a entender los límites del uso de la información climática. En última instancia, los usuarios están interesados principalmente en el *valor* que ofrece el uso de información de predicciones, algo que es claramente diferente de su calidad o incertidumbre. El valor se refiere a las ventajas derivadas del uso de la información climática y, por lo tanto, está relacionado con la capacidad de los usuarios para tomar decisiones documentadas y gestionar los riesgos climáticos. Los enfoques para documentar las decisiones sobre asuntos dependientes del clima pueden ser un aspecto específico de las esferas prioritarias de Marco.

Actividad

Esta actividad se enfocará hacia la mejora de la capacidad de los usuarios para incorporar información climática imprecisa en sus procesos de toma de decisiones a fin de prepararse y gestionar los riesgos relacionados con el clima. En el marco de esta actividad, tanto los usuarios como los proveedores de información climática participarán en el desarrollo de técnicas que permitan la extracción de información útil y aplicable a sus decisiones y una explotación más eficaz de las capacidades de predicción emergentes en las ciencias del clima. Por ejemplo, se revisarán los conocimientos existentes en esta esfera y se desarrollarán guías sobre la caracterización de la función de densidad de probabilidades de las condiciones climáticas previstas y la optimización de la información, productos y servicios climáticos para usuarios con necesidades reconocidas. También se tendrán en cuenta modos complementarios de estimar la incertidumbre de los conjuntos multimodelos. Los estudios de casos interdisciplinarios demostrarán el modo en que la información climática existente puede mejorar la toma de decisiones para cada uno de los sectores prioritarios del Marco. Se desarrollará un proyecto de investigación multidisciplinar cuyo objetivo será la mejora de los procesos de toma de decisiones y la gestión de riesgos climáticos.

Observaciones climáticas basadas en investigaciones y desarrollo de conjuntos de datos

La mayor parte de las actividades propuestas en esta esfera se describen en el Anexo de observaciones y vigilancia. El desarrollo, la optimización y el sostenimiento del sistema de observación del clima son importantes requisitos del MMS. En el Anexo de investigación, modelización y predicción se describen solo actividades que hacen hincapié en el componente de la investigación.

En la esfera de las observaciones, (re)procesamiento y (re)análisis de las observaciones históricas, hay una necesidad apremiante de investigar y desarrollar técnicas de observación que permitan salvar las brechas existentes en las observaciones de las regiones polares y montañosas (por ejemplo, climas fríos), mejorar las observaciones en océanos profundos y la parte superior de la atmósfera, y comenzar a observar más activamente las variables atmosféricas, oceánicas, químicas terrestres y biológicas. La investigación científica puede contribuir también formulando argumentos en favor de inversiones sostenibles en los sistemas de observación mediante la demostración del valor añadido de los nuevos productos que surjan de ellas. También existe la necesidad de garantizar que los sistemas modernos de observación incluyan variables importantes para la inicialización, calibración y validación de modelos climáticos predictivos. Esto comprende las observaciones oceánicas y de la capa de hielo marino. El Experimento mundial de asimilación de datos oceánicos (GODAE) ha sentado las bases de la asimilación de datos oceánicos para la detección del cambio climático y para predicción climática experimental. Ahora, las observaciones oceánicas pueden ser asimiladas regularmente por los modelos para producir conjuntos de datos coherentes que representen el estado del océano hasta una profundidad suficiente.

Tal como se ha mencionado anteriormente, se necesitan avances importantes en la comprensión de la evolución pasada y actual; por ello, las observaciones de la química atmosférica y oceánica deben incluir distribuciones espaciales y temporales de los gases de efecto invernadero de vida larga, sustancias reactivas, aerosoles y las estimaciones correspondientes de forzamiento radiativo. Por ejemplo, muchas observaciones importantes relacionadas con la química se desarrollan y llevan a cabo principalmente en el ámbito de la investigación y con frecuencia en instituciones académicas. Esta investigación se ocupa de la composición química y las propiedades físicas de los flujos de carbono de aerosoles, entre la superficie de la Tierra y la atmósfera, y de los mecanismos de retroefecto entre los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y el carbono. La vitalidad del programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM, que está impulsado en gran medida por instituciones académicas y orientado hacia la investigación, es decisiva para la exploración mundial y el trazado de mapas de los gases de efecto invernadero y los aerosoles en el contexto del forzamiento radiativo. Es necesario dar un carácter más operativo a esas observaciones, realizadas en modo de investigación, de un modo sistemático y activo.

