|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TIEMPO CLIMA AGUA | **Organización Meteorológica Mundial**  **COMISIÓN DE OBSERVACIONES, INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN**  **Segunda reunión**  Ginebra, 24 a 28 de octubre de 2022 | **INFCOM-2/Doc. 6.6** |
| Presentado por:  presidente de la plenaria  27.X.2022  **APROBADO** |

**PUNTO 6 DEL ORDEN DEL DÍA: REGLAMENTO TÉCNICO Y OTRAS DECISIONES DE CARÁCTER TÉCNICO**

**PUNTO 6.6:** **Grupo de Estudio sobre las Funciones Transversales de la Criosfera (SG­CRYO)**

# RECOMENDACIONES DEL GRUPO DE ESTUDIO: eliminar las deficiencias en la integración de la CRIOSFERA en la estrategia de la organización meteorológica mundial con respecto al sistema tierra



# CONSIDERACIONES GENERALES

### Recomendaciones del Grupo de Estudio sobre las Funciones Transversales de la Criosfera: Vigilancia de la Criosfera Global (SG-CRYO):

### Recomendaciones para eliminar las deficiencias en la integración de la criosfera en la estrategia de la Organización Meteorológica Mundial con respecto al sistema Tierra

Este proyecto de Resolución presenta las decisiones y las medidas de la Comisión de Observaciones, Infraestructura y Sistemas de Información (INFCOM) que se desprenden de las recomendaciones recogidas en el Informe final del Grupo de Estudio sobre las Funciones Transversales de la Criosfera: Vigilancia de la Criosfera Global (SG-CRYO) al objeto de eliminar las deficiencias en la integración de la información sobre la criosfera en la estrategia de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con respecto al sistema Tierra.

Las recomendaciones describen medidas concretas para abordar las principales deficiencias observadas en todo el ciclo de valor y apoyar a los Miembros de la Organización afectados por los impactos de los cambios acelerados, y en su mayor parte irreversibles, en la nieve y el hielo, a escala regional y mundial, por ejemplo: el aumento de la incertidumbre en cuanto a los recursos hídricos, la elevación del nivel del mar, un mayor riesgo de peligros relacionados con la criosfera, etc.

Resumen del Informe final del Grupo de Estudio sobre las Funciones Transversales de la Criosfera: Vigilancia de la Criosfera Global (SG-CRYO)

El informe final del SG-CRYO a la INFCOM figura en el anexo al presente proyecto de Resolución y pone fin a los trabajos de este Grupo de Estudio.

El informe incluye un resumen de las funciones transversales de la criosfera relacionadas con las prioridades estratégicas de la OMM, así como las 14 recomendaciones formuladas por el Grupo de Estudio. Estas recomendaciones están dirigidas a la INFCOM, con referencias a las áreas de colaboración con otras estructuras de la OMM, que abarcan:

1) La integración de las actividades relacionadas con la criosfera en la estructura de gobernanza de la OMM;

2) La función del Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Gobal (VCG) como mecanismo de coordinación y las contribuciones que debe realizar para satisfacer de forma sostenible las necesidades de información sobre la criosfera de acuerdo con las prioridades fundamentales de la OMM ([*Plan Estratégico de la OMM para 2020‑2023*](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10320)(OMM-Nº 1225);

3) Una evaluación general de todos los componentes de la criosfera que sean pertinentes para las prioridades en materia de servicios de la OMM, por ejemplo: la nieve, el hielo marino, los glaciares, el permafrost, los mantos de hielo, el hielo de agua dulce, etc.

El resultado de las deliberaciones del SG-CRYO se publicará en un libro blanco que complementará el Informe final que figura en el [anexo](#_INFORME_FINAL) al presente proyecto de Resolución.

**Medidas previstas:**

Que la Comisión:

- Apruebe el informe del SG-CRYO y sus recomendaciones;

- Apruebe medidas específicas para sus subestructuras;

- Invite a otros órganos de la OMM y a los Miembros de la Organización a colaborar con las estructuras de la INFCOM en la aplicación de estas recomendaciones.

# PROYECTO DE RESOLUCIÓN

## Proyecto de Resolución 6.6/1 (INFCOM-2)

## Eliminar las deficiencias en la integración de la criosfera en el enfoque del sistema Tierra de la Organización Meteorológica Mundial

LA COMISIÓN DE OBSERVACIONES, INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN (INFCOM),

**Recordando:**

1) la [Resolución 48 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9847#page=187) — Orientaciones fundamentales en la esfera de las regiones polares y de alta montaña para el próximo período financiero de la Organización Meteorológica Mundial (2020-2023),

2) la [Resolución 18 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11030#page=368) — Transición y Plan para la Fase Preoperativa de la Vigilancia de la Criosfera Global,

3) la [Resolución 30 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11030#page=533) — Grupo de Expertos del Consejo Ejecutivo sobre Observaciones, Investigaciones y Servicios Polares y de Alta Montaña,

4) la [Resolución 1 (INFCOM-1)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10973#page=19) — Establecimiento de los comités permanentes y los grupos de estudio de la Comisión de Observaciones, Infraestructura y Sistemas de Información,

5) la [Resolución 7 (INFCOM-1)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10973#page=139) — Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global,

**Habiendo examinado** el informe final a la INFCOM elaborado por el Grupo de Estudio sobre las Funciones Transversales de la Criosfera: Vigilancia de la Criosfera Global (SG-CRYO), que figura en el [anexo](#_Anexo_al_proyecto) a la presente Resolución;

**Habiendo considerado** las recomendaciones de la 11ª reunión del Grupo de Expertos del Consejo Ejecutivo sobre Observaciones, Investigaciones y Servicios Polares y de Alta Montaña;

**Teniendo presente** las conclusiones del Sexto Informe de Evaluación (IE6) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC);

**Acoge con beneplácito** la finalización del proyecto del Año de la predicción polar y los resultados del Simposio Internacional sobre Hielo, Nieve y Agua en un Mundo Cada Vez Más Cálido (Islandia, 2022);

**Toma nota** de la información sobre la criosfera necesaria para la prestación eficaz de servicios meteorológicos, climáticos, hidrológicos y medioambientales, como resume el SG-CRYO en su informe final;

**Acepta** las 14 recomendaciones formuladas por el SG-CRYO en su informe final, que figura en el [anexo](#_Annex_to_draft_3) a la presente resolución;

**Decide:**

1) acelerar la integración de la información sobre la criosfera en todas sus actividades para satisfacer de forma sostenible y equitativa las necesidades de los Miembros para hacer frente a los riesgos mundiales y regionales derivados de los cambios irreversibles en la criosfera y sus repercusiones aguas abajo, por ejemplo, en los recursos hídricos, el aumento del nivel del mar, los riesgos de desastre, etc.;

2) modificar el mandato del Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global para incorporar las recomendaciones del SG-CRYO ([(INFCOM-2)/Doc. 2.1](https://meetings.wmo.int/INFCOM-2/Spanish/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2FINFCOM%2D2%2FSpanish%2F1%2E%20Versiones%20para%20debate&FolderCTID=0x0120001F31F2638B998E4EB4FD6F1ED425688F&View=%7BD798B482%2D2E0D%2D4A72%2D9A20%2D151D47067DE0%7D));

**Solicita** a sus comités permanentes que, en estrecha colaboración con el Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global y aprovechando sus conocimientos en la materia, incluyan en su plan de trabajo para el próximo período entre reuniones, medidas prioritarias que respondan a las recomendaciones del SG-CRYO;

**Solicita al Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global:**

1) que colabore con los comités permanentes de la INFCOM en la elaboración de reglamentos técnicos y material de orientación para aplicar las recomendaciones del SG‑CRYO y poner en marcha los componentes de la Vigilancia de la Criosfera Global (VCG) en el Sistema de Información de la OMM (WIS), el Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM (WIGOS) y el Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (GDPFS), antes de la tercera reunión de la INFCOM;

2) que elabore, tomando como referencia del mandato y el *modus operandi* del Grupo especial de actividades espaciales de los polos y en consulta con el Comité Permanente de Sistemas de Observación y Redes de Vigilancia de la Tierra (SC-ON), un nuevo mandato y *modus operandi* para un equipo especial sobre la coordinación de las capacidades de observación desde el espacio, que se encargará de mejorar el acceso a las observaciones de la criosfera realizadas desde el espacio y los beneficios que se derivan de ellas, con miras a su aprobación por el presidente de la INFCOM;

