

# Guía para la aplicación de normas de enseñanza y formación profesional en meteorología e hidrología

Volumen I — Meteorología

Edición de 2023

TIEMPO CLIMA AGUA



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA  
MUNDIAL

OMM-N° 1083



# Guía para la aplicación de normas de enseñanza y formación profesional en meteorología e hidrología

Volumen I — Meteorología

Edición de 2023



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA  
MUNDIAL

OMM-N° 1083

#### NOTA DE LA EDICIÓN

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

Conviene informar al lector de que cuando copie un hipervínculo seleccionándolo del texto podrán aparecer espacios adicionales inmediatamente después de <http://>, <https://>, <ftp://>, <mailto:>, y después de las barras (/), los guiones (-), los puntos (.) y las secuencias ininterrumpidas de caracteres (letras y números). Es necesario suprimir esos espacios de la dirección URL copiada. La dirección URL correcta aparece cuando se pone el cursor sobre el enlace o cuando se hace clic en el enlace y luego se copia en el navegador.

OMM-N° 1083

© Organización Meteorológica Mundial, 2023

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

Presidente de la Junta de Publicaciones  
Organización Meteorológica Mundial (OMM)  
7 bis, avenue de la Paix  
Case postale N° 2300  
CH-1211 Genève 2, Suiza

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

ISBN 978-92-63-31083-5

NOTA

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

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

# ÍNDICE

	<i>Página</i>
<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>v</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Contexto de los paquetes de instrucción básica. ....	1
1.2 Principales cambios introducidos en la presente edición .....	3
1.2.1 Jerarquía de los resultados del aprendizaje .....	3
1.2.2 Reducción de las barreras al acceso .....	3
1.2.3 Armonización de los paquetes de instrucción básica con las necesidades a nivel nacional. ....	4
1.2.4 Influencia en las mejores prácticas de enseñanza, aprendizaje y evaluación. ....	4
1.2.5 Perduración de los Paquetes de Instrucción Básica .....	4
1.2.6 Proceso de examen del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos y del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología. ....	5
1.3 Transición a la presente edición .....	5
1.4 Finalidad y naturaleza del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos y del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología	6
1.5 Satisfacción de las necesidades de la comunidad meteorológica .....	6
1.6 Estructura del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos y del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología .....	7
1.6.1 Enfoque basado en los resultados del aprendizaje .....	9
1.6.2 Definición de los resultados del aprendizaje .....	10
1.7 Diseño de actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación .....	15
1.7.1 Aprendizaje de conocimientos declarativos .....	16
1.7.2 Aprendizaje de conocimientos procedimentales. ....	17
1.7.3 Evaluación. ....	17
1.8 Elaboración de planes de estudio. ....	18
1.9 Enseñanza y evaluación inclusivas .....	19
1.10 Estudios de caso de la aplicación de los Paquetes de Instrucción Básica .....	19
1.10.1 Aplicación del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos. ...	20
1.10.2 Aplicación del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología. ....	23
1.11 Los Paquetes de Instrucción Básica en etapas más avanzadas de una carrera ..	23
<b>2. PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA METEORÓLOGOS</b> .....	<b>25</b>
2.1 Interpretación .....	25
2.2 Resultados generales del aprendizaje .....	25
2.3 Requisitos previos en materia de matemáticas y física. ....	26
2.4 Materias obligatorias .....	30
2.4.1 Meteorología física .....	30
2.4.2 Meteorología dinámica .....	34
2.4.3 Sistemas y servicios meteorológicos .....	37
2.4.4 Climatología y servicios climáticos. ....	42
2.5 Resultados profesionales del aprendizaje .....	44
2.5.1 Habilidades de gestión .....	44
2.5.2 Habilidades de comunicación y de trabajo en equipo .....	44
2.5.3 Tecnologías de la información .....	46
2.5.4 Habilidades de investigación .....	48
2.5.5 El contexto histórico y científico de la meteorología .....	49
2.6 Especializaciones selectivas. ....	50
<b>3. PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA TÉCNICOS EN METEOROLOGÍA</b> .....	<b>51</b>
3.1 Interpretación .....	51
3.2 Resultados generales del aprendizaje .....	51
3.3 Requisitos previos en materia de matemáticas y física. ....	52
3.4 Materias obligatorias .....	54
3.4.1 Geografía, oceanografía e hidrología básicas. ....	54

	<i>Página</i>
3.4.2	Meteorología física y dinámica básicas..... 55
3.4.3	Meteorología sinóptica y mesoescalar básicas..... 56
3.4.4	Climatología mundial y local ..... 57
3.4.5	Formación de nubes ..... 58
3.4.6	Parámetros, instrumentos y métodos de observación meteorológicos ..... 58
3.4.7	Control básico de la calidad de los datos climáticos ..... 59
3.5	Resultados profesionales del aprendizaje ..... 60
3.6	Especializaciones selectivas..... 61
<b>4.</b>	<b>REFERENCIAS ..... 68</b>

## PRÓLOGO

Esta guía constituye la nueva edición de la *Guía para la aplicación de normas de enseñanza y formación profesional en meteorología e hidrología* (OMM-N° 1083). Es el fruto de un proceso de tres años que comenzó con una reunión en Ginebra en noviembre de 2018, en la que se examinaron los resultados de una encuesta y documentos de posición de distintos grupos de partes interesadas. En esta reunión, se formó un equipo de expertos para examinar la forma de implementar los cambios determinados.

Este documento tiene por objeto establecer un entendimiento común de las cualificaciones que se exigen a las personas que aspiren a ser consideradas meteorólogas o técnicas en meteorología, de conformidad con la definición del *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49), Volumen I, y ayudar a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) a establecer sus respectivos sistemas de clasificación del personal y programas de formación profesional con el fin de armonizarlos con las normas internacionales. Se espera que las organizaciones adapten o amplíen los conocimientos básicos mínimos de los paquetes de instrucción básica descritos en esta guía para que se ajusten a las circunstancias locales y regionales. Esto alentará a las personas a cumplir con los requisitos necesarios en materia de conocimientos, habilidades y comportamientos para las tareas específicas que deberán llevar a cabo en los puestos que ocupan en sus respectivas organizaciones.

Un tema principal de esta edición ha sido la puesta al día del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (PIB-TM). En ediciones anteriores, se dedicó especial atención al Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M), posiblemente dada su complejidad y su sensibilidad a los factores externos. Esta edición se centra tanto en el PIB-TM como en el PIB-M, habida cuenta de la encuesta mencionada anteriormente y la cantidad sin precedentes de comentarios de los grupos de partes interesadas. Se prevé que las orientaciones que resulten de la parte 3 del presente documento sirvan de apoyo a los SMHN para que sean coherentes en la clasificación de sus técnicos en meteorología y para que cumplan con las normas de cualificación establecidas en el *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49), Volumen I, parte V.

Quisiera agradecer a los equipos de expertos dirigidos por Colleen Rae (Sudáfrica), Steven Callaghan (Reino Unido), Christopher Webster (Nueva Zelandia) y Winifred Jordaan (Sudáfrica) por su compromiso a largo plazo con esta nueva edición, así como por su dedicación a ella. Quisiera hacer extensivo mi agradecimiento a los miembros de los equipos: Diakaria Kone (Níger), Moira Doyle (Argentina), John Peters (Territorios Británicos del Caribe), Noer Nurhayati (Indonesia), Anna Timofeeva (Federación de Rusia), Peter Odjugo (Nigeria), Yao Xiuping (China), Somenath Dutta (India), Kevin Scharfenberg (Estados Unidos de América), Peter Davidson y Mick Pope (Australia), e Isabelle Beau y Ludovic Bouilloud (Francia). También quisiera agradecer a los asesores Robert Riddaway, Sally Wolkowski y John Methven (Reino Unido), y a todas las personas que contribuyeron a la elaboración de este documento, en especial a los directores de los Centros Regionales de Formación y a quienes revisaron la primera versión del texto, así como aquellas que le siguieron, y cuyas valiosas aportaciones han hecho de este documento un mucho mejor producto. Por último, quisiera agradecer al equipo de coordinación de la Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial dirigido por el doctor Yinka Adebayo, con el apoyo del doctor Patrick Parrish (jubilado), Luciane Veeck y Mustafa Adiguzel de la Oficina de Enseñanza y Formación Profesional.



Prof. Petteri Taalas  
Secretario General





## 1. INTRODUCCIÓN

El Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos y el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (en adelante, PIB-M y PIB-TM, respectivamente) definen los requisitos en materia de formación que deben cumplir aquellas personas que estudian para ser meteorólogas o técnicas en meteorología. De acuerdo con el *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49), para ser meteorólogo o técnico en meteorología se deben cumplir los requisitos establecidos en el PIB-M y el PIB-TM. Una vez finalizado el Paquete de Instrucción Básica (PIB), el meteorólogo o técnico en meteorología habrá demostrado, a través del estudio y la aplicación de las ciencias atmosféricas, su capacidad para aplicar, desarrollar y comunicar esta ciencia de forma profesional en beneficio de la sociedad.

Las competencias y habilidades que necesitan los meteorólogos que trabajan en distintos ámbitos, tales como la investigación, la consultoría y la predicción operativa, a menudo se circunscriben específicamente a una región, un país o un servicio determinados, entre otros. De forma similar, las competencias y habilidades que necesitan los técnicos en meteorología que trabajan en distintos ámbitos, tales como la observación meteorológica, la instrumentación y el control de los datos del clima, a menudo son localizados. Estas competencias y habilidades evolucionan rápidamente con los cambios en la ciencia, la tecnología y la prestación de servicios. La función de los PIB es brindar a todos los meteorólogos y técnicos en meteorología los conocimientos y las habilidades de base comunes que puedan utilizar como plataforma para desarrollar las habilidades y competencias necesarias relativas a funciones específicas y seguir aprendiendo a lo largo de su carrera.