Actividades

La investigación sobre observaciones climáticas satelitales continuará, incluidos sus algoritmos y calibración (Trenberth y otros, 2011). Se creará un Procesamiento continuado y coordinado de datos satelitales medioambientales para la vigilancia del clima (SCOPE-CM) casi operacional. Se desarrollará la recuperación de algoritmos para otras variables climáticas esenciales y se crearán registros de datos climáticos fundamentales y registros de datos climáticos temáticos. Se estudiarán las posibilidades de realizar calibraciones cruzadas eficaces para sensores satelitales nuevos y antiguos, que requieren un mayor aporte científico. Se utilizarán observaciones y análisis independientes realizados por otros medios y sistemas para aumentar la fiabilidad de las conclusiones sobre distintos aspectos de la detección de la variabilidad del clima y el cambio climático. Se realizará una evaluación internacional de las prioridades de investigación necesarias para salvar las brechas existentes en la continuidad de la vigilancia del clima, su precisión y eficiencia, tanto desde el espacio como *in situ*, y se desarrollará un sistema mundial operativo de observación del clima. Esta evaluación dará lugar a recomendaciones para la transición desde la fase de investigación hasta la de capacidad operativa y se identificarán las duplicaciones necesarias para evitar lagunas decisivas en las

observaciones pertinentes al clima dirigidas por numerosos organismos nacionales e internacionales.

En los organismos y centros participantes se seguirán reprocesando datos climáticos coordinados intensivos de investigaciones. El alcance y el período de cobertura de los reanálisis meteorológicos se ampliarán y se pondrán en marcha nuevos tipos de reanálisis (por ejemplo, química atmosférica, criosfera, etc.), en particular aquellos que impliquen el acoplamiento entre distintos componentes del sistema climático. Se seguirán desarrollando las normas sobre los metadatos y la indicación de la "madurez" de los conjuntos de datos. Continuará el desarrollo de normas para la presentación y documentación de datos climáticos generados por modelos y observaciones tras la convención de metadatos sobre Clima y predicción (CF). El reprocesamiento y reanálisis de los datos, así como las observaciones e investigaciones paleoclimáticas, obtendrán grandes ventajas gracias al fortalecimiento de las actividades de rescate de datos propuestas en el Anexo del pilar de observaciones y vigilancia.

El pilar de investigación, modelización y predicción aumentará cada vez más la accesibilidad de los datos climáticos pertinentes. Se fomentará la creación de un solo depósito de recursos para todos los conjuntos de datos de observaciones procesados y reticulados, que sea similar al archivo de datos de modelos del Proyecto de comparación de modelos acoplados y ofrezca a los usuarios un fácil acceso a datos/información en un formato normalizado, lo que facilitará su comparación y mención precisa; para ello, seguramente se adoptará el enfoque propuesto por la iniciativa de Observaciones para la comparación de modelos (Obs4MIPS). Se seguirán desarrollando las normas y convenciones sobre metadatos, como la CF, y la indicación de la "madurez" de los conjuntos de datos. De manera similar, el PMIC continuará comunicando de forma generalizada todos los aspectos de las actividades de reanálisis para crear una base de conocimientos para todos los usuarios de reanálisis y facilitar un mayor desarrollo y uso de los productos de reanálisis, más allá de los grupos de usuarios actuales altamente especializados (<http://reanalysis.org>). Esta labor se coordinará con el CSIS y se apoyará en la capacidad, funcionalidad y normas de datos aportados por el Sistema de información de la OMM (SIO).

Sobre la base de los resultados de los estudios de predictibilidad, se fomentarán las necesidades de avanzar en las observaciones oceánicas, en particular en las regiones polares. Se intensificará la investigación sobre asimilación de datos para la temperatura oceánica, salinidad y topografía dinámica en todos los océanos, con inclusión de las aguas abisales, más de lo que ofrece en la actualidad el programa Argo. Para este fin se utilizarán nuevos sensores satelitales. Ello permitirá proporcionar síntesis de nuevos datos oceánicos y la producción de una gama de predicciones oceanográficas, en particular, la predicción de hielo marino en las regiones polares y mares marginales que tengan una capa de hielo. También se promoverán sistemas de observación de ecosistemas y biogeoquímica oceánica.

Tal como se indica en el anexo del pilar de observaciones y vigilancia, se desarrollará un sistema de información mundial integrado de gases de efecto invernadero y se mejorarán las mediciones de las químicas a nivel regional. Esto permitirá proporcionar información regional específica oportuna relacionada con el calentamiento provocado por los gases de efecto invernadero, el ritmo al que aumentan los gases de efecto invernadero y proyecciones para las décadas futuras, período en el que se pondrán en marcha medidas de adaptación y sobre las que dependerá el éxito de estas. Se asegurará la coordinación necesaria entre la OMM, el SMOC, la estrategia sobre el carbono del Grupo de observación de la Tierra (GEO) y entre proyectos regionales como el Sistema Integrado de Observación del Carbono (ICOS) en Europa, el Carbon North America (CarboNA) y otros esfuerzos similares así como entre las redes existentes en todo el mundo.