3) que prosiga con la elaboración de una relación detallada de las actividades relativas a la criosfera que se llevan a cabo en la Organización Meteorológica Mundial (OMM), basándose en el apéndice del informe final del SG-CRYO y en consulta con los órganos subsidiarios pertinentes de la INFCOM y la Comisión de Aplicaciones y Servicios Meteorológicos, Climáticos, Hidrológicos y Medioambientales Conexos (SERCOM), prestando especial atención a las necesidades del Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global *[Secretaría, Federación de Rusia]* y de los órganos subsidiarios pertinentes de la SERCOM *[Federación de Rusia]* y a las posibles sinergias entre ellos; *[Secretaría, Federación de Rusia]*

4) que presente un informe en la tercera reunión de la INFCOM sobre los progresos realizados en la aplicación de las recomendaciones del SG-CRYO;

**Solicita también** al Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global y al Comité Permanente de Proceso de Datos para la Modelización y Predicción Aplicadas del Sistema Tierra (SC-ESMP) que presenten, en la tercera reunión de la INFCOM, una hoja de ruta para la infraestructura que soporta el acoplamiento total de la criosfera en los modelos del sistema Tierra, e incluya las oportunidades para transferir los resultados maduros, como los del Año de la predicción polar, de la investigación a las operaciones;

**Invita:**

1) a la SERCOM, la Junta de Investigación y las asociaciones regionales a que colaboren, según proceda, bajo la dirección del Grupo de gestión de la INFCOM, en la aplicación de las recomendaciones del SG-CRYO;

2) al EC-PHORS a que tenga en cuenta el informe final del SG-CRYO en sus estrategias y actividades de promoción;

**Insta** a los Miembros:

1) a que sigan fomentando la colaboración de sus Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) con los asociados, las instituciones de investigación y el sector académico con el fin de sacar el máximo provecho de la integración de la criosfera a través del WIGOS, el WIS y el GDPFS;

2) a que faciliten recursos para apoyar la aplicación de las recomendaciones del SG-CRYO, en particular a través del Fondo Fiduciario de la VCG y/o la adscripción de expertos;

**Invita** a los asociados a que participen en la aplicación de las recomendaciones del SG-CRYO;

**Solicita** al Secretario General que:

1) brinde la asistencia y el apoyo de la Secretaría necesarios a los Miembros para la aplicación de la presente Resolución, en especial a los países en desarrollo y los países menos adelantados, en función de sus necesidades y de los recursos disponibles;

2) ayude a la movilización de los recursos necesarios y a la contratación de expertos al objeto de apoyar la aplicación de las medidas indicadas en la presente Resolución.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

[Anexo: 1](#_Annex_to_draft_3)

## Anexo al proyecto de Resolución 6.6/1 (INFCOM-2)

## Grupo de Estudio sobre las Funciones Transversales de la Criosfera: Vigilancia Mundial de la Criosfera (SG-CRYO)

# INFORME FINAL

**ELIMINACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS EN la integración de la CRIOSFERA en el enfoque del sistema Tierra de la OMM**

Índice

1. Resumen 7

2. La criosfera cambia y las necesidades de información evolucionan 9

3. Información sobre la criosfera para los servicios a la sociedad 10

4. Mejorar las predicciones del sistema Tierra mediante la integración de la   
información de la criosfera a todas las escalas 13

5. Recomendaciones 14

6. Apéndice del informe final del SG-CRYO: cartografía de la criosfera en los   
servicios de la OMM 21

### 1. Resumen

El Grupo de Estudio sobre Funciones Transversales de la Criosfera: Vigilancia Mundial de la Criosfera (SG-CRYO) se estableció en virtud de la [Resolución 1 (INFCOM-1)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10973#page=19) — Establecimiento de comités permanentes y grupos de estudio de la Comisión de Observaciones, Infraestructura y Sistemas de Información, con el siguiente mandato:

a) formular recomendaciones sobre la integración de los mandatos de la Vigilancia de la Criosfera Global (VCG) y del Grupo de Expertos del Consejo Ejecutivo sobre Observaciones, Investigaciones y Servicios Polares y de Alta Montaña (EC-PHORS), aprobados mediante la [Resolución 48 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9847#page=187), la [Resolución 50 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9847#page=199) y la [Resolución 6 (EC-71)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10249#page=22), con los mandatos y el *modus operandi* de los comités permanentes de las comisiones técnicas y de la Junta de Investigación, a fin de satisfacer las necesidades de información sobre la criosfera de todas las actividades de la OMM, según lo establecido en el Plan Estratégico y el Plan de Funcionamiento de la OMM, e identificar las deficiencias al respecto;

b) evaluar las sinergias con el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS), el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (UIGG), el Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR) y otros programas y asociados pertinentes, fomentando una mayor reciprocidad dentro de la comunidad de la OMM y con los asociados actuales y futuros en el ámbito de la criosfera;

c) recomendar la incorporación de manera óptima de dichas actividades en la estructura de gobernanza de la OMM y el establecimiento de un mecanismo de coordinación, con miras a facilitar la satisfacción de las necesidades de información sobre la criosfera, incluidas las relativas a los avances que se produzcan en el futuro.

Los productos que se esperaba obtener del SG-CRYO eran los siguientes:

a) informe sobre las funciones transversales de la criosfera en todas las actividades de la OMM;

b) recomendaciones sobre la manera óptima de incorporar dichas actividades en la estructura de gobernanza de la OMM y sobre un mecanismo de coordinación de esas actividades, así como sobre las contribuciones indispensables para satisfacer de forma continuada las necesidades de información sobre la criosfera, a más tardar la siguiente reunión ordinaria de la Comisión;

c) recomendaciones sobre el mandato y las funciones de la VCG en tanto que mecanismo de coordinación en el marco de la OMM, que aborda todos los componentes de la criosfera pertinentes para las [prioridades estratégicas](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10320#page=11) de la OMM, por ejemplo, la nieve, el hielo marino, los glaciares, el permafrost y los mantos de hielo.

Como parte de su labor, el SG-CRYO evaluó las necesidades en materia de información sobre la criosfera para cumplir las prioridades estratégicas de la OMM para 2020-2030, teniendo en cuenta la situación y las perspectivas de la investigación internacional en ciencias de la criosfera, las nuevas necesidades de información y las capacidades de los Miembros.

El presente informe contiene un resumen de las funciones transversales de la criosfera en todas las actividades de la OMM (secciones 3, 4 y [apéndice](#_Apéndice_del_informe) al informe) y 14 recomendaciones formuladas por el SG-CRYO para abordar las deficiencias identificadas en la estructura y las actividades de la OMM (sección 5). El SG-CRYO centró su labor en todos los componentes de la criosfera de interés para las actividades de la OMM relacionadas con el tiempo, el clima, el agua y el medioambiente, a saber: la nieve, el hielo marino, el hielo lacustre y fluvial, los glaciares, los mantos y plataformas de hielo glaciar, los icebergs, el permafrost y el suelo estacionalmente congelado, así como la precipitación sólida.

El SG-CRYO ha elaborado este informe atendiendo a las disposiciones de la 73ª reunión del Consejo Ejecutivo de la OMM y, en particular, la [Resolución 30 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11030#page=533), en la que se solicitaba “*a la Comisión de Observaciones, Infraestructura y Sistemas de Información Comisión de Infraestructura (INFCOM), a la Comisión de Aplicaciones y Servicios Meteorológicos, Climáticos, Hidrológicos y Medioambientales Conexos (SERCOM) y a la Junta de Investigación que integrasen en sus respectivos programas de trabajo las prioridades y actividades técnicas, operativas y de investigación que anteriormente eran competencia del EC-PHORS*”*.* A través de la [Resolución 30 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11030#page=533) se solicitaba también a la INFCOM, la SERCOM y la Junta de Investigación que elaborasen conjuntamente “*una hoja de ruta para la transición de la ciencia a los servicios del Proyecto de Predicción Polar del Programa Mundial de Investigación Meteorológica (PMIM), que desemboque en la integración de sus resultados por conducto del Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (GDPFS) y para la definición de nuevas prioridades de investigación, entre otras cosas mediante aportaciones a la perspectiva de futuro que debe desarrollar el Grupo Consultivo Científico*”.