El objetivo de esta edición sigue siendo especificar los resultados del aprendizaje que deben alcanzar los meteorólogos y los técnicos en meteorología de todo tipo, en particular los conocimientos y las habilidades de base comunes a los marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Al mismo tiempo, esta publicación ofrece de forma explícita margen suficiente a las instituciones, los Miembros de la OMM y los empleadores para que adapten los resultados del aprendizaje a la naturaleza de sus ciclos de estudios o de sus necesidades nacionales. Esto resulta en una serie de requisitos en apariencia contradictoria: ¿cómo es posible mantener una norma internacional y velar al mismo tiempo por mantener el pragmatismo y la flexibilidad necesarios?

En la última revisión general de los PIB, se sustituyó a las *Directrices de orientación para la enseñanza y formación profesional del personal en meteorología e hidrología operativa* (OMM-N° 258) por la *Guía para la aplicación de normas de enseñanza y formación profesional en meteorología e hidrología* (OMM-N° 1083), volumen I – Meteorología. Este cambio se debió principalmente a la transición de un sistema de clasificación del personal y los planes de estudios conexos a un sistema basado en los resultados del aprendizaje, esto es, un sistema que pone el foco en el progreso de los alumnos. Esta edición va más allá y resume en una serie de resultados generales del aprendizaje la esencia de lo que los meteorólogos y los técnicos en meteorología deben poder hacer e indica expresamente que la función de los resultados más detallados no es limitar, sino orientar a las instituciones.

### 1.1 Contexto de los paquetes de instrucción básica

Desde la publicación de la edición anterior de estas directrices, el cumplimiento del PIB-M<sup>1</sup> se ha vuelto obligatorio para los meteorólogos que prestan servicios para la aviación civil (en calidad de pronosticadores meteorológicos aeronáuticos), lo que naturalmente implica un mayor foco en los contenidos del propio PIB-M. Al mismo tiempo, se ha trabajado intensamente en la definición de la función de las competencias laborales y los marcos de competencias, en particular en lo que se refiere a la predicción y la observación aeronáutica, otras predicciones, servicios climáticos, instrumentación y observaciones. La comunidad también ha comenzado a desarrollar marcos de habilidades, por ejemplo, en relación con la meteorología satelital y la meteorología por

---

<sup>1</sup> O al menos de aquellos elementos que resultan directamente pertinentes para el trabajo de los pronosticadores meteorológicos aeronáuticos. Véase el Reglamento Técnico (OMM-N° 49), Volumen I, parte V.

radar. La OMM ha publicado estos marcos de competencias en *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial).

La adquisición de habilidades y competencias, ya sea como figuren en los marcos de competencia o como las definan los empleadores o las instituciones encargadas de la formación (por ejemplo, las universidades), permite comprobar que una persona es un profesional competente. Obtener estos resultados de aprendizaje establecidos en el PIB-M o en el PIB-TM es un requisito previo a la adquisición de competencias en el ámbito de trabajo. No obstante, el PIB-M y el PIB-TM no establecen competencias laborales y, por tanto, son insuficientes si se los aplica por sí solos para formar a una persona para que realice un trabajo específico.

Cabe reconocer que existen múltiples vías de enseñanza y formación meteorológica para orientar a las personas con el fin de que se desempeñen como meteorólogas profesionales o técnicas en meteorología. Muchos programas de enseñanza y formación incluyen una combinación de conocimientos fundamentales sobre la ciencia de la atmósfera y otros resultados (del PIB-M y el PIB-TM) y habilidades (de los marcos de habilidades). Los programas también pueden comprender otros temas académicos complementarios, a menudo relacionados con los intereses de la institución, o incluso partes importantes de las competencias necesarias para ciertos empleos (de los marcos de competencias).

Las instituciones y los empleadores deben establecer una serie general de resultados del aprendizaje que satisfaga las necesidades a nivel nacional y servirse del PIB-M o el PIB-TM como base para ello. Se anima a los Miembros de la OMM a trabajar en colaboración con instituciones educativas para que los programas educativos se diseñen teniendo en cuenta la futura empleabilidad de los estudiantes y las necesidades en materia de recursos humanos de los SMHN. Para ello, se debe tener en cuenta la necesidad de incluir la aplicación de la ciencia conforme se describe en los marcos de competencias.

Los objetivos principales de esta edición del PIB-M y del PIB-TM son:

- Integrar los PIB en el contexto de un marco general para la educación y la formación que comprenda las bases educativas, las habilidades y los marcos de competencias.
- Velar por que los PIB respondan a las necesidades de funciones laborales diversas y en evolución, y brindar claridad y orientación acerca de cómo aplicar los PIB a esas funciones, para muchas de las cuales las habilidades estándares y los marcos de competencias son esenciales.
- Satisfacer las necesidades de toda la comunidad meteorológica mundial, con independencia de su tamaño o nivel de desarrollo; en especial, eliminar las barreras a la educación y la formación de los meteorólogos y los técnicos en meteorología, que resultan de vital importancia para el suministro de servicios operativos a industrias clave, como la aviación.
- Ser lo suficientemente flexibles para satisfacer necesidades futuras en un mundo en rápida evolución.
- Mantener el rigor intelectual de los PIB para que, aunque los paquetes estén diseñados para que las personas trabajen en funciones relacionadas con la investigación o las operaciones, también sigan ofreciendo una opción atractiva para aquellos que quieran realizar una formación sobre un tema matemático y de base física relacionado con las ciencias de la Tierra.
- Minimizar la cantidad de trabajo necesaria para validar o cambiar los programas existentes y señalar los cambios necesarios.

En las siguientes secciones se describe en detalle cómo se alcanzaron estos objetivos.

## 1.2 Principales cambios introducidos en la presente edición

### 1.2.1 Jerarquía de los resultados del aprendizaje

Para que no se interprete erróneamente que los PIB están compuestos de una serie de temas relacionados pero desconectados, se han establecido una serie de resultados generales del aprendizaje<sup>2</sup> que resumen las capacidades demostrables de los meteorólogos y los técnicos en meteorología. Se pretende que estos resultados generales sean el "pegamento" que conecta a los resultados educativos del aprendizaje y promuevan programas de enseñanza y formación con un enfoque holístico, en los que las interconexiones entre los múltiples componentes se indiquen expresamente y la aplicación de la ciencia para resolver los problemas reales ocupe un lugar central.

Es sabido que la contextualización y la aplicación progresivas del aprendizaje son valiosas para los estudiantes en lo que se refiere a la retención y transferencia de conocimientos.<sup>3</sup> Los PIB fomentarán el uso de este método mediante la aplicación de los resultados generales de aprendizaje. Eso va en línea con las ideas de Rossby (1934), que sostiene que:

Parecería que, entonces, la principal tarea de cualquier institución de formación e investigación meteorológica es cerrar la brecha entre [las personas matemáticas] y [las profesionales]. Esto es, hacer que [las personas expertas] en meteorología tomen conciencia del valor de contar con una formación teórica modesta e inducir a [las personas teóricas] a observar con cierta frecuencia el mapa del tiempo.<sup>4</sup>

Uno de los cambios introducidos en la última puesta al día de los PIB fue la sustitución de una lista de temas por un sistema de resultados del aprendizaje. Hemos continuado y ampliado este trabajo, lo que comprende que los resultados del aprendizaje indiquen explícitamente lo que se espera de un meteorólogo o un técnico en meteorología tras finalizar un programa académico conforme al PIB-M o al PIB-TM. Parte de este trabajo, en especial en lo que se refiere al PIB-M, se ha centrado en los procesos cognitivos de orden superior, con el fin de que los estudiantes y los instructores se concentren en la aplicación de la ciencia a los problemas reales en distintos ámbitos y escalas espaciales y temporales.

Para facilitar el cambio de enfoque de ciertos resultados de aprendizaje, hemos añadido una breve sección que explica la filosofía utilizada y el significado que pretenden transmitir algunos verbos empleados en los resultados.

### 1.2.2 Reducción de las barreras al acceso

Los Miembros de la OMM indicaron en sus respuestas a la encuesta la necesidad de reducir al mínimo la carga, tanto real como aparente, que los PIB imponen a los educadores, los estudiantes y los empleadores. Una forma de fomentar las oportunidades de formación en el ámbito de la meteorología es a través de la reducción de las cargas o las barreras al acceso que suponen la ubicación geográfica, la situación financiera y los compromisos familiares o laborales que imposibilitan la participación en cursos a tiempo completo y a distancia.

Algunos Miembros de la OMM también señalaron que en algunos lugares se aplica un enfoque que consideran demasiado teórico y que, sostienen, se aleja de las necesidades en términos de recursos humanos de los SMHN. Los comentarios se refirieron a la magnitud total de los PIB y a la pertinencia y la naturaleza de ciertas secciones específicas.

<sup>2</sup> La definición de "resultados generales del aprendizaje" se encuentra en la sección 1.6.

<sup>3</sup> Véase, por ejemplo, Hoffman y otros (2017).

<sup>4</sup> Los corchetes empleados en esta cita buscan mejorar el equilibrio de género del texto original.

En lugar de eliminar temas de forma sistemática (no hubo un consenso acerca de qué temas eran innecesarios), se han implementado varios enfoques:

- La información acerca del conocimiento y las habilidades de reflexión que requieren los meteorólogos y los técnicos en meteorología ahora es más específica.
- Se ofrece una variedad de métodos para la enseñanza y la evaluación de los resultados del aprendizaje para evitar que, involuntariamente, el documento resulte prescriptivo.
- Se describen enfoques alternativos para cumplir con los resultados del aprendizaje, como es el caso del Campus Mundial de la OMM, que brinda una plataforma y material de referencia.

Otra manera de reducir las barreras al acceso a las carreras relacionadas con la meteorología es hacer que los programas sean accesibles e inclusivos para todos los miembros de la sociedad, como se describe en la sección 1.9 acerca de la enseñanza y la evaluación inclusivas.