Lista de referencias

Asrar, G. R., A. Busalacchi y J. Hurrell, 2012: *Developing plans and priorities for climate science in service to society*, *Eos, Transactions American Geophysical Union*, Volumen 93, N° 12, p. 128, DOI: 10.1029/2012EO120007

Brunet, G., y otros, 2010: *Toward a seamless process for the prediction of weather and climate: the advancement of sub-seasonal to seasonal prediction*. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 91, 1397-1406

D. Campbell-Lendrum y otros, 2009: *Health and climate change: a roadmap for applied research*. *The Lancet*, v. 373, Issue 9676, pp. 1663 - 1665, doi:10.1016/S0140-6736(09)60926-0

Giorgi, F., C. Jones, y G.R. Asrar, 2009 : *Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework*. *World Meteorological Organization Bulletin*, Volumen 58, N° 3, pp. 175-183

Global Environmental Change and Human Health: Global Environmental Change and Human Health. Science Plan and Implementation Strategy (GECHH), 2007: U. Confalonieri y A. McMichael (Eds.), ESSP Report No. 4, 90 pp.

Informe del Equipo especial de alto nivel, 2011: *Del conocimiento climático a la acción: Marco Mundial para los Servicios Climáticos – potenciar la capacidad de los más vulnerables*

Ingram, J., P. Erickson, y D. Liverman (Eds.), 2010: *Food security and global environmental change*. 2010, ISBN 978-1-84971-127-2 (hardback) – ISBN 978-1-84971-128-9 (pbk.)

Lemos, M., y otros, 2012: *Building adaptive capacity to climate change in less developed countries*. - WCRP OSC position papers, <http://conference2011.wcrp-climate.org/documents/Lemos.pdf>

Nobre, C., y otros, 2010: *Addressing the complexity of the Earth system*. *Bull Amer. Met. Soc.*, 91, 1389-1396

OMM, 2009: *Informe del Equipo especial de investigación del Consejo Ejecutivo sobre problemas y oportunidades de las investigaciones climáticas, meteorológicas, hidrológicas y medioambientales*, OMM/DT-N° 1496

OMS 2009: *Protecting health from climate change. Connecting science, policy and people*. WHO, 36 pp.

PMIC, 2005: *WCRP Strategic Framework 2005-2015 “Coordinated Observation and Prediction of the Earth System”*, agosto de 2005, WCRP-123, WMO/TD-No. 1291

PMIC, 2009: *WCRP Implementation Plan 2010-2015*, WCRP, 2009, WMO/TD-No. 1503

PMIC, 2013: *Informe sobre los logros del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas*, Informe de la OMM N° 3/2013, 82 pp.

PMIM, 2009: *Strategic Plan for the Implementation of WMO's World Weather Research Programme (2009-2017)*, WWRP 2009-2, WMO/TD-No. 1505

Portier, C.J., y otros, 2010: *A Human Health Perspective on Climate Change. Environmental Health Perspectives and the National Institute of Environmental Health Sciences*, www.niehs.nih.gov/climatereport

PRO-VIA, 2013: *Global Research Priorities of PROVIA* (en preparación)

Shapiro, M.A., y otros, 2010: *An Earth-system prediction initiative for the 21st century*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 91, 1377-1388

Sivakumar y otros, 2010: *El cambio climático y la demanda de servicios climáticos para un desarrollo sostenible*

SMOC, PMIC, PIGB, 2008: *Future Climate Change Research and Observations: WCRP and IGBP Learning from the IPCC Fourth Assessment Report*, GCOS-117, WCRP-127, IGBP-58, WMO/TD No. 1418

Trenberth, K.E., y otros, 2012: *Challenges of a sustained climate observing system*. - WCRP OSC position papers, <http://conference2011.wcrp-climate.org/documents/Trenberth.pdf>

UNISDR, 2011: *Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas, edición en línea, ISBN 978-92-1-132030-5, <http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/home/index.html>