En su [Resolución 7 (INFCOM-1)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10973#page=139), la INFCOM, basándose en la recomendación del SG‑CRYO, estableció el Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global (VCG) como un mecanismo de coordinación bajo su mandato. En este informe se indican áreas adicionales de interés para el Grupo Consultivo de la VCG y se abordan las prioridades emergentes, por ejemplo, la aplicación de la Política Unificada de Datos de la OMM, mediante el establecimiento de vínculos eficaces entre las estructuras de la Organización y con los asociados pertinentes.

En términos generales, el SG-CRYO concluyó que, para cumplir los objetivos de la OMM relativos a un enfoque del sistema Tierra para las observaciones, la modelización y la predicción, es necesario aplicar medidas adicionales con respecto a la integración y el uso de la información de la criosfera con el fin de eliminar las deficiencias y lograr acoplamiento total de la criosfera en el sistema Tierra, lo que permitiría prestar servicios eficaces que respondan a las nuevas necesidades.

La coordinación a través de la OMM, en su calidad de organización intergubernamental, resulta esencial y sumamente beneficiosa para los Miembros, ya que hace extensivas una serie de prácticas bien establecidas en el ámbito de la meteorología y el clima a la integración de la criosfera, lo que refleja su papel fundamental en el sistema Tierra.

Las 14 recomendaciones que figuran en la [sección 5](#_Recomendaciones) proporcionan una hoja de ruta de alto nivel para la integración óptima de las actividades relacionadas con la criosfera en la estructura de la OMM, que abarca la base de observaciones y datos, la representación de los procesos de la criosfera en la modelización y la predicción del sistema Tierra, la comprensión y la investigación de los cambios de la criosfera y la retroalimentación en el sistema climático. El informe incluye una recomendación específica sobre el papel de la OMM en las actividades en la Antártida. Es necesario establecer cuidadosamente las prioridades y fomentar la colaboración entre todas las estructuras de la OMM.

Este informe irá seguido de un libro blanco que se publicará en una revista sometida a revisión científica externa y que contendrá un análisis exhaustivo de las deficiencias y las oportunidades para la OMM recopiladas por el SG-CRYO.

### 2. La criosfera cambia y las necesidades de información evolucionan

La nieve, los glaciares, el suelo congelado, el agua dulce y el hielo marino se extienden mucho más allá de las zonas polares y de alta montaña, ya que están presentes en más de 100 naciones[[1]](#footnote-2) e influyen en el tiempo, el clima, la hidrología y la disponibilidad de agua, tanto a nivel mundial como regional.

Los recientes informes publicados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), a saber, el Sexto Informe de Evaluación (IE6 2021[[2]](#footnote-3), 2022[[3]](#footnote-4)) y el informe especial sobre el océano y la criosfera en un clima cambiante (SROCC, 2019[[4]](#footnote-5)), que incluyen capítulos sobre la alta montaña (Hock y otros, 2019) y las regiones polares (Meredith y otros, 2019), documentaron exhaustivamente los cambios sin precedentes en la criosfera global y sus consecuencias. En la bibliografía científica se pueden encontrar numerosos análisis de las tendencias de la criosfera a escala decenal que reflejan las perspectivas mundiales y regionales.

La nieve y el hielo están disminuyendo en gran parte del planeta, lo que provoca importantes retroalimentaciones y repercute en los sistemas meteorológicos, climáticos e hidrológicos de todo el mundo. El aumento del nivel del mar se ha acelerado a nivel mundial en los últimos decenios, en gran parte debido a la creciente pérdida de hielo de los mantos de hielo de Groenlandia y de la Antártida, así como a la pérdida de masa de los glaciares de todo el mundo (IPCC SROCC, *Resumen para responsables de políticas*, A.3).

A menudo, los efectos de los cambios en la criosfera se notan mucho más allá de las fronteras de los países en los que se producen, en particular, en los países situados aguas abajo y en las comunidades costeras y las islas pequeñas, transmitiéndose desde las zonas polares y las cabeceras de los ríos a vastas poblaciones humanas y a los océanos, a través de los sistemas hidrológicos y de los impactos en cascada de los cambios en la nieve y el hielo sobre el tiempo y el clima.

Debido al calentamiento global, los cambios en la criosfera son en gran medida irreversibles, por lo que se requieren diversas vías paralelas para apoyar las decisiones y medidas de mitigación y adaptación de las personas y las sociedades a estos cambios. Al mismo tiempo, es necesario lograr avances en la comprensión y representación de los procesos de la criosfera en el sistema Tierra, para aumentar la capacidad de los Miembros de satisfacer sus necesidades. Las nuevas necesidades y prioridades en lo referente a la prestación de servicios y la reducción de las lagunas de información existentes, en particular para las comunidades de montaña y polares, deben estar en sintonía con la necesidad de equidad en la información, las predicciones y el asesoramiento en materia de mitigación para todos.

### 3. Información sobre la criosfera para los servicios a la sociedad

Esta sección ofrece una visión general de las funciones clave de los servicios de la criosfera (So y otros, 2019[[5]](#footnote-6)) que son pertinentes para las prioridades de la OMM.

En términos de magnitud y sostenibilidad, la vigilancia de los cambios en la criosfera y las lagunas en los conocimientos sobre sus impactos y su función de servicio no son del todo compatibles con las necesidades socioeconómicas de las regiones afectadas ni con su importancia para la sociedad. En el ciclo del valor, todavía hay carencias en lo referente a la observación, el análisis crítico de los datos y la distribución de los resultados, o estos aspectos están poco desarrollados, por lo que abordarlos sigue siendo una prioridad.

La información sobre la criosfera forma parte de todos los servicios coordinados por la OMM, desde el nivel mundial hasta el regional y el local, y es fundamental para cumplir el objetivo de mejorar la atención de las necesidades de la sociedad, de acuerdo con la meta a largo plazo 1 del Plan Estratégico de la OMM. En el [apéndice](#_Appendix_to_the) al presente informe se ofrece un esquema de la información sobre la criosfera necesaria para prestar servicios coordinados a través de la SERCOM.

3.1 Funciones y servicios de regulación de la criosfera

La criosfera desempeña una importante función reguladora del tiempo, el clima y los recursos hídricos, en todas las escalas de tiempo. Por ejemplo:

Los cambios en el hielo marino pueden influir en el clima de latitudes medias. El elevado albedo del hielo marino hace que su superficie se mantenga más fría que sus alrededores. La nieve sobre el hielo marino tiene un albedo aún mayor, lo que aísla el hielo marino y retrasa el deshielo en verano.

El derretimiento de la nieve y el hielo sobre la tierra ayuda a regular la escorrentía hidrológica y es fundamental para regular la disponibilidad de agua y los servicios de los ecosistemas, corriente abajo.

La escorrentía de la fusión de los mantos de hielo tiene implicaciones para la oceanografía física (por ejemplo, en la mezcla, la estratificación y las corrientes oceánicas) y es un factor clave que contribuye al aumento del nivel del mar en todo el mundo.

En escalas de tiempo que van de estacionales a decenales, los cambios en la capa de nieve, el agua dulce y el hielo marino, los glaciares, los mantos de hielo y el permafrost afectan a los recursos hídricos y a los ecosistemas, en particular a la ecología marina y cercana a la costa.

La criosfera es un componente integral de la ecología y la geomorfología de las regiones montañosas y polares, ya que da forma al paisaje y proporciona servicios ecosistémicos esenciales, como el hábitat de las especies terrestres que dependen de la nieve y el mantenimiento del agua de los ríos y los lagos a temperaturas más frías en las cuencas hidrográficas dominadas por los glaciares o la nieve, por ejemplo, los hábitats de los peces.

La criosfera del hemisferio norte, especialmente el permafrost, desempeña un papel regulador clave en el sistema climático mundial al actuar como sumidero o fuente de carbono, lo que repercute en las emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero. El IPCC (SROCC, 2019) estimó que, actualmente, la cantidad de carbono almacenada en el permafrost es aproximadamente el doble de la que hay en la atmósfera.

3.2 Funciones y servicios culturales y de aprovisionamiento de la criosfera

La información sobre la criosfera es esencial para los servicios de muchos sectores económicos.