### 1.2.3 ***Armonización de los paquetes de instrucción básica con las necesidades a nivel nacional***

En las últimas secciones de la parte 1 se examina la aplicación de los resultados del aprendizaje para elaborar un programa de estudios y se reafirma que incumbe a las instituciones y los instructores particulares decidirla forma en que se obtienen los resultados en función de las necesidades específicas a nivel nacional o regional. Esta estructura permite una variedad de formas de implementar los PIB. Por ejemplo, el PIB-M puede utilizar un enfoque muy matemático o teórico orientado hacia carreras relacionadas con la investigación o puede emplear enfoques más cualitativos y rigurosos que satisfagan las necesidades de los SMHN para contar con personas que puedan aplicar la meteorología para asistir a clientes en un contexto operativo.

En una nueva sección (1.8) se explica de forma concisa un proceso que puede utilizarse para correlacionar los PIB con programas adaptados a las necesidades nacionales.

### 1.2.4 ***Influencia en las mejores prácticas de enseñanza, aprendizaje y evaluación***

Se añadió una breve sección (en la sección 1.6) en la que se destaca la necesidad continua de incluir prácticas de enseñanza y evaluación basadas en la evidencia en la enseñanza y la formación en meteorología.

### 1.2.5 ***Perduración de los Paquetes de Instrucción Básica***

En secciones ulteriores (2.5 y 3.5) se incluyen una serie de resultados profesionales del aprendizaje para dar orientaciones a las instituciones en ámbitos tales como las técnicas de comunicación y las tecnologías de la información, respecto de los cuales los estudiantes deberán aprender ciertos aspectos para alcanzar los resultados generales.

Asimismo, estas secciones comprenden resultados relacionados con las habilidades de los meteorólogos y técnicos en meteorología presentes o futuros para los que no existan marcos de competencias particulares. En el caso de los meteorólogos, estas habilidades incluyen la investigación y la ciencia de datos. Dichas secciones tienen por objeto servir de base para los debates y para la elaboración de cursos con el fin de responder a las necesidades de estas funciones. Se anima a las instituciones a brindar oportunidades a los estudiantes para que puedan adquirir estas habilidades y aprendan temas complementarios, tales como comercio y gestión, que pueden ser útiles para el desarrollo futuro de sus carreras.

### 1.2.6 **Proceso de examen del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos y del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología**

Es importante actualizar los PIB y las orientaciones conexas a medida que la ciencia, la tecnología y la práctica de la meteorología avanzan. Además, es sabido que, a pesar de la meticulosidad con la que se elaboró esta edición, es posible que se encuentren errores y omisiones tras su publicación.

Para satisfacer estas necesidades, se ha elaborado un proceso de examen que permitirá a los Miembros de la OMM proponer correcciones y modificaciones, así como proceder de forma periódica a la realización de un examen de verificación más proactivo.

La sección titulada "Disposiciones generales" del *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49) describe el proceso que debe llevarse a cabo para implementar cambios sobre las prácticas normalizadas, entre ellas los PIB. El proceso es el siguiente:

- La Oficina de Enseñanza y Formación Profesional solicitará a los Miembros de la OMM que formulen propuestas de modificaciones y recopilará las sugerencias recibidas.
- Si resultase necesario o conveniente modificar los PIB, la Oficina de Enseñanza y Formación Profesional delegará a un equipo de expertos la tarea de examinar los cambios e informar acerca de ellos.
- Si no se recibiesen propuestas de modificaciones por parte de los Miembros de la OMM, un equipo de expertos designado realizará un examen periódico a intervalos de ocho años para que consideren si es necesario poner al día los PIB.
- Si el equipo de expertos recomendase realizar cambios, se celebrarán consultas amplias sobre los PIB modificados y, si estos cambios se apoyan, se remitirán al Congreso para su aprobación.

Si bien las orientaciones de esta edición no forman parte del *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49), las correcciones o las modificaciones sí requieren la aprobación del Consejo Ejecutivo. Para facilitar los cambios necesarios para estas orientaciones, la Oficina de Enseñanza y Formación Profesional se encargará de:

- recopilar sugerencias de correcciones o modificaciones de los Miembros de la OMM;
- mantener y publicar puestas al día cada dos años para los cambios menores y que no supongan controversias;
- llevar a cabo un examen exhaustivo de las orientaciones junto con el examen de los PIB cada ocho años, como se indica anteriormente.

### 1.3 **Transición a la presente edición**

Al preparar la presente edición del PIB-M y el PIB-TM, tuvimos en consideración el trabajo adicional que las instituciones podrían tener que hacer para que sus programas sigan siendo conformes a los paquetes. Muchas instituciones adoptaron la edición anterior muy recientemente, lo que les ha supuesto un reto importante.

Se espera que no sea necesario realizar cambios inmediatos a los programas existentes tras la publicación de la presente edición. Por el contrario, deberá emplearse la filosofía del aprendizaje holístico y pragmático en la que se basan los resultados generales de aprendizaje y los resultados académicos modificados cuando los módulos, cursos o programas sean objeto de exámenes de rutina como parte de los procesos locales de aseguramiento de la calidad.

#### 1.4 **Finalidad y naturaleza del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos y del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología**

El PIB-M y el PIB-TM determinan los conocimientos esenciales que todos los meteorólogos y los técnicos en meteorología profesionales deben adquirir y cómo deben poder utilizar esos conocimientos para reflexionar y tomar decisiones. Por consiguiente, deben reflejar la función de los meteorólogos y los técnicos en meteorología de todo tipo, ya sea de aquellos que desarrollan la ciencia o la práctica de la meteorología, como de aquellos que aplican la ciencia en beneficio de la sociedad.

A los profesionales, con independencia del ámbito de trabajo, no se los identifica necesariamente por lo que hacen, sino por la razón por la cual lo hacen. Estos profesionales toman ciertas medidas en lugar de otras y, para ello, deliberan sobre los asuntos y toman decisiones informadas basadas en sus conocimientos del ámbito y en las habilidades de pensamiento crítico que han desarrollado.<sup>5</sup> Por esta razón, los PIB exigen que los estudiantes adquieran una variedad de conocimientos profesionales aplicados además de las ciencias atmosféricas. El PIB-M, en especial, se centra más en las habilidades cognitivas de orden superior que en detallar los conocimientos declarativos que deberán abordar los planes de estudio.

Las personas que asistan a un SMHN, un Centro Regional de Formación (CRF), una universidad u otra institución para aprender sobre meteorología tendrán una formación previa y una experiencia en meteorología y climatología muy diversas, así como distintas razones para elegir su trayectoria. Asimismo, luego seguirán una amplia variedad de carreras, tanto en meteorología como en otros ámbitos, entre ellos, la investigación, la consultoría, la instrumentación y la predicción. Los PIB no pueden determinar el aprendizaje que satisfará las necesidades individuales de todos los estudiantes o los requisitos de todas las trayectorias profesionales. Necesariamente, este documento debe elaborar ciertas hipótesis acerca del nivel general de formación previa y, al mismo tiempo, brindar directrices sobre las materias, como las matemáticas o la física, que son fundamentales para comprender la ciencia atmosférica.

Esta publicación no puede, ni tampoco pretende, determinar las habilidades y competencias específicas que se requieren en ramas específicas de la práctica profesional, como la predicción, la observación y la investigación. Para poder desempeñarse profesionalmente sin supervisión, las personas deberán contar con una enseñanza y una formación adicional y más específica que complemente o vaya más allá del PIB. En otras publicaciones de la OMM se brindan detalles sobre la forma de alcanzar esto para algunos de los contextos mencionados, como se indica en la sección 1.10, "Estudios de casos de la aplicación de los paquetes de instrucción básica".

#### 1.5 **Satisfacción de las necesidades de la comunidad meteorológica**

Uno de los factores claves que motivó la presente revisión de los PIB fue el deseo de eliminar los obstáculos, tanto reales como aparentes, a la enseñanza y la formación de los meteorólogos y los técnicos en meteorología para satisfacer las necesidades de la sociedad. Uno de los obstáculos que indicaron los Miembros de la OMM era la variedad de resultados del aprendizaje que comprenden los PIB. Algunos dijeron que eran demasiados resultados o que estos eran muy académicos, mientras que otros solicitaron que se añadiesen temas adicionales o que los temas presentes se abordaran con mayor profundidad.

Dado que el tiempo disponible dedicado a los programas de enseñanza y formación es limitado, las consideraciones acerca del alcance y la profundidad de la estructura de los planes de estudios resulta fundamental. Cubrir de forma íntegra un plan de estudios extenso sería costoso y gran parte del conocimiento impartido solo se abordaría muy brevemente y se olvidaría de manera rápida. El psicólogo del desarrollo Howard Gardner sostiene (Brandt, 1993) que "[e]l mayor enemigo de la comprensión es la cobertura. Si estás decidido a abordar todo, en realidad te asegurarás de que la mayoría ... no vaya a comprender".

<sup>5</sup> Véase, por ejemplo, Biggs y Tang (2011), págs. 160 y 161.

En la actualidad, una de las necesidades apremiantes de la comunidad de la OMM es la falta de pronosticadores cualificados según el PIB-M,<sup>6</sup> en particular en el sector de la aviación. Los países menos adelantados en especial, pero también muchos otros países, dependen de los cursos universitarios de países más desarrollados para educar y formar a personas que satisfagan la necesidad urgente de contar con pronosticadores. En el contexto del PIB-M y el PIB-TM, el estudio de la meteorología como disciplina académica es esencial para mantener el vigor de la investigación meteorológica y el desarrollo de la práctica meteorológica, por lo que el sistema de enseñanza y formación mundial debe ser lo suficientemente flexible para cumplir con las necesidades de recursos humanos tanto de la investigación como de los servicios de operaciones.

Esta edición de los PIB se ha elaborado para que pueda aplicarse de forma flexible con el fin de responder íntegramente a esta dificultad. Algunos resultados generales de aprendizaje que se aplican a todos los países son de carácter obligatorio. En el caso de los resultados más específicos, se exige de forma explícita a los Miembros de la OMM y sus instituciones de enseñanza que apliquen dichos resultados de forma flexible con el fin de satisfacer sus necesidades particulares. Más adelante figuran orientaciones detalladas sobre la forma de aplicar estos resultados.