Acrónimos utilizados

CAPRA	Plataforma de Información sobre Riesgos de Desastres
CarboNA	Carbon North America
CCA	Comisión de Ciencias Atmosféricas
CCAFS	Programa de Investigación sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria
CCI	Comisión de Climatología de la OMM
CCMVal	validación de modelos química-clima
CHFP	Proyecto de predicción histórica del sistema climático
CHi	Comisión de Hidrología de la OMM
CIUC	Consejo Internacional para la Ciencia
ClIC	Proyecto relativo al clima y a la criosfera
CLIPS	Servicios de Información y Predicción del Clima (CLIPS) del PMC
CLIVAR	Proyecto de variabilidad y predecibilidad del clima
CMIP	Proyecto de comparación de modelos acoplados
CMIP5	Proyecto de comparación de modelos acoplados, fase 5
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CMOMM	Comisión Técnica Mixta OMM/COI sobre Oceanografía y Meteorología Marina
COI	Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO
CORDEX	Experimento coordinado sobre reducción de escala de modelos climáticos regionales del PMIC
CRC	Centro Regional sobre el Clima
CSB	Comisión de Sistemas Básicos de la OMM
CSIS	Sistema de información de servicios climáticos
CTB	Banco de pruebas climáticas
DPFS	División de proceso de datos y de predicción
EC-RTT	Equipo especial de investigación del Consejo Ejecutivo de la OMM
ESSP	Asociación de Investigaciones Científicas sobre el Sistema Terrestre
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FEWS NET	Sistema de alerta temprana para casos de hambruna del USAID
FREPC	Foro regional sobre la evolución probable del clima
GCIAI	Grupo consultivo sobre investigación agrícola internacional
GECHH	Cambio mundial del medio ambiente y la salud
GEO	Grupo de observación de la Tierra
GEWEX	Experimento Mundial sobre la Energía y el Ciclo Hídrico
GODAE	Experimento mundial de asimilación de datos oceánicos
GTN	Red terrestre mundial
GTN-G	Red terrestre mundial - Glaciares
GTN-H	Red terrestre mundial - Hidrología
GTN-L	Red terrestre mundial - Superficie/nivel de los lagos
GTN-P	Red terrestre mundial - Permafrost
GTN-R	Red terrestre mundial - Ríos
GWSP	Proyecto sobre el Sistema Hídrico Mundial
HLT	Equipo especial de alto nivel
IAI	Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global
IASC	Comité Internacional de Ciencias del Ártico

ICOS	Sistema Integrado de Observación del Carbono
IGAC	Proyecto Internacional de la Química de la Atmósfera Global
IGFA	Grupo Internacional de Organismos de Financiación para la Investigación sobre el Cambio Mundial
IHDP	Programa Internacional sobre las Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental Mundial
IRDR	investigación integrada sobre los riesgos de desastre
IRI	Instituto internacional de investigación sobre el clima y la sociedad
MALOF	Foro sobre la evolución probable del paludismo
MERIT	Tecnologías de información sobre el riesgo ambiental de meningitis
METAFOR	Metadatos comunes para los depósitos digitales de modelos climáticos
MMSC	Marco Mundial para los Servicios Climáticos
NCAR	Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (Estados Unidos)
NOAA	Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (Estados Unidos)
OBS	Observaciones y vigilancia
Obs4MIPS	iniciativa de Observaciones para la comparación de modelos (NASA)
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
PEID	pequeños Estados insulares en desarrollo
PHI	Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO
PIGB	Programa Internacional Geosfera-Biosfera
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PMC	Programa Mundial sobre el Clima
PMIC	Programa Mundial de Investigaciones Climáticas
PMIM	Programa Mundial de Investigación Meteorológica de la OMM
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PPP	Proyecto de predicción polar del PMIM
PRO-VIA	Programa de Investigaciones sobre la Vulnerabilidad, el Impacto y la Adaptación al Cambio Climático
S2S	iniciativa subestacional a estacional
SERA	Grupo de trabajo sobre investigación y aplicaciones sociales y económicas del PMIM
SIO	Sistema de información de la OMM
SMHN	Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional
SMIA	Sistema mundial de información y alerta sobre la alimentación y la agricultura de la FAO
SMOC	Sistema Mundial de Observación del Clima
SMOO	Sistema Mundial de Observación de los Océanos
SMOT	Sistema Mundial de Observación Terrestre
SMPDP	Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción
SPARC	Procesos estratosféricos y su función en el clima
START	Sistema de Análisis, Investigación y Capacitación
THORPEX	Experimento de investigación y predecibilidad de los sistemas de observación
TIGGE	Gran conjunto interactivo mundial del THORPEX
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
VAG	Vigilancia de la Atmósfera Global
VCG	Vigilancia de la Criosfera Global
VIA	Vulnerabilidad, Impacto y Adaptación

VMM	Vigilancia Meteorológica Mundial
WGRC	Grupo de trabajo del PMIC sobre ciencia e información climáticas a nivel regional
WIGOS	Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM
YOTC	Año de la convección tropical



Anexo al Plan de ejecución
del Marco Mundial para los
Servicios Climáticos -
Componente de investigación,
modelización y predicción



Organización
Meteorológica
Mundial

Tiempo · Clima · Agua



GFCS

GLOBAL FRAMEWORK FOR
CLIMATE SERVICES