Los glaciares y la nieve son depósitos naturales de agua para la producción y la explotación hidroeléctricas, el suministro de agua para la agricultura y la industria, y para el agua potable de miles de millones de personas. Las montañas suelen considerarse “torres de agua” naturales porque son cabeceras vitales de muchos ríos que nacen de la nieve y el hielo, y de otras fuentes de agua dulce que reponen los acuíferos.

La capa de nieve y los glaciares son fundamentales para el turismo de montaña y la industria del esquí, mientras que el agua de deshielo procedente de la lluvia, la nieve y el calendario de los ciclos de congelación del suelo afectan a la agricultura, las prácticas de pastoreo y los medios de subsistencia de los pueblos indígenas. La nieve y el hielo tienen un valor cultural y espiritual sumamente importante para las comunidades de montaña y septentrionales.

3.3 Funciones y servicios de la criosfera relacionados con el transporte y las infraestructuras

La información sobre el estado de la nieve y el hielo es fundamental para la planificación operativa y estacional de las rutas de navegación polares y de las redes de transporte invernal en tierra, ríos y lagos, que con frecuencia son el sustento de numerosas comunidades.

En el Ártico y el Océano Austral, el tráfico marítimo asociado a una serie de actividades comerciales (como la pesca, la explotación de recursos, el turismo y el transporte marítimo) depende de la capacidad de predicción —por ejemplo, de los avisos meteorológicos y sobre hielo— para informar a los servicios de navegación y de emergencia marítima, como las operaciones de búsqueda y salvamento o las actividades de limpieza de derrames de petróleo.

El sector energético depende de la información sobre las temperaturas de otoño y primavera para la construcción de carreteras de hielo que protejan la tundra y para utilizar los ríos congelados como rutas de acceso a los lugares de extracción. El calendario de congelación del hielo marino afecta al transporte de gas natural líquido (GNL), así como al turismo en las latitudes altas.

En escalas de tiempo plurianuales a decenales, es esencial conocer cómo cambian las condiciones de la nieve, el permafrost y el hielo (tanto en tierra, como en el mar) para fundamentar las normas de diseño de las infraestructuras, así como las decisiones en materia de planificación, inversiones y predicciones de seguros y reaseguros. Este el caso de los edificios, las viviendas, las redes ferroviarias y las carreteras que se ven fuertemente afectadas por la subsidencia y la erosión costera (en regiones polares y de alta montaña), así como de las inversiones en grandes infraestructuras marinas, como los rompehielos, los puertos de aguas profundas y las estructuras marítimas (por ejemplo, las plataformas de perforación).

3.4 Cambios en la criosfera y riesgos relacionados

Como señala el IPCC (SROCC, 2019), los cambios en los glaciares, la nieve, el hielo y el permafrost han alterado la frecuencia, el momento, la magnitud y la ubicación de la mayoría de los peligros naturales conexos, lo que provocado que los asentamientos humanos y los medios de subsistencia queden expuestos a un aumento de los riesgos, especialmente en las zonas de alta montaña y el Ártico. Los peligros más comunes de la criosfera están relacionados, entre otras cosas, con el aumento y los cambios de las lluvias sobre la nieve y las inundaciones por la fusión de la nieve en primavera, los desbordamientos repentinos de un lago glaciar (GLOF), los deslizamientos de tierras y los desprendimientos de laderas por la degradación del permafrost y el retroceso de los glaciares, las avalanchas de nieve y hielo, las condiciones poco fiables e inestables del hielo y la nieve, y la presencia cambiante de icebergs Las personas más expuestas y vulnerables a los peligros de la criosfera a menudo viven en países en desarrollo, que son los que tienen menos capacidad de adaptación.

Es fundamental disponer de información sobre la criosfera en tiempo casi real para apoyar el desarrollo de sistemas de alerta temprana adecuados, hacer un seguimiento de los fenómenos extremos e informar al respecto, y llevar a cabo las evaluaciones de riesgo pertinentes. Por ejemplo, debido a los cambios en las interacciones océano-mar-hielo-atmósfera, el régimen de hielo marino está cambiando, y el hielo de primer año es cada vez más frecuente en zonas del Ártico anteriormente conocidas por el hielo de segundo año o multianual. Esto supone un reto para las técnicas de observación actuales que se utilizan para cartografiar las condiciones del hielo marino e informar al respecto, por lo que exige técnicas avanzadas de vigilancia que permitan el seguimiento de las condiciones del hielo marino a escala regional y sinóptica.

Para evaluar adecuadamente los riesgos es necesario disponer de registros climáticos de la criosfera fiables y a largo plazo, a fin de comprender y caracterizar el nivel de riesgo y apoyar las estrategias de adaptación, en particular en lo referente a las normas y parámetros para el diseño de infraestructuras que reflejen los cambios futuros previstos.

3.5 Partes interesadas

En muchos países, las responsabilidades en materia de observaciones y servicios hidrometeorológicos para las regiones montañosas y polares se reparten entre múltiples organismos, ministerios y partes interesadas.

La mayoría de los servicios hidrometeorológicos existentes están diseñados para las tierras bajas y para las latitudes medias y bajas, donde se concentra la población humana, y tienen una resolución espacial insuficiente para representar adecuadamente el terreno complejo y los procesos hidroclimáticos conexos de las zonas de montaña y las latitudes altas. Esto da lugar a una representación insuficiente de la criosfera en las aplicaciones operativas, lo que implica una menor fiabilidad de los pronósticos y predicciones. Pese a las expectativas en cuanto a los programas continuados y a largo plazo, el seguimiento de la criosfera en la mayoría de los países ha seguido recayendo en las comunidades de investigación.

Allí donde existen redes de vigilancia en alta montaña y en las regiones polares, su resolución es insuficiente para resolver adecuadamente la complejidad del terreno y los procesos hidroclimáticos conexos.

La interacción y la colaboración activa, en particular entre las entidades de investigación y las operativas, son pasos necesarios para superar el actual déficit de información sobre la criosfera.

### 4. Mejorar las predicciones del sistema Tierra mediante la integración de la información de la criosfera a todas las escalas

De cara a sus prioridades estratégicas para 2030, la OMM ha adoptado un enfoque unificado del sistema Tierra para la vigilancia y la predicción con el fin de mejorar la toma de decisiones y la formulación de políticas.

El análisis y la modelización del sistema Tierra incluyen la evolución acoplada de la atmósfera, el océano, la superficie terrestre, la criosfera, los ecosistemas, el ciclo hidrológico y los ciclos biogeoquímicos en todo el espectro de escalas temporales. El análisis y la predicción acoplados exigen que los sistemas de observación y modelización sean coherentes con respecto a todos los componentes del sistema Tierra, incluida la criosfera, con 1) redes de observación sostenibles; y 2) intercambios de datos fiables y mecanismos para acceder a tiempo a las observaciones y sus datos.

Los procesos del sistema Tierra y de la criosfera operan a lo largo de un continuo de escalas temporales (figura 1), que se representan de forma natural en los sistemas de predicción global sin fisuras.

Las necesidades de información de la criosfera difieren según la aplicación, en función de sus escalas de tiempo. Por ejemplo, en la predicción numérica del tiempo (PNT) generalmente pueden ignorarse los cambios en los mantos de hielo polares o en el permafrost en escalas de tiempo de horas a días. En el otro extremo del espectro, las proyecciones climáticas para el final del siglo no requieren (ni se benefician de) una inicialización detallada del estado actual de la capa de nieve y hielo estacional.

Diagram

Description automatically generated

**Figura 1: El continuo de escalas de tiempo para la modelización de los procesos de la criosfera en el sistema Tierra**

Para mejorar las capacidades de los modelos del sistema Tierra en las regiones polares y de alta montaña, y mejorar integración de la información sobre la criosfera, es preciso reforzar la comprensión y la representación de los modelos de las complejas interacciones entre el océano, la tierra, el hielo marino y la atmósfera que dictan las condiciones ambientales. Dependiendo de la resolución del modelo, muchos de estos procesos e interacciones se observan predominantemente a escala de subretícula, y deben representarse mediante una física simplificada (es decir, parametrizada). Sin embargo, muchos de los procesos a escala de subretícula no se representan de forma adecuada en los modelos de predicción actuales; este es el caso, en particular, de la representación subóptima del terreno montañoso no homogéneo (Rotach y otros, 2022[[6]](#footnote-7)). Estas deficiencias adquieren una mayor importancia al pasar a modelos totalmente acoplados.