Corresponde a la comunidad mundial de enseñanza y formación velar por que los programas de estudio respondan a las necesidades de quienes aplicarán la ciencia de la meteorología a las necesidades de las personas, las empresas y la sociedad en sus distintas funciones de prestación de servicios, entre ellas lo que tradicionalmente se concibe como la función de los pronosticadores o los técnicos. En el caso del PIB-M, pocas universidades ofrecen cursos de predicción u otros ámbitos aplicados de la meteorología (Hoffman y otros, 2017, pág. 55), por lo que las formaciones posteriores a la contratación deben colmar esta laguna en caso de que los empleadores estén en capacidad de proveerlas. Se espera que hacer más flexibles a los PIB facilite el surgimiento de más programas que reduzcan la brecha entre los estudios académicos y las competencias laborales.

## 1.6 **Estructura del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos y del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología**

Se han desarrollado una nueva serie de resultados generales de aprendizaje<sup>7</sup> que exhiben en términos amplios la filosofía del PIB-M y el PIB-TM mediante la definición del conocimiento y la serie de capacidades comunes a todos los meteorólogos y aquellas comunes a todos los técnicos en meteorología. Estos resultados se alcanzarán por medio del aprendizaje y la evaluación de la ciencia de la atmósfera y otros temas conexos.

La versión anterior del PIB-M agrupaba los resultados del aprendizaje en cinco categorías: materias básicas de matemáticas, física, y materias complementarias; meteorología física; meteorología dinámica; meteorología sinóptica y mesoescalar, y climatología. Esta división de los principales resultados del aprendizaje sigue siendo lógica y útil y se ha mantenido en gran medida por comodidad (aunque con un pequeño cambio de enfoque). No obstante, se han realizado cambios en los resultados dentro de estas secciones en lo que se refiere al contenido y el nivel cognitivo.

La versión anterior del PIB-TM agrupaba los resultados del aprendizaje en las siguientes categorías: materias básicas de matemáticas, física, y materias complementarias; meteorología física y dinámica básica; meteorología sinóptica y mesoescalar básica; climatología básica, e instrumentos y métodos de observación meteorológicos. Como en el caso del PIB-M, se han conservado en gran medida las materias básicas aunque con un pequeño cambio de enfoque. Los resultados del aprendizaje restantes se han reorganizado en ocho materias obligatorias: geografía y oceanografía básicas; hidrología básica; meteorología física, dinámica, sinóptica y mesoescalar básicas; climatología mundial y local; formación de nubes; comunicación; habilidades informáticas; parámetros meteorológicos, y control de calidad de los datos

<sup>6</sup> Aquí, los términos "pronosticador" y "meteorólogo del servicio de operaciones" se utilizan como sinónimos. Para simplificar, se utilizan los términos "pronosticador" y "predicción". Se reconoce ampliamente que las funciones de los pronosticadores han evolucionado. Ahora, los pronosticadores llevan a cabo un número mayor de tareas, muchas de las cuales van más allá de las tareas de predicción que se consideran tradicionales.

<sup>7</sup> La definición de la noción de "resultados generales de aprendizaje" se encuentra en la sección 1.6.1.

climáticos. Además, existen especializaciones selectivas, a saber: técnico meteorológico (por lo general sobre la base de los criterios de competencia pertinentes), observador meteorológico aeronáutico, técnico de instrumentos meteorológicos, técnico de instrumentos de la calidad del aire, observador meteorológico marino, controlador especializado de datos climáticos, y técnico de predicción marina y de predicción para el público.

La jerarquía de estos resultados se presenta en las figuras 1a) y 1b). En la parte superior de la jerarquía se encuentran los marcos de competencia establecidos en la publicación *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial). La *Guía sobre competencias* (OMM-N° 1205) describe más en profundidad las relaciones entre las competencias necesarias para un trabajo en particular y las cualificaciones que se requieren para ejercer una profesión. Los marcos de competencias deben ser la guía principal para evaluar si una persona es competente para ejercer una función, y la *Guía sobre competencias* (OMM-N° 1205) debe consultarse para el empleo de los marcos de competencias.

Si bien los resultados del aprendizaje se presentan en varias secciones diferentes, existen conexiones dentro de las secciones y entre ellas. Por ejemplo, los meteorólogos y los técnicos en meteorología deben ser capaces de sintetizar el conocimiento más allá de estas fronteras para poder resolver problemas y presentar soluciones. Por tanto, es importante tener en cuenta que la división de los resultados del aprendizaje en secciones diferenciadas no significa que los resultados deban enseñarse de forma aislada. Se debe alentar el pensamiento interdisciplinario, que puede incluirse de forma explícita en el plan de estudios.

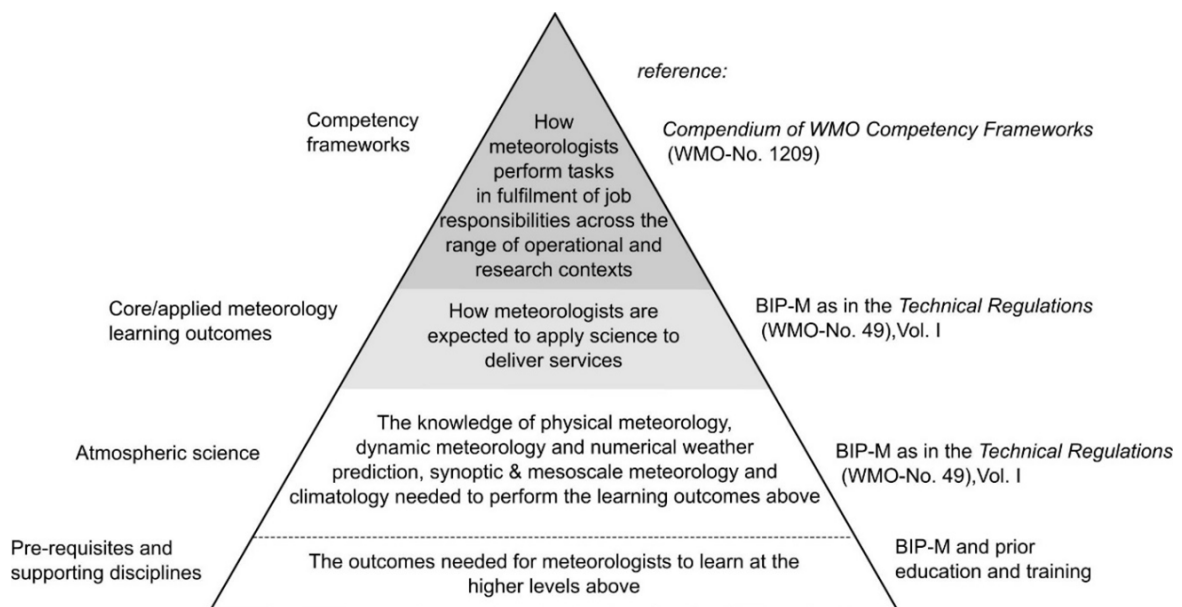
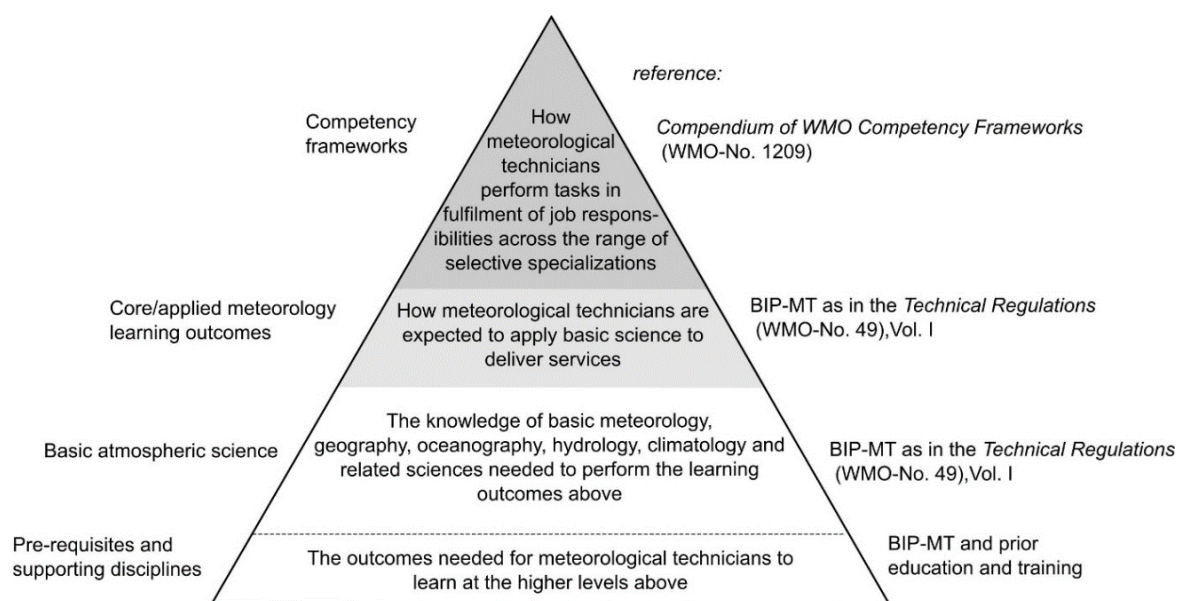


Figura 1a). Jerarquía de la enseñanza y la formación de los meteorólogos





**Figura 1b). Jerarquía de la enseñanza y la formación de los técnicos en meteorología**

### 1.6.1 **Enfoque basado en los resultados del aprendizaje**

La principal innovación incorporada en la última edición de los PIB fue el cambio del plan de estudios general al sistema de resultados del aprendizaje. Las razones detrás de este cambio siguen siendo muy vigentes, tal y como se explica en la edición de 2015 de la *Guía para la aplicación de normas de enseñanza y formación profesional en meteorología e hidrología* (OMM-N° 1083):

[S]e hace más hincapié en los logros del alumno que en los objetivos propuestos por el instructor o en las materias exigidas en el plan de estudios. La especificación de unos resultados del aprendizaje es ventajosa tanto para el instructor como para los alumnos, ya que aporta claridad con respecto a los objetivos del programa de estudios. Además, permite sentar bases más sólidas para evaluar si se ha logrado el aprendizaje requerido.