La hidrología de la superficie terrestre es una parte integral de la modelización del sistema Tierra. Para muchas aplicaciones, el acoplamiento de los modelos hidrológicos dentro de los modelos del sistema Tierra resulta beneficioso para captar la retroalimentación con la atmósfera (por ejemplo, la humedad del suelo; el estado de las aguas abiertas frente al del hielo en lo referente a los flujos de energía, momento y humedad; el estado térmico y el albedo de las superficies de nieve y hielo). Para otras aplicaciones, los modelos hidrológicos funcionan eficazmente de manera “autónoma”, forzados por los resultados de los modelos meteorológicos y climáticos. Esto suele precisar un paso adicional en el que se reduce la escala de los resultados y se adaptan a la resolución nativa de los modelos hidrológicos y de la criosfera basados en procesos, a menudo de decenas a cientos de metros. Este tipo de modelización permite generar conjuntos de predicciones hidrológicas (es decir, que abarcan las incertidumbres de los ajustes de los parámetros y de los forzamientos del modelo) para generar información probabilística para aplicaciones clave como las predicciones de crecidas o los escenarios estacionales de recursos hídricos.

### 5. Recomendaciones

Dado que la PNT sustenta la mayoría de los servicios hidrometeorológicos, climáticos y medioambientales, así como los reanálisis climáticos, las recomendaciones del SG-CRYO se centran en la mejora de las capacidades de la PNT, que actualmente son insuficientes para integrar la información sobre la criosfera, como requisito previo para la prestación de servicios de información eficaces, desde el nivel regional al mundial. Es necesario mejorar las infraestructuras (por ejemplo, las observaciones, el acceso a datos de calidad, la capacidad de computación y la refactorización del código, etc.) para poder asimilar los datos de la criosfera y aumentar la precisión y la fiabilidad de los modelos, con el fin de mejorar las predicciones de los fenómenos a corto plazo y tácticos, así como las predicciones a más largo plazo y los reanálisis climáticos.

Dado que en las regiones polares y de alta montaña viven muchas poblaciones indígenas y comunidades rurales, el SG-CRYO reconoce la prioridad de colaborar con estos grupos para desarrollar conjuntamente sistemas de información que comuniquen eficazmente el impacto del cambio climático en sus medios de subsistencia (cambio de las condiciones del hielo y viajes más peligrosos en lagos y ríos congelados, cambios en los glaciares, etc.).

Recomendación 1

**El Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global— con un mandato específico para apoyar la estrategia de la OMM**

El SG-CRYO recomienda que la INFCOM actualice el mandato del Grupo Consultivo de la Vigilancia de la Criosfera Global (VCG) para incorporar las recomendaciones de este informe. El Grupo Consultivo de la VCG desempeña un papel fundamental en la INFCOM y, de forma más general, en la OMM, ya que garantiza intercambios mutuamente beneficiosos entre los diversos expertos de las comunidades asociadas.

Al preparar sus recomendaciones, el SG-CRYO tuvo en cuenta los importantes progresos realizados por la VCG en la integración de las observaciones y los datos de la criosfera en el Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM (WIGOS) y en el Sistema de Información de la OMM (WIS), así como en el establecimiento de puentes entre la OMM y las comunidades de la criosfera, y en el apoyo al desarrollo de servicios específicos, como se ha demostrado a través de los Centros Regionales sobre el Clima en red para el Ártico (ArcRCC-Network) y los Centros Regionales sobre el Clima en red para el Tercer Polo (TPRCC‑Network).

La composición del Grupo Consultivo de la VCG debe permitir el acceso al nivel crítico de conocimientos especializados y reflejar las necesidades de información sobre cada uno de los componentes de la criosfera. Se recomienda mantener los compromisos a nivel de trabajo con las estructuras pertinentes de la SERCOM, el Programa Mundial de Investigación Meteorológica (PMIM) y el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) de la Junta de Investigación. Asimismo, son beneficiosas las colaboraciones con los asociados de la OMM, como las establecidas a través del Grupo de Expertos del Consejo Ejecutivo sobre Observaciones, Investigaciones y Servicios Polares y de Alta Montaña (EC-PHORS), por ejemplo, con la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (UIGG), el Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR), la Iniciativa para el Estudio de las Montañas (MRI), el Medioambiente del Tercer Polo, el Refuerzo de las Redes de Observación del Ártico (SAON), etc.

Recomendación 2

**La criosfera — un componente integral de las actividades de la OMM**

El SG-CRYO recomienda que los Comités Permanentes de la INFCOM incluyan en sus planes de trabajo acciones para integrar sistemáticamente la criosfera en el WIGOS, el WIS y el GDPFS, y que el Grupo Consultivo de la VCG proporcione el compromiso y el apoyo sostenidos de los expertos para lograr estos objetivos.

Recomendación 3

**Hoja de ruta de la infraestructura para una criosfera totalmente integrada en los modelos del sistema Tierra**

Teniendo en cuenta que el objetivo de la vigilancia, la modelización y la predicción del sistema Tierra es el núcleo de la estrategia de la OMM, el SG-CRYO recomienda que la INFCOM encargue al Grupo Consultivo de la VCG y al Comité Permanente de Proceso de Datos para la Modelización y Predicción Aplicadas del Sistema Tierra (SC-ESMP) la coordinación de la elaboración de una hoja de ruta para la infraestructura de apoyo a la criosfera totalmente acoplada en los modelos del sistema Tierra (atmósfera-criosfera-terrestre-océano), como requisito previo para la prestación de servicios de información eficaces, a nivel regional y mundial, como se indica en las secciones 3 y 4 de este informe.

Es necesario mantener consultas con las estructuras y los asociados pertinentes de la OMM, con miras a aprovechar eficazmente las iniciativas actuales que sean pertinentes, determinar los proyectos piloto y reflejar las necesidades de los usuarios. En la próxima reunión ordinaria de la Comisión se presentará un informe sobre los progresos realizados.

El SG-CRYO preparó una lista no exhaustiva de áreas clave para su consideración en este proceso, a saber:

● La reducción de escala dinámica y estadística para la modelización de los procesos hidrológicos, oceanográficos y de la criosfera, en función de las partes interesadas locales y regionales.

● La eliminación de las deficiencias entre el PNT y la predicción estacional, en apoyo de la generación de productos hidrológicos y climáticos operativos para las regiones polares y de alta montaña, por ejemplo, apoyo a la puesta en marcha de los Centros Regionales sobre el Clima en red para el Tercer Polo (TPRCC-Network).

● Las capacidades asimilación de datos y predicción de los modelos para fenómenos extremos de la criosfera, así como la evaluación del riesgo de peligros de la criosfera (por ejemplo, barreras de hielo, aludes, avalanchas, desbordamientos repentinos de un lago glaciar, icebergs, etc.).

● El acoplamiento de la modelización hidrológica y la PNT con métodos avanzados de reducción de escala (temperatura del aire, radiación, cantidad y fase de la precipitación, etc.), y suministro de forzamientos atmosféricos de alta resolución a modelos hidrológicos y glaciológicos autónomos.

● La explotación de los modelos glacio-hidrológicos existentes, por ejemplo, para la predicción de la escorrentía de agua de deshielo de diaria a estacional.

● El acceso a los datos sobre la criosfera, control de la calidad, y conjuntos de datos curados para la asimilación de datos y la validación de modelos.

● El avance en la comprensión de las incertidumbres conexas (así como de las incoherencias y la representatividad) en las observaciones y datos de la criosfera, y fomentar su uso operativo, en particular para restringir los modelos.

● El uso de las observaciones satelitales de la criosfera en los modelos del sistema Tierra y, en particular, ampliar la capacidad de asimilación de productos satelitales relativos a la criosfera.

● El avance en la comprensión de los sesgos y las incertidumbres (incluidas la inconsistencia y la representatividad) en las observaciones y datos de la criosfera, y fomentar su uso operativo, en particular para restringir los modelos. Por ejemplo, mediante la cuantificación de las incertidumbres en las precipitaciones sólidas para el análisis del inventario hídrico de las cuencas y los modelos hidrológicos.

● La evaluación de las normas sobre las observaciones de la criosfera de alta resolución (sub-km) para iniciar, verificar y reducir la escala de los modelos meteorológicos y del sistema Tierra; promover la investigación y las campañas de observación para generar dichos conjuntos de datos.

Recomendación 4

**Aumentar la disponibilidad de las observaciones de la criosfera en el Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM (WIGOS)**

El SG-CRYO recomienda que el Grupo Consultivo de la VCG siga ayudando a los Miembros a analizar y abordar sus lagunas de observación con respecto a todos los componentes de la criosfera y las observaciones conexas (por ejemplo, en las zonas polares y de alta montaña), , en función de sus necesidades. Para ello, deberá contribuir a la elaboración de los reglamentos y guías técnicas pertinentes, por ejemplo, en lo que respecta a la normalización de las observaciones. Es fundamental que el Grupo Consultivo de la VCG colabore con el Comité Permanente de Sistemas de Observación y Redes de Vigilancia de la Tierra (SC-ON) y el Comité Permanente de Mediciones, Instrumentos y Trazabilidad (SC-MINT) para alcanzar los resultados previstos.

El SG-CRYO hace hincapié en la necesidad de documentar las necesidades de observación de la criosfera para las esferas de aplicación en el marco del examen continuo de las necesidades de la OMM, que es fundamental para subsanar la gran fragmentación actual. Dicho análisis debe suponer un examen crítico de las capacidades de los sistemas de observación (*in situ* y por teledetección), con miras a poner de relieve las principales deficiencias de capacidad de los sistemas de observación de la criosfera existentes y encontrar oportunidades que permitan lograr un conocimiento más profundo de las incertidumbres de las observaciones de la criosfera (*in situ* y por teledetección), en particular a través la promoción continua de las intercomparaciones.

Se recomienda una medida prioritaria para sintetizar las necesidades de observación para la PTN mundial y el reanálisis climático, al objeto de que se tengan en cuenta para la Red Mundial Básica de Observaciones (GBON).

Recomendación 5

**Datos sobre la criosfera en la Política Unificada de Datos de la OMM**

El SG-CRYO recomienda que el Grupo Consultivo de la VCG colabore con el Comité Permanente de Sistemas de Observación y Redes de Vigilancia de la Tierra (SC-ON) con el fin de revisar y actualizar de manera rutinaria el [anexo 1 a la Resolución 1 (Cg-Ext(2021))](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11140#page=16) relativo a la Política Unificada de Datos de la OMM, para especificar el conjunto mínimo de datos fundamentales sobre la criosfera que los Miembros deberán intercambiar de forma gratuita y sin restricciones, así como los datos recomendados que consideren que deben especificarse, y elaborar proyectos de modificación de los reglamentos técnicos correspondientes para su examen por parte de la INFCOM.

Recomendación 6

**Datos de la criosfera: normalización y mayor acceso a través del Sistema de Información de la OMM (WIS)**

El SC-CRYO recomienda que la INFCOM encargue al Grupo Consultivo de la VCG que trabaje con los Comités Permanentes de la INFCOM y los asociados pertinentes con el fin de abordar las deficiencias en la normalización de las observaciones y los datos de la criosfera, así como para promover y facilitar el intercambio de datos polares y de la criosfera mediante la aplicación de normas en materia de la interoperabilidad que cumplan con los principios rectores FAIR (Fáciles de encontrar, Accesibles, Interoperables y Reutilizables), y en el marco del WIS. A este respecto, el SG-CRYO ha definido tres prioridades fundamentales:

1) Elaborar y proponer actualizaciones, cuando sea necesario, del Reglamento Técnico de la OMM, en relación con las normas de medición y notificación de datos y las mejores prácticas para todos los componentes de la criosfera, y promulgar su adopción en el marco de la ejecución de la VCG;

2) Facilitar la integración de los datos pertinentes sobre la criosfera y datos de terceros en el WIS, con especial atención en el intercambio de datos en tiempo real;

3) Fomentar acceso y el archivo a largo plazo de los datos de la criosfera, por ejemplo, a través Centros de Datos especializados.

Recomendación 7

**Integrar las funciones específicas de la criosfera en el Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (GDPFS)**

El SG-CRYO recomienda que el Grupo Consultivo de la VCG y el Comité Permanente de Proceso de Datos para la Modelización y Predicción Aplicadas del Sistema Tierra (SC-ESMP) faciliten la integración de las funciones específicas de la criosfera en el marco del GDPFS, de modo que reflejen las necesidades de información de las regiones polares y de alta montaña, aprovechando la experiencia de los Centros Regionales sobre el Clima en red para el Ártico (ArcRCC-Network) y los Centros Regionales sobre el Clima en red para el Tercer Polo (TPRCC‑Network), y las recomendaciones de la Cumbre de la OMM sobre las Regiones de Alta Montaña celebrada en 2019, que siguen siendo muy pertinentes.

Deberán tenerse en cuenta las necesidades de información de múltiples ámbitos y escalas sobre las regiones polares y de alta montaña, por ejemplo, un vínculo más estrecho clima-hidrología.

Recomendación 8

**Enfoque sistemático de los peligros relacionados con la criosfera en el actual marco de reducción de riesgos de desastre de la OMM**

El SG-CRYO recomienda que se lleve a cabo un ejercicio de evaluación para permitir la integración de los peligros relacionados con la criosfera en el marco de reducción de riesgos de desastre de la OMM, como una actividad de colaboración de la INFCOM y la SERCOM. Este enfoque debe apoyar la iniciativa prioritaria de la OMM de Sistemas de Alerta Temprana para todos.

El SG-CRYO recomienda que la INFCOM encargue al Grupo Consultivo de la VCG que facilite la participación de los asociados pertinentes con experiencia demostrada en este ámbito, como la Asociación Internacional de Ciencias de la Criosfera, el Programa sobre el Medioambiente del Tercer Polo, entre otros.

En este ejercicio se establecerán los componentes que deben tenerse en cuenta en el marco de las actividades de la OMM, por ejemplo, la definición y catalogación de los peligros, los requisitos de observación y de acceso a los datos, la vigilancia de fenómenos extremos, las prácticas en materia de alerta temprana, otras investigaciones, etc.

Recomendación 9

**La criosfera en el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS)**

El SG-CRYO recomienda que la INFCOM encargue al Grupo Consultivo de la VCG que entable un diálogo con el Comité director del GCOS sobre la evolución de la vigilancia de la criosfera en el marco del GCOS aprovechando la evolución de los enfoques de las variables climáticas esenciales, como el hielo marino (Lavergne y otros, 2022[[7]](#footnote-8)).

El SG-CRYO reconoce la necesidad de abordar las necesidades cambiantes de monitoreo del clima por parte de los Miembros a diferentes escalas a través de una estructura revisada de las variables climáticas esenciales, coordinada por el GCOS, para apoyar eficazmente la vigilancia del cambio climático y sus consecuencias en las montañas y las regiones polares. Al preparar esta recomendación, el SG-CRYO tomó nota del trabajo realizado para definir las variables compartidas del Ártico, como se propuso en la estrategia *Roadmap to Arctic Observing and Data Systems* (ROADS) (Hoja de Ruta para los Sistemas de Observación y Datos del Ártico) de la iniciativa Refuerzo de las Redes de Observación del Ártico (SAON), así como la consideración de las variables climáticas esenciales de montaña[[8]](#footnote-9). El Grupo reconoció los posibles vínculos con los servicios climáticos operativos. Un sistema armonizado que reconozca la complejidad necesaria, sin dejar de ser parsimonioso, sería valioso para la comunidad mundial.

Recomendación 10

**Hoja de ruta de la investigación a los servicios para las regiones polares y de alta montaña**

El SG-CRYO insta a la INFCOM a que trabaje con la Junta de Investigación y aproveche la oportunidad que brinda la conclusión del proyecto del Año de la predicción polar para elaborar una hoja de ruta que permita traducir los resultados de la investigación madura en servicios sostenibles. El Grupo señala la necesidad de abogar por los recursos necesarios para traducir los conocimientos generados en capacidades sostenibles e incorporar las lecciones aprendidas, por ejemplo, la participación de los usuarios en la fase de diseño.