Gracias a este cambio, los PIB pueden describir la forma en que los alumnos de meteorología deben demostrar los conocimientos adquiridos. La presente versión de los PIB va más allá y emplea el enfoque basado en los resultados del aprendizaje para determinar los objetivos generales de los PIB e indicar expresamente la necesidad de las instituciones de correlacionar los resultados de los PIB con sus propios programas y los resultados del curso, así como las actividades de enseñanza y evaluación con el curso y los resultados de los PIB.

Los resultados del aprendizaje se han clasificado de manera útil (véase, por ejemplo, Krathwohl y Payne (Defining and assessing educational objectives, 1971)) en los siguientes tres niveles de especificidad, aunque en realidad se encuentran en un espectro continuo:

- resultados generales;<sup>8</sup>
- resultados académicos, y
- resultados instructivos.

<sup>8</sup> Krathwohl y Payne (1971) los definen como "resultados globales" (*global outcomes*). Aquí, se emplea "resultados generales" para evitar confusiones.

El PIB-M y el PIB-TM consisten en una serie de resultados generales que, en conjunto, detallan la filosofía y la visión de los PIB. Estos resultados generales constituyen el fin deseado. Para alcanzarlos, se deben estudiar y evaluar los resultados académicos en materia de ciencias de la atmósfera.

Por comodidad y en aras de la continuidad respecto a las ediciones anteriores, los resultados académicos del PIB-M se agrupan en cuatro temas generales: meteorología física, meteorología dinámica, sistemas y servicios meteorológicos,<sup>9</sup> y variabilidad climática, cambio climático y servicios climáticos.<sup>10</sup> Dado que esta edición requiere de una mayor revisión del PIB-TM, los resultados académicos del PIB-TM se agrupan en una serie de materias obligatorias relacionadas con la ciencia de la meteorología, así como especializaciones selectivas que se centran en las competencias que definen y describen las habilidades fundamentales y los conocimientos necesarios fundamentales para cada puesto concreto.

Los resultados generales del aprendizaje y los resultados académicos del aprendizaje, según figuran en el *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49), definen a los PIB. En las partes 2 y 3 de la presente guía figuran algunos fragmentos de dicha publicación, en los cuales se diferencia a estos resultados de los resultados instructivos indicativos y se ofrece un texto explicativo a modo de orientación.

Si bien el PIB-M y el PIB-TM no comprenden resultados instructivos como tales, en los cuadros de las partes 2 y 3 de este documento se presentan algunos de estos resultados con el fin de sugerir el alcance y la profundidad de los resultados que las instituciones podrían establecer. Los resultados instructivos del aprendizaje son los fragmentos detallados de aprendizaje definidos según una base determinada, ya sea por módulo o por actividad de aprendizaje, como parte del proceso de diseño de dichas actividades de aprendizaje para ayudar a los estudiantes a alcanzar los resultados exigidos de acuerdo con el nivel del curso o del módulo. Estos resultados se ampliarán para abarcar los resultados académicos con el fin de incluir los conocimientos declarativos y los conocimientos procedimentales de nivel inferior necesarios para dar prueba de los resultados académicos de nivel superior (consúltense las definiciones en la próxima sección).

El cuadro 1.1 resume las relaciones entre los resultados del aprendizaje generales, académicos e instructivos.

**Cuadro 1.1. Nivel de especificidad de los resultados del aprendizaje. Adaptado de Anderson y otros (2001)**

	<i>Nivel de resultado</i>		
	<i>General</i>	<i>Académico</i>	<i>Instructivo</i>
Alcance	Extenso	Moderado	Reducido
Tiempo necesario para el aprendizaje	Un año o más	Semanas o meses	Horas o días
Finalidad o función	Brindar una visión	Elaborar un programa local	Preparar planes de clases y evaluaciones
Ejemplos de uso	Planificar un programa general de estudio y evaluación	Planificar módulos o unidades de enseñanza	Planificar actividades, clases y ejercicios diarios
¿Se encuentra esto incluido en los Paquetes de Instrucción Básica?	Sí	Sí	No (pero se brindan orientaciones)

### 1.6.2 **Definición de los resultados del aprendizaje**

Como se mencionó anteriormente, las teorías modernas acerca del desarrollo del aprendizaje han apartado el foco del propósito del instructor y lo han centrado en la función

<sup>9</sup> Antes llamado "meteorología sinóptica y mesoescalar".

<sup>10</sup> Antes llamado "climatología".

y la participación activa del estudiante. Los estudiantes no son receptores pasivos de los conocimientos impartidos a través de clases y libros de textos, entre otros métodos, sino que son actores activos que participan en las actividades de aprendizaje a través de distintos procesos cognitivos y metacognitivos<sup>11</sup> y que, mediante estos procesos, les dan sentido sobre la base de su formación y experiencia previa.

Por consiguiente, debemos determinar y especificar de forma explícita el cuerpo de conocimientos que pretendemos que un meteorólogo o un técnico en meteorología aprendan y el tipo de procesos cognitivos que prevemos que apliquen para hacer uso de esos conocimientos. Para garantizar que se utiliza un lenguaje común para describir los resultados del aprendizaje de forma explícita, y para asegurar la continuidad respecto a la edición anterior, utilizamos la versión revisada de la taxonomía de Bloom, de amplio uso en este ámbito (Anderson y otros, 2001).

La taxonomía se compone de dos dimensiones: la dimensión del proceso cognitivo y la dimensión del conocimiento. Ambas dimensiones son necesarias para describir de forma íntegra lo que se espera que un estudiante aprenda y cómo pretendemos que un estudiante demuestre que posee estos conocimientos. En esta sección, resumiremos estas dimensiones y la manera en que las aplicamos a los PIB.

Se deberá procurar no interpretar esta taxonomía de forma jerárquica. Tanto la adquisición de conocimientos declarativos como de los conocimientos procedimentales revisten la misma importancia. Además, no debe considerarse que los procesos cognitivos, tales como recordar o comprender, son menos valiosos que la aplicación o la evaluación. En efecto, estos procesos suelen ser complementarios, ya que es necesario recordar un cuerpo de conocimientos de tipo declarativo para llevar a cabo procesos de orden superior.

### La dimensión del conocimiento

Las primeras versiones de estas orientaciones eran en gran parte planes de estudio generales, es decir, una lista general de los temas que se consideraba que un meteorólogo o un técnico en meteorología debía aprender durante su formación inicial. Desde entonces, si bien los fundamentos de las ciencias de la atmósfera han, en efecto, evolucionado, también se ha producido un cambio transformador en los ámbitos tecnológicos de la computación ubicua, las observaciones por radar y por satélite y la modelización numérica, entre otros. El contexto social y económico en el que trabajan los meteorólogos y los técnicos en meteorología también han cambiado de forma radical.

A medida que el ámbito de los conocimientos meteorológicos ha ido creciendo, la ciencia cognitiva ha transformado nuestro conocimiento acerca de los procesos del aprendizaje humano, es decir, la manera en que organizamos y estructuramos el conocimiento.

**El conocimiento declarativo** se puede dividir en el conocimiento de los hechos y el conocimiento de los conceptos.

El conocimiento fáctico consiste en los términos y los hechos básicos que los meteorólogos y los técnicos en meteorología utilizan para comunicarse acerca de la disciplina. Este tipo de conocimiento es muy específico, dado que las partes del conocimiento fáctico pueden dividirse en pequeños "bits" de información. El aprendizaje del conocimiento fáctico es fundamental tanto para incorporar los tipos generales de conocimiento necesarios, como para aplicarlos en el ámbito de trabajo, pero se debe velar por que los estudiantes (o los instructores) no den demasiada importancia a este tipo de conocimiento. Los estudiantes deben aprender a establecer las conexiones entre los distintos hechos y elaborar los esquemas que describan los conocimientos de un "experto" de la ciencia. Un problema que los estudiantes y sus

<sup>11</sup> Es decir, "pensar acerca del acto de pensar", el conocimiento que las personas tienen acerca de sí mismos como estudiantes, sobre los procesos y las técnicas que pueden utilizar para aprender, y acerca de cuándo emplear estas técnicas. La metacognición se encuentra regulada por la planificación, el seguimiento y la evaluación a conciencia del proceso de aprendizaje (Schraw, 1998).

instructores deben resolver es ser capaces de transferir o aplicar los hechos a las situaciones más complejas con las que se encontrará un profesional, en lugar de simplemente adquirir un cuerpo de conocimientos fácticos considerados "inertes".

El conocimiento conceptual se compone de los esquemas más generales, teorías y modelos mentales o conceptuales que comprenden las interrelaciones entre los hechos de la materia. Contar con un conocimiento profundo de la materia y una comprensión clara de los numerosos hechos es una característica que distingue a un experto en un determinado ámbito, y resulta útil para la aplicación del conocimiento a situaciones nuevas. La mayoría de los resultados del aprendizaje detallados en el PIB-M y el PIB-TM se encuentran relacionados con las formas de conocimiento conceptual.

**El conocimiento procedimental** es el conocimiento acerca de cómo lograr algo, como puede ser resolver una ecuación cuadrática, interpretar un mapa del tiempo o trazar series temporales de datos con Python.

### La dimensión del proceso cognitivo

Si bien es cierto que la retención de conocimiento es una meta académica importante, la transferencia de dicho conocimiento es importante para cualificaciones profesionales como los PIB, en especial el PIB-M. Transferir conocimiento significa contar con una comprensión profunda de este y ser capaz de aplicarlo de distintas maneras a una variedad de tareas y de problemas, así como en situaciones nuevas.

A continuación se presenta una breve explicación de cada proceso cognitivo de la taxonomía, incluida la definición del proceso (Anderson y otros, 2001), ejercicios simples y notas sobre cómo hemos representado el proceso en los resultados del aprendizaje del PIB. Como se ha mencionado anteriormente, no hay una jerarquía inherente en esta lista de procesos (recordar material complejo supone más esfuerzo a nivel mental que crear algo simple), y los verbos seleccionados en los resultados pretenden describir la aplicación más común de los conocimientos de la materia.

**Recordar** significa "recuperar los conocimientos necesarios de la memoria a largo plazo", por ejemplo, ser capaz de reconocer la información presentada como conocimiento previo o recordar información pertinente. Los resultados del aprendizaje generalmente emparejan el proceso cognitivo de "recordar" con el conocimiento fáctico, y resultan importantes para demostrar el aprendizaje efectivo de los hechos empíricos y la terminología fundamentales en una disciplina.

Algunos ejemplos de resultados del aprendizaje que emplean el proceso de "recordar" son:

- "Identifique un ciclón tropical en el mapa del tiempo presentado".
- "Recuerde la definición de temperatura potencial".

Si bien no subestimamos la importancia de recordar hechos para el aprendizaje, hemos intentado evitar el uso de este tipo de resultados del aprendizaje en los PIB, en especial en el PIB-M. En cambio, nos hemos enfocado en procesos cognitivos de orden superior y hemos dejado implícitos los procesos complementarios de orden inferior con el fin de representar de forma clara el pensamiento de orden superior que los meteorólogos y técnicos en meteorología profesionales deben tener.

**Comprender** significa "construir sentido a partir de los mensajes instructivos, entre ellos las comunicaciones orales, escritas y gráficas". "Comprender" en este contexto se refiere al establecimiento de conexiones entre los conceptos de los mensajes instructivos por un lado y, por el otro, de los esquemas existentes en la memoria a largo plazo. Esto brinda al estudiante la capacidad de aplicar los nuevos conceptos junto con los conocimientos existentes y los conceptos en tareas mentales tales como interpretar, ejemplificar, clasificar, resumir, inferir, comparar y explicar.

La capacidad para comprender conceptos, como se define aquí, integra el subconjunto más grande de resultados de los PIB, en particular del PIB-M, en especial en los temas más fundamentales, como la física meteorológica, y las partes más básicas de la meteorología dinámica. En los casos en los que se requiere tanto la comprensión como los procesos de orden superior, hemos indicado los procesos de orden superior, junto con el resultado complementario de la comprensión de forma implícita. Muchos de estos resultados exigen que el estudiante explique un concepto. El verbo "explicar" significa más que solo describir las partes que componen un concepto. Los estudiantes deben comprender las interconexiones y la retroalimentación entre las partes del sistema o del concepto y ser capaces de reflexionar acerca de problemas de causa y efecto.

Muchos educadores se quejan de que resultados del aprendizaje tales como "el estudiante debe comprender la fuerza de Coriolis" no resultan útiles. Dado que "comprender" es un proceso cognitivo interno imposible de observar y de evaluar, no hemos utilizado esta palabra como verbo en los resultados.

**Aplicar** significa "llevar a cabo o utilizar un procedimiento en una situación dada". Estos resultados, que a menudo se emplean en conjunto con los conocimientos procedimentales, se utilizan cuando se requiere la capacidad para ejecutar una tarea, como puede ser un cálculo. En este nivel, los resultados pueden ubicarse en una de dos categorías. En primer lugar, "ejecutar" o "llevar a cabo" un procedimiento conocido para una tarea que resulta familiar. Es el caso de los ejercicios en situaciones de aprendizaje, para los que existe una "receta" para llevar a cabo una tarea y en los que se habrán presentado ejemplos desarrollados. En segundo lugar, implementar un procedimiento desconocido, lo que requerirá que el estudiante determine qué conocimiento conceptual utilizar para elaborar una estrategia que luego empleará para encontrar una solución. Es el caso de los problemas en las situaciones de aprendizaje, en los que el estudiante debe encontrar la forma de resolver un problema.

**Analizar** significa "descomponer material en sus partes constituyentes y determinar cómo estas partes se relacionan entre sí y con una estructura general". Se puede pensar en el análisis como una extensión de la "comprensión" por cuanto se trata del proceso que se utiliza para determinar cómo se relacionan las ideas entre sí, para dar pruebas que justifiquen las conclusiones y para distinguir el material pertinente de aquel extrínseco al tema. Los verbos empleados que requieren que los alumnos utilicen el proceso de "análisis" son "seleccionar", "integrar" y "exponer", entre otros.

**Evaluar** significa "emitir juicios basados en criterios y normas". En el marco de la enseñanza de meteorología, algunos usos pertinentes de la evaluación son detectar incoherencias en un pronóstico y entre el pronóstico y los nuevos datos disponibles, y determinar el mejor enfoque probable para resolver un problema específico.

**Crear** es un proceso cognitivo que a menudo se interpreta de forma errónea por cuanto se cree que requiere la generación de nuevas ideas o procesos. En realidad, comprende funciones omnipresentes en la meteorología, incluso durante la formación, como la elaboración de hipótesis para dar cuenta de los fenómenos observados, planificar una investigación concisa, o incluso producir información meteorológica orientada a las necesidades de los clientes.

Asimismo, en el cuadro 1.2 se definen algunas de las otras palabras y locuciones utilizadas en los resultados del aprendizaje para ayudar al lector a comprender los objetivos de los autores.

**Cuadro 1.2. Definición de palabras utilizadas en los resultados del aprendizaje**

<i>Palabra o locución</i>	<i>Significado que se pretende transmitir</i>
Y (cuando se utiliza para unir dos cláusulas en una oración)	Para simplificar, a veces hemos incluido más de un resultado distinto en una única oración, en cuyo caso el estudiante deberá alcanzar el resultado enunciado en todas las cláusulas.
Por ejemplo	Precede a una lista de posibles temas u opciones.
Tal como	
Incluido	

### Evolución de los resultados del aprendizaje del Paquete de Instrucción Básica (ejemplo relacionado con el Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos)

Para demostrar cómo han evolucionado los contenidos del PIB-M (y sus antecedentes) en los últimos 50 años, en el cuadro 1.3 se presenta un ejemplo de una serie de resultados de meteorología dinámica. El cambio de una lista de temas a unos resultados de aprendizaje susceptibles de ser evaluados se ve representado de forma clara, de la misma forma que el cambio de una perspectiva académica o teórica a una enfocada en la aplicación de la ciencia. Las últimas dos filas ilustran la aplicación del enfoque descrito anteriormente en términos del empleo de habilidades de pensamiento de orden superior.

Este cuadro muestra que ahora es posible diseñar ciclos de estudios basados en el PIB-M en un espectro que va de lo más académico a lo más aplicado, como se ha desarrollado anteriormente, y en el que todos los cursos poseen el mismo valor. Todos los programas deben elaborarse teniendo en cuenta las necesidades de los empleadores y deberán utilizarse una variedad de métodos de enseñanza basados en la evidencia para maximizar la transferencia del aprendizaje.

**Cuadro 1.3. Análisis de los resultados dinámicos del aprendizaje, conforme figuran en las cuatro iteraciones del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos**

<i>Versión</i>	<i>Ejemplos de resultados/temas</i>	<i>Descripción del conocimiento</i>	<i>Nivel cognitivo</i>	<i>Carácter</i>
OMM-N° 258, 1969	Ecuaciones de movimiento en forma de vector, derivadas de la segunda ley de Newton; análisis de la fuerza de la presión y la gravitación; transformación de sistemas de coordenadas no rotantes a sistemas de coordenadas rotantes; análisis de la aceleración centrípeta y la fuerza de Coriolis; concepto de gravedad.	- (lista de temas)	-	Más teórico
	Ecuaciones de movimiento en coordenadas cartesianas (aproximación por plano tangente) y en coordenadas esféricas; órdenes de magnitud de varios términos (basados en observaciones) que lleven a las ecuaciones simplificadas.			
OMM-N° 258, 2001	Campos escalares y campos vectoriales; teoremas de Gauss y Stokes; cinemática de los campos de flujo; material derivado; tasas de cambio eulerianas y lagrangianas; conservación de la masa, el impulso y la energía. Ecuaciones de Navier-Stokes. Sistemas de referencia en rotación; ecuaciones de movimiento en forma de coordenada: coordenadas esféricas; aproximaciones preliminares a las ecuaciones en forma de coordenadas esféricas; parámetro de Coriolis; geometría del plano tangente; aproximaciones a los planos f-y	- (lista de temas)	-	Más teórico
	-.			

<i>Versión</i>	<i>Ejemplos de resultados/temas</i>	<i>Descripción del conocimiento</i>	<i>Nivel cognitivo</i>	<i>Carácter</i>
OMM-N° 1083, 2015	Explicar los fundamentos físicos de las ecuaciones de movimiento en términos de fuerzas y marcos de referencia; aplicar el análisis de escala para determinar los procesos dinámicos en los flujos de equilibrio; describir las características de los flujos de equilibrio, y utilizar las ecuaciones de movimiento para explicar la casi geostrofia, la ageostrofia y la estructura y propagación de las ondas en la atmósfera;	Conceptos	Comprender	Teórico
Presente edición	Describir la aplicación de los conceptos de fuerza, aceleración y marcos de referencia a una física de la dinámica atmosférica, ejemplificada en las ecuaciones del movimiento. Aplicar modelos conceptuales derivados de la meteorología dinámica para explicar y predecir la evolución de la atmósfera en la zona de interés. Evaluar en qué medida los modelos conceptuales se asemejan a la realidad. Utilizar los resultados de los modelos numéricos para representar los fenómenos de interés a partir del conocimiento de las características del sistema de modelización, las escalas espaciales y temporales consideradas y la necesidad de representar la incertidumbre.	Conceptos, procedimientos	Comprender, aplicar, evaluar	Combinación de teoría y aplicación

Desde la primera edición de las *Directrices de orientación para la enseñanza y formación profesional del personal de meteorología* (OMM-N° 258), el PIB-TM ha sido objeto de menos modificaciones que el PIB-M. Ello se debe principalmente a que la amplitud del PIB-M era mayor y, por ende, la necesidad de ponerlo al día, también. En esta edición, se ha prestado casi tanta atención al PIB-TM como al PIB-M y se ha contado con la mayor cantidad de comentarios de retroalimentación de la comunidad mundial desde su creación en 1969 bajo el sistema "Tipo de personal", ahora sustituido.

### 1.7 **Diseño de actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación**

Tradicionalmente, la enseñanza y la formación en la universidad y en contextos profesionales se basaba en clases en las que se brindaba información. Estas clases se complementaban con seminarios y trabajo de laboratorio para ayudar a los estudiantes a profundizar la comprensión y la aplicación del conocimiento. De la misma manera en la que nuestro enfoque para la elaboración de los planes de estudio ha evolucionado de un programa que describía cómo se debía abordar el conocimiento a un enfoque centrado en el estudiante y basado en los resultados, en la actualidad, se ha convertido en una práctica normalizada contar con una más amplia variedad de actividades de aprendizaje en las cuales el estudiante aplica de forma activa los conocimientos.

Habida cuenta de la serie de resultados del aprendizaje que se han definido detalladamente en la sección anterior, diseñar métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación que permitan a los estudiantes alcanzar estos resultados debería ser una tarea sencilla. Desafortunadamente, los métodos tradicionales como las clases magistrales, cuya práctica sigue siendo generalizada, con frecuencia no están bien adaptados para el aprendizaje o la evaluación de nuestros resultados.

El concepto de alineamiento constructivo (Biggs y Tang, 2011) ilustra este proceso, que se representa en la figura 2.<sup>12</sup> El enfoque del alineamiento constructivo se basa en el constructivismo y sostiene que, para aprender a ser eficiente, hay tres elementos que deben ser apropiados y pertinentes entre sí:

- los resultados del aprendizaje;
- las actividades de aprendizaje y de enseñanza que permitan a los estudiantes alcanzar esos resultados, y
- los métodos de evaluación mediante los cuales los estudiantes puedan mostrar que han alcanzado esos resultados.

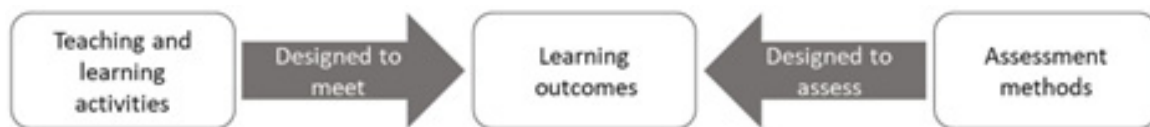


Figura 2. Alineamiento constructivo entre resultados y actividades

### 1.7.1 **Aprendizaje de conocimientos declarativos**

Considérese, por ejemplo, una clase diseñada para cumplir con uno de los resultados del aprendizaje de climatología del PIB-M, a saber, "Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, los mecanismos responsables de la variabilidad del clima y el cambio climático". El verbo de acción en este resultado del aprendizaje es "explicar", que, como se indicó anteriormente, requiere que el estudiante diga a alguien cómo los componentes del sistema climático interactúan entre sí en una cadena compleja de causa y efecto para producir los fenómenos observados. En el cuadro 1.4 se resume el resultado del análisis de una clase para determinar las actividades llevadas a cabo, por un lado, por el instructor y, por el otro, por los estudiantes.<sup>13</sup>

Cuadro 1.4. Análisis de las actividades de una clase

Actividad del instructor	Actividad del estudiante
Presentar	Escuchar
Explicar	Tomar notas
Desarrollar	Comprender (¿comprende el estudiante de forma correcta y lo suficientemente a fondo?)
Proyectar diapositivas y un video	Mirar, tomar notas
Preguntar sobre las diapositivas	Redactar respuestas a las preguntas
Concluir	Escuchar y, si procede, realizar una pregunta

<sup>12</sup> Imperial College London (s.f.).

<sup>13</sup> Biggs y Tang (2011, pág. 134).



En este ejemplo, el estudiante tiene un papel pasivo. El resultado deseado es que el estudiante sea capaz de "explicar" algo, pero no se le da la oportunidad o la motivación necesaria para dar alguna "explicación" en este contexto. La "explicación" del instructor puede ser buena, pero los estudiantes están ocupados recibiendo conocimientos declarativos que se esfuerzan en "recordar". Un estudiante disciplinado con una buena técnica de estudio y suficiente carga cognitiva restante podría construir el esquema de forma interna, incluidas las conexiones entre la información que recibe, y explicar el todo. En caso contrario, el resultado real difiere por completo del resultado pretendido ("recordar" en vez de "explicar").

Para facilitar la adquisición del cuerpo de conocimientos declarativos que se necesitan en el ámbito de la meteorología, se prefieren las actividades en las cuales el estudiante tiene un papel activo y se encuentra en control del aprendizaje por sobre las experiencias en las que tiene un papel pasivo. Puede emplearse una combinación de aprendizaje dirigido por el instructor y aprendizaje dirigido por el propio estudiante. La clave está en que, cuando el estudiante esté escuchando una clase, leyendo de forma activa o participando en un debate grupal, emplee las habilidades metacognitivas correspondientes para poder recuperar de forma activa y utilizar el conocimiento necesario. Si el resultado del aprendizaje es recordar un hecho en concreto, el estudiante debería "recordar"; si el resultado es explicar, entonces el estudiante debería "explicar". En cualquier caso, las necesidades de las actividades de enseñanza y de aprendizaje deben ajustarse con los resultados del aprendizaje.

### 1.7.2 ***Aprendizaje de conocimientos procedimentales***

Muchos de los resultados del aprendizaje de los PIB, en particular del PIB-M, están redactados en función de las habilidades de los procesos cognitivos de orden superior. El conocimiento procedimental asociado con las categorías "aplicar", "analizar", "evaluar" y "crear" de la taxonomía determina realmente lo que significa ser un meteorólogo o un técnico en meteorología profesional.

Las actividades de enseñanza y de aprendizaje deben activar esos procesos cognitivos en el estudiante para que pueda dominar tanto el conocimiento como el uso de esos procesos precisos. Algunos ejemplos de actividades de enseñanza y de aprendizaje que fomentan o requieren el uso de estos procesos son el aprendizaje basado en estudios de casos, los proyectos grupales e individuales y el aprendizaje en el lugar de trabajo (conocido como pasantías o prácticas, entre otros términos).

El desarrollo de las habilidades metacognitivas necesarias, como la resolución de problemas, pueden ser beneficiosas para el aprendizaje de los conocimientos procedimentales, pero desafortunadamente no se suelen enseñar de forma explícita.

### 1.7.3 ***Evaluación***

Al igual que los métodos utilizados en la enseñanza y el aprendizaje, los mecanismos para la evaluación del aprendizaje también deben ajustarse a los resultados del aprendizaje. Los estudiantes deben tener a disposición resultados del aprendizaje claros que especifiquen el conocimiento y los procesos cognitivos necesarios para poder así autoevaluarse y medir su progreso. Un alineamiento constructivo entre el resultado del aprendizaje y el elemento de evaluación debería hacer mucho más fácil la tarea de establecer los elementos de evaluación, pero puede requerir innovaciones en la metodología de evaluación.

Si se pide a los estudiantes que expliquen un conocimiento, los elementos de evaluación deberían darles la oportunidad de explicarlo. De forma similar, los resultados del aprendizaje que requieren que los estudiantes evalúen una situación deben evaluarse de una manera que ponga a prueba el pensamiento crítico y las capacidades analíticas de los estudiantes. En general

es más fácil evaluar la capacidad de los estudiantes de recordar conocimientos declarativos que la aplicación de conocimientos procedimentales, pero si el resultado exige un conocimiento procedimental, entonces es eso lo que debe evaluarse.

Como se describe en la subsección anterior, las actividades como la elaboración de estudios de casos o los proyectos de investigación individuales, entre otros, y la presentación de resultados no solo son útiles para el aprendizaje, sino también para la evaluación de una variedad de procesos cognitivos de orden superior.

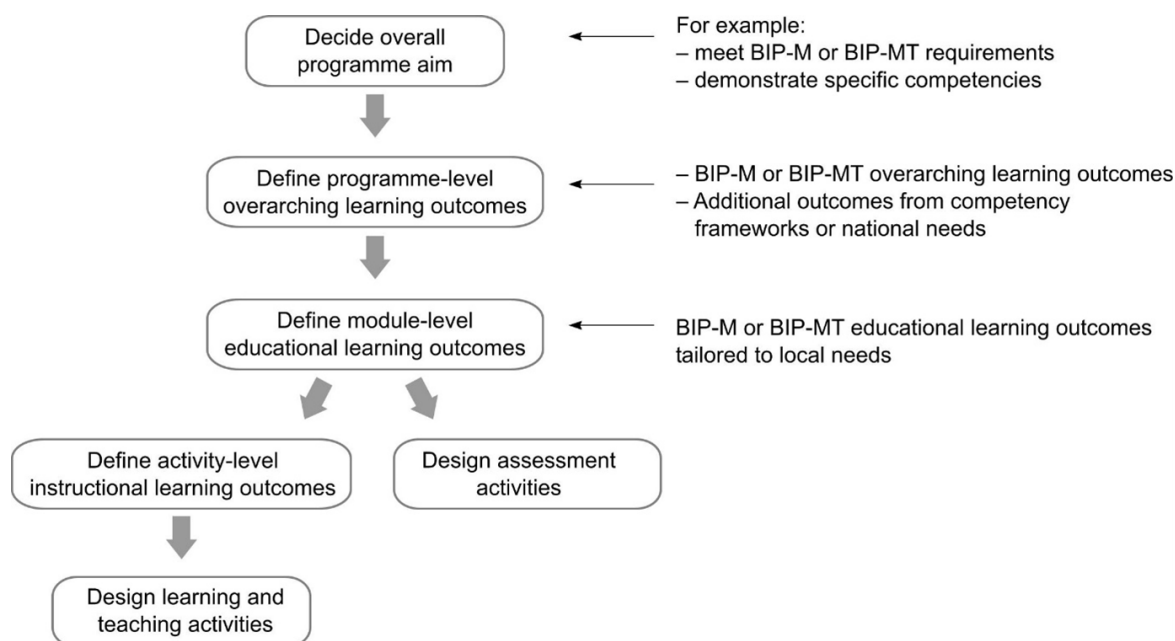
### 1.8 **Elaboración de planes de estudio**

Sigue ocurriendo que las instituciones deben determinar sus propios resultados detallados a nivel del programa, los módulos y las actividades de aprendizaje y evaluación. Las instituciones utilizarán los PIB como una de las bases para determinar estos resultados y deben permitir a los estudiantes alcanzar los resultados generales y académicos. No obstante, los PIB deberán necesariamente adaptarse a las necesidades a nivel regional, nacional y local.

Cuando elaboren programas nuevos o se revisen los existentes, las instituciones deberán adoptar un enfoque sistemático para elaborar sus planes de estudios, como el ilustrado en la figura 3. De esta manera se logra que cada programa cumpla con los requisitos de los PIB y permita a los futuros estudiantes y a sus futuros empleadores comprender de forma clara de qué manera los beneficiará el programa. La adopción de un enfoque holístico y sistemático para la elaboración de los planes de estudio también debería permitir que las conexiones e interdependencias entre los componentes se indiquen de forma explícita y que las actividades estén diseñadas para utilizar estas conexiones. Esto dará a los estudiantes una imagen general de cómo funciona el sistema meteorológico y climático y de cómo los SMHN y otros proveedores de servicios meteorológicos y climáticos contribuyen a la sociedad.

La presente guía no presenta los resultados de enseñanza detallados a nivel modular que sí incluyen las orientaciones detalladas que requieren los instructores que elaborarán los materiales didácticos y las evaluaciones. Ello se debe a que esos resultados dependen de las necesidades locales, las prácticas educativas a nivel nacional y los enfoques pedagógicos. Esta elaboración detallada de las actividades de aprendizaje y de evaluación es de vital importancia y debe ser un acto deliberado que aproveche las prácticas de enseñanza y evaluación basadas en la evidencia y las tecnologías para la educación, entre otros.

Dada la amplia variedad de modalidades de programas, de objetivos y de formación previa de los estudiantes, entre otros, el PIB-M y el PIB-TM no fijan una duración recomendada de los programas. Como se ha mencionado anteriormente, lo que determina que una persona pueda ejercer como meteorólogo o técnico en meteorología es alcanzar los resultados, no pasar una determinada cantidad de tiempo dedicada a las actividades de aprendizaje y evaluación.



**Figura 3. Correlación de los Paquetes de Instrucción Básica con los resultados de los programas**

### 1.9 Enseñanza y evaluación inclusivas

El objetivo 5.3 del *Plan estratégico de la OMM para 2020-2023* (OMM-N° 1225) es la "[p]romoción de una participación equitativa, efectiva e inclusiva en los procesos de gobernanza, cooperación científica y adopción de decisiones". El Plan sostiene:

Las organizaciones que respetan la diversidad y valoran la igualdad de género evidencian una mejor gobernanza, un mayor desempeño y un mayor grado de creatividad. Asimismo, la igualdad de género y el fomento de la autonomía de la mujer son determinantes para lograr la excelencia científica, y son esenciales para satisfacer los retos asociados al cambio climático, la reducción de riesgos de desastre y el desarrollo sostenible, en particular en lo concerniente al ODS 5.

Para contribuir a alcanzar ese objetivo y obtener los beneficios que describe, es importante que se pueda acceder a los programas de enseñanza y educación en igualdad de condiciones y que los materiales de aprendizaje y enseñanza y las evaluaciones estén disponibles para todos y sean representativos de la diversidad de la potencial base de estudiantes. Los programas inclusivos y accesibles para los estudiantes a tiempo parcial, incluidas aquellas personas que necesitan servicios de guardería, benefician en particular a la igualdad de género, como quedó patente durante la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19). Esto aplica de la misma manera al personal encargado de la enseñanza y la formación.

Como se mencionó anteriormente, unos resultados del aprendizaje claros y unas políticas de evaluación justas y transparentes facilitan a los estudiantes el logro de los objetivos y contribuyen a crear una cultura más inclusiva.

### 1.10 Estudios de caso de la aplicación de los Paquetes de Instrucción Básica

No se pretende que las secciones del PIB-M y el PIB-TM dicten la estructura de los cursos o determinen de forma rígida los contenidos de un programa de estudios. Dado que cada Miembro de la OMM, SMHN, universidad u otra institución de formación tendrá sus propios requisitos, sistemas de regulación y sistemas educativos, es necesario elaborar planes de estudios para los cursos y resultados que se ajusten a sus necesidades. Los cursos también incluirán

contenido, como pueden ser otras materias complementarias, cuyo objetivo sea satisfacer los intereses en materia de investigación o los intereses operativos de una institución y velar por que los graduados reciban una educación bien equilibrada.

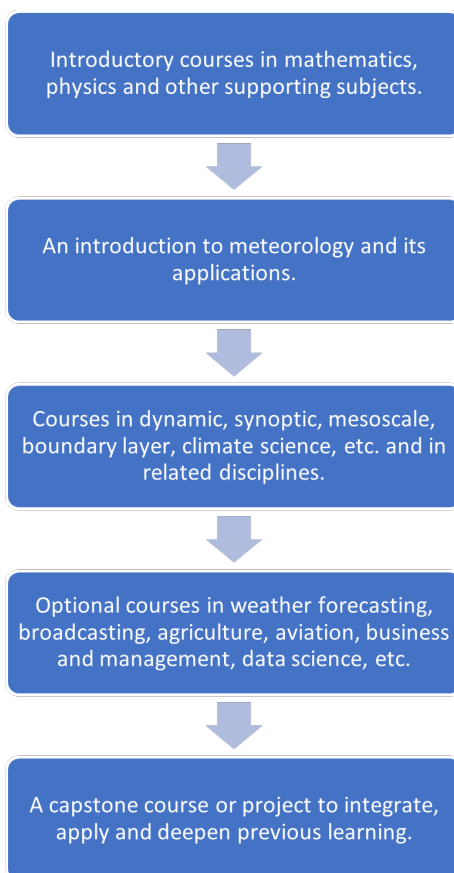
### 1.10.1 ***Aplicación del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos***

Los programas generales descritos a continuación son ejemplos de cómo se puede implementar el PIB-M. No obstante, la aplicación de otras estructuras es igual de válida.

#### **Caso 1 – Programa de licenciatura en Meteorología**

Una forma de implementar el PIB-M es ubicarlo en el centro de un programa de licenciatura en Meteorología de tres o cuatro años de duración. En la figura 4 se presenta un ejemplo general de este tipo de programas. En este ejemplo, se presume que los estudiantes poseen el nivel de cualificación en matemáticas y física propio de la enseñanza secundaria que se requiere para acceder a los programas de licenciatura más avanzados en esos ámbitos.

A menos que el programa incluya cursos específicos de predicción meteorológica u otros ámbitos especializados, ya sean impartidos por el personal académico o en asociación con el SMHN, este tipo de programas no habilita a los graduados a ejercer funciones de predicción si estos no cuentan con una formación posterior.



**Figura 4. Esquema de un programa de licenciatura en Meteorología**

### Caso 2 – Programa de posgrado en Meteorología

Otra forma común de implementar el PIB-M es ubicarlo en el centro de un programa de posgrado en Meteorología, por lo general una maestría de un año de duración. En la figura 5 se presenta un ejemplo general de este tipo de programas. En este ejemplo, se presume que los estudiantes tienen un primer título en un ámbito que, entre otras ventajas, les ha dado la formación necesaria en matemáticas y física, así como la madurez suficiente, para permitirles llegar a este nivel e intensidad de estudio.

A menos que el programa incluya cursos específicos de predicción meteorológica u otros ámbitos especializados, ya sean impartidos por el personal académico o en asociación con el SMHN, este tipo de programas no habilita a los graduados a ejercer funciones de predicción si estos no cuentan con una formación posterior.

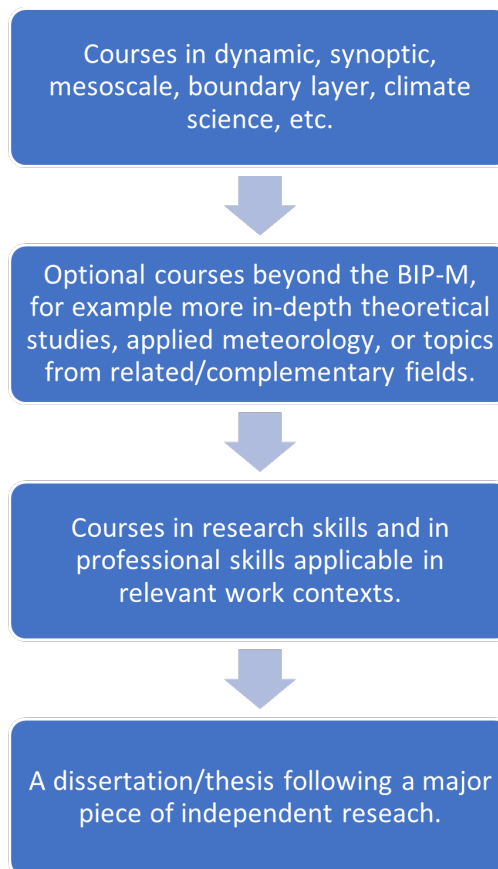