El SG-CRYO opina que las importantes inversiones realizadas por los Miembros para organizar proyectos de investigación a gran escala, como en el Año de la predicción polar, deben conducir a mejoras sostenidas para la comunidad de la OMM, por ejemplo, la optimización de los sistemas de observación y datos en aquellas regiones con escasez de datos, la mejora de los modelos, etc.

En términos más generales, el SG-CRYO reconoce la importancia de otros proyectos coordinados de investigación y campañas de observación a nivel internacional para avanzar en la comprensión y la representación de los procesos físicos de la criosfera en el sistema Tierra. El Grupo tomó nota de la oportunidad del Programa y Experimento Multiescalar sobre el Transporte y el Intercambio en la Atmósfera sobre Montañas (TEAMx), la Segunda Expedición a la Meseta Tibetana (STEP2), de los Panneles Hidrolomáticos Regionales sobre el Experimento Mundiale sobre la Energía y el Ciclo Hídrico (GEWEX) del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), así como de los organizados bajo los auspicios del Proyecto relativo al clima y a la criosfera (CliC), también del PMIC.

Recomendación 11

**Seguir investigando sobre cuestiones clave de la criosfera y sus impactos, desde la escala local a la mundial**

El SG-CRYO recomienda que se lleven a cabo más investigaciones bajo la coordinación de la Junta de Investigación y con la participación activa de las comisiones técnicas para mejorar la capacidad de los Miembros de abordar las nuevas necesidades de información.

Sobre la base de su evaluación, el SG-CRYO identificó beneficios derivados de:

1) Una mejor compresión y representación en modelos numéricos de los procesos específicos de las zonas polares y de alta montaña implicados en los rápidos y profundos cambios climáticos que afectan a todas las regiones del planeta, y

2) El avance en la capacidad de modelización para satisfacer la creciente demanda de productos y servicios meteorológicos, climáticos e hidrológicos de ámbito regional a local mediante la síntesis de observaciones históricas y nuevas, la mejora de la fidelidad de los modelos, los análisis y los resultados operativos.

La lista no exhaustiva de áreas de consideración para futuras investigaciones incluye:

● Una mayor resolución espacial y temporal de los modelos: una resolución que permita la convección para la proyección climática, y pronósticos de PNT a escalas acordes a necesidades específicas

● El examen de la compensación entre los enfoques de mayor resolución y los enfoques de conjunto que pueden dar información probabilística

● La normalización del proceso posterior, de modo que el resultado de los modelos debe prestarse ello en las escalas pertinentes

● Los avances en la modelización y predicción de la capa de hielo, los océanos y el sistema Tierra

● La cuantificación de las incertidumbres en evolución, que dan cuenta de las inconsistencias y la representatividad de las observaciones de la criosfera, a escala regional y local, como requisito previo para la puesta en funcionamiento de modelos maduros

● El examen del las observaciones guiadas por modelos, inteligencia artificial y aprendizaje automático

Recomendación 12

**Acceso a los productos espaciales de la criosfera: colaboración con las agencias espaciales**

Las observaciones de la criosfera realizadas desde el espacio son esenciales, especialmente a habida cuenta de que los costes, la dificultad de acceso, las condiciones operativas extremas y la escasa representatividad constituyen obstáculos considerables a la hora de establecer y mantener sistemas de observación de la criosfera *in situ*. La OMM, a través de la publicación de necesidades de observación bien documentadas y el fomento del desarrollo de productos satelitales operativos para la criosfera, para su uso en modelos y aplicaciones operativas, es la organización mejor posicionada para ejercer presión en favor de nuevas misiones satelitales que garanticen la continuidad de los flujos de datos críticos.

A este respecto, el SG-CRYO recomienda que la INFCOM garantice la continuidad de las colaboraciones establecidas con las agencias espaciales que llevan a cabo misiones de observación de la criosfera, aprovechando el éxito del Grupo Especial de Actividades Espaciales de los Polos, bajo el mandato del Grupo de Expertos del Consejo Ejecutivo sobre Observaciones, Investigaciones y Servicios Polares y de Alta Montaña (EC-PHORS), y en el marco de la aplicación de la [Resolución 30 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11030#page=533). Los beneficios se obtendrán gracias a la función de convocatoria de la OMM, movilizando las capacidades únicas y complementarias de cada uno de los respectivos organismos participantes, ya sean de investigación y desarrollo o de orientación operativa.

El SG-CRYO opina que el Grupo Consultivo de la VCG, en colaboración con el Comité Permanente de Sistemas de Observación y Redes de Vigilancia de la Tierra (SC-ON) y con un bucle regular de retorno al EC-PHORS, proporciona el equilibrio adecuado de experiencia y compromiso tanto externamente como con las actividades principales de la OMM, para ofrecer beneficios a los Miembros. La coordinación prevista debería centrarse en facilitar la adquisición y distribución de conjuntos de datos satelitales de la criosfera, polares y de alta montaña, con el objetivo de contribuir al desarrollo de productos derivados específicos en apoyo de la investigación científica de la criosfera y avanzar en el uso para aplicaciones operativas.

Otra de las funciones de la OMM es fomentar las intercomparaciones de productos satelitales de la criosfera, en particular el acceso y la garantía de las observaciones complementarias *in situ*, con el objetivo de mejorar la derivación de las incertidumbres de las variables para apoyar su uso para la asimilación, validación y verificación. El SG-CRYO reconoció el éxito de la VCG en el fomento de tales intercomparaciones (capa de nieve, espesor del hielo marino) y recomienda que continúe con estas actividades en el futuro.

Recomendación 13

**La criosfera como indicador del cambio climático regional y mundial**

El SG-CRYO recomienda que la INFCOM encargue al Grupo Consultivo de la VCG que fomente la definición de indicadores representativos del cambio en la criosfera en apoyo de los servicios hidroclimáticos a diferentes escalas, en colaboración con las estructuras pertinentes de la SERCOM y de las asociaciones regionales, como contribuciones a las publicaciones de la OMM (por ejemplo, el estado del clima mundial y regional) y para la comunicación con los usuarios, por ejemplo, foros sobre el clima, etc. Estos pueden incluir, por ejemplo, los cambios proyectados en los recursos hídricos, las evaluaciones de riesgos, las evaluaciones estacionales y los rastreadores de los cambios en la nieve y el hielo, los fenómenos extremos (para todos los componentes), etc.

Recomendación 14

**El papel de la OMM en la Antártida**

Las actividades de la OMM en la Antártida siempre han sido una prioridad para la Organización, ya que el Segundo Congreso Meteorológico Mundial (1963) estableció el primer Comité Permanente de la Antártida bajo el mandato del Consejo Ejecutivo. Entre 2007 y 2019 esta función fue asumida por el Grupo de Expertos del Consejo Ejecutivo sobre Observaciones, Investigaciones y Servicios Polares y de Alta Montaña (EC-PHORS). Tras la reforma de la gobernanza de la OMM, en la [Resolución 30 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11030#page=533), se restableció el papel del EC-PHORS en la coordinación de las actividades antárticas, centrándose en los compromisos estratégicos y la promoción.

Las consultas entre el EC-PHORS y la INFCOM se coordinaron a través del SG-CRYO, y los informes de las reuniones 10ª y 11ª del EC-PHORS documentan el acuerdo de que los aspectos técnicos relacionados con las observaciones, el intercambio de datos y las mejoras de los métodos e instrumentos de observación en las condiciones extremas de la Antártida se ajusten al mandato de los comités permanentes de la INFCOM, y se reflejen en sus planes de trabajo. El EC-PHORS creó su Grupo Consultivo para la Antártida, con el fin de coordinar su compromiso y su función de promoción.

Como conclusión de la revisión del SG-CRYO de los compromisos en las actividades de la Antártida, se recomienda mantener un fuerte vínculo entre el Grupo Consultivo de la VCG y las actividades de la Antártida, para enlazar con la pequeña comunidad científica activa en esa región.

### 6. Apéndice del informe final del SG-CRYO: relación preliminar de las actividades relativas a *[Federación de Rusia]* la criosfera en los servicios de la OMM

El esquema que figura a continuación ofrece una indicación de la información sobre la criosfera que es necesaria para generar los respectivos servicios, en consonancia con las áreas de servicio coordinadas a través de la OMM.

**Servicios climáticos (SC-CLI)**

a) Pronósticos sobre recursos hídricos a largo plazo: nieve, glaciares, precipitación sólida;

b) aumento del nivel del mar y servicios costeros relacionados: glaciares, mantos de hielo, hielo marino, permafrost;

c) recorrido y flujos de agua dulce hacia los océanos: nieve, glaciares, mantos de hielo, permafrost;

d) retroalimentación del carbono del permafrost: permafrost, nieve (efectos en la profundidad de la capa activa);

e) evolución del paisaje y relación con las normas de infraestructura y consideraciones de diseño: nieve, permafrost, glaciares, mantos de hielo;

f) clima-criosfera: albedo, energía latente, retroalimentación (hielo marino, nieve, mantos de hielo);

g) presupuesto y circulación del agua dulce del océano: nieve, nevadas, hielo marino, manto de hielo;

h) cambios en el ciclo de las precipitaciones, por ejemplo, aumento de la escorrentía de agua dulce por la cantidad de lluvia;

i) cambios regionales en los días de aguas abiertas/año: océano, hielo marino, hielo fluvial, hielo lacustre;

j) proyecciones del cambio climático y flujos de carbono asociados a las condiciones cambiantes del permafrost y del hielo marino (capa de nieve, hielo marino, permafrost).

**Servicios hidrológicos (SC-HYD)**

a) Modelización y predicción hidrológicas operativas *[Federación de Rusia]*: nieve, glaciares, permafrost, suelo congelado;

b) modelización y predicción *[Federación de Rusia]* de las crecidas: predicciones operativas, evaluación del riesgo estacional: acumulación de nieve, hielo lacustre y fluvial, suelo congelado;

c) predicciones de caudales *[Federación de Rusia]* estacionales para fines agrícolas, de gestión de la sequía, de generación hidroeléctrica y de gestión de los recursos hídricos *[Federación de Rusia]*: nieve, glaciares;

d) predicciones de fenómenos relacionados con el hielo: hielo lacustre y fluvial, nieve *[Federación de Rusia]*;

e) proyecciones de recursos hídricos a largo plazo (por ejemplo, decenales) para atender las necesidades vinculadas al nexo agua-alimentos-energía *[Federación de Rusia]*: nieve, glaciares, permafrost.

**Reducción del riesgo de desastres y servicios meteorológicos para el público (peligros, avisos)**

a) Sistemas de alerta (temprana) para hacer frente a los peligros cambiantes de la criosfera:

● Nevadas fuertes, llovizna congelante

● Avalanchas (nieve, condiciones meteorológicas de montaña)

● Colapso de glaciares, desbordamiento repentino de un lago glaciar; desprendimiento de hielo y rocas (glaciares, permafrost de montaña y suelo congelado estacionalmente )

● Erosión costera (permafrost, hielo marino, hielo fijo terrestre, precipitación sólida)

● Cambios en el grosor y la fenología del hielo de los lagos, los ríos y el mar (agua dulce y hielo marino)

b) resistencia de las infraestructuras a las crecidas, al deshielo del permafrost, a la formación de hielo, a las nevadas/ventiscas/bajas polares intensas: nieve, lluvia sobre nieve, permafrost;

c) seguridad alimentaria/reducción del riesgo de los ecosistemas;

d) actividades de subsistencia que se ven fuertemente afectadas por una criosfera cambiante;

e) apoyo a la prevención, preparación y respuesta a emergencias, por ejemplo, búsqueda y salvamento en zonas polares y de alta montaña, apoyo a la respuesta a derrames de petróleo o consecuencias de un aumento del tráfico de buques, etc.

**Servicios meteorológicos marinos y oceanográficos (SC-MMO)**

a) Información rutinaria sobre el hielo para apoyar a los navegantes y a las comunidades;

b) sistemas de predicción del hielo marino, desde las escalas de tiempo operativas hasta las estacionales: hielo marino;

c) seguimiento de icebergs: mantos de hielo, coberturas de hielo, interacciones hielo-océano;

d) presupuestos de agua dulce: nevada/nieve, permafrost para modelos hidrológicos/de escorrentía;

e) mezcla y corrientes: hielo marino, cubiertas de hielo, escorrentía del manto de hielo;

f) planificación a largo plazo de las rutas marítimas, infraestructuras: hielo marino, icebergs.

**Servicios agrícolas (SC-AGR)**

a) Predicciones hidrológicas operativas para orientar el uso del agua: nieve;

b) predicciones estacionales de recursos hídricos para el riego y la gestión de cultivos: nieve, glaciares.

**Servicios energéticos integrados (SG-ENE): prestación de servicios meteorológicos y climáticos para el sector de la energía**

a) Gestión de la explotación de centrales hidroeléctricas y embalses: nieve, glaciares;

b) disponibilidad de agua para plantas de energía térmica, necesidades industriales: nieve, glaciares;

**Servicios ecológicos**

a) Calidad y cantidad de agua vinculadas a la ecología acuática: nieve, glaciares;

b) ecosistemas dependientes del hielo y de la nieve, desde las algas hasta los leminos y los osos polares: hielo marino, nieve, glaciares, mantos de hielo.

**Servicios económicos**

a) Turismo y ocio de montaña: nieve, glaciares;

b) turismo polar: nieve, glaciares, mantos de hielo, icebergs, hielo lacustre, hielo marino, permafrost;

c) transporte estacional, comercio, movilidad a través de carreteras de hielo: hielo marino, lago, río, helada y desglaciación;

d) navegación y pesca comerciales que dependen de las condiciones del hielo: río, lago y hielo marino;

e) actividades de subsistencia (caza, pesca) de las comunidades indígenas, nórdicas y de montaña: nieve, río, lago, glaciares, permafrost, hielo marino;

**Consideraciones sanitarias**

a) Calidad del agua y disponibilidad: nieve, glaciares, permafrost;

b) salud de los ecosistemas acuáticos e implicaciones para la seguridad alimentaria: nieve, hielo de agua dulce;

c) contaminantes heredados (por ejemplo, bifenilo policlorado (BPC)) y virus: glaciares, permafrost.

**Consideraciones geopolíticas y políticas**

a) Asociaciones internacionales y diplomacia científica (por ejemplo, investigación y vigilancia de la criosfera en el marco del Tratado Antártico, grupos de trabajo del Consejo Ártico, el Consejo Internacional de Ciencias, etc.);

b) seguridad hídrica transfronteriza en las regiones de montaña: nieve, glaciares;

c) efectos a escala mundial de la subida del nivel medio del mar.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Marshall, S. J. (2011). *The Cryosphere*. Primers in Climate Science, Princeton University Press. [↑](#footnote-ref-2)
2. IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis.* *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, y B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América. En prensa. doi:10.1017/9781009157896. [↑](#footnote-ref-3)
3. IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* *Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. En prensa. [↑](#footnote-ref-4)
4. IPCC, 2019: *Resumen para responsables de políticas*, en: *Informe especial sobre el océano y la criosfera en un clima cambiante del IPCC* [H.O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. En prensa. [↑](#footnote-ref-5)
5. Su y otros, 2019: “Cryosphere Services and Human Well-Being”, en *Sustainability*, 11(16), 4365; doi:10.3390/su11164365 [↑](#footnote-ref-6)
6. Rotach, M. W. y otros (2022). “A Collaborative Effort to Better Understand, Measure, and Model Atmospheric Exchange Processes over Mountains”, en *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103(5), E1282-E1295. Recuperado el 5 de septiembre de 2022, de: https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/103/5/BAMS-D-21-0232.1.xml [↑](#footnote-ref-7)
7. Lavergne, T., Kern, y otros (2022). “A New Structure for the Sea-Ice Essential Climate Variables of the Global Climate Observing System”, en *Bulletin of the American Meteorological Society,* 103(6), E1502-E1521. Recuperado el 5 de septiembre de 2022, de: https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/103/6/BAMS-D-21–0227.1.xml [↑](#footnote-ref-8)
8. James M. Thornton y otros, “Toward a definition of Essential Mountain Climate Variables”, en *One Earth*, vol. 4, núm. 6, 2021, págs. 805–827, ISSN 2590–3322, https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.005.

   (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332221002487) [↑](#footnote-ref-9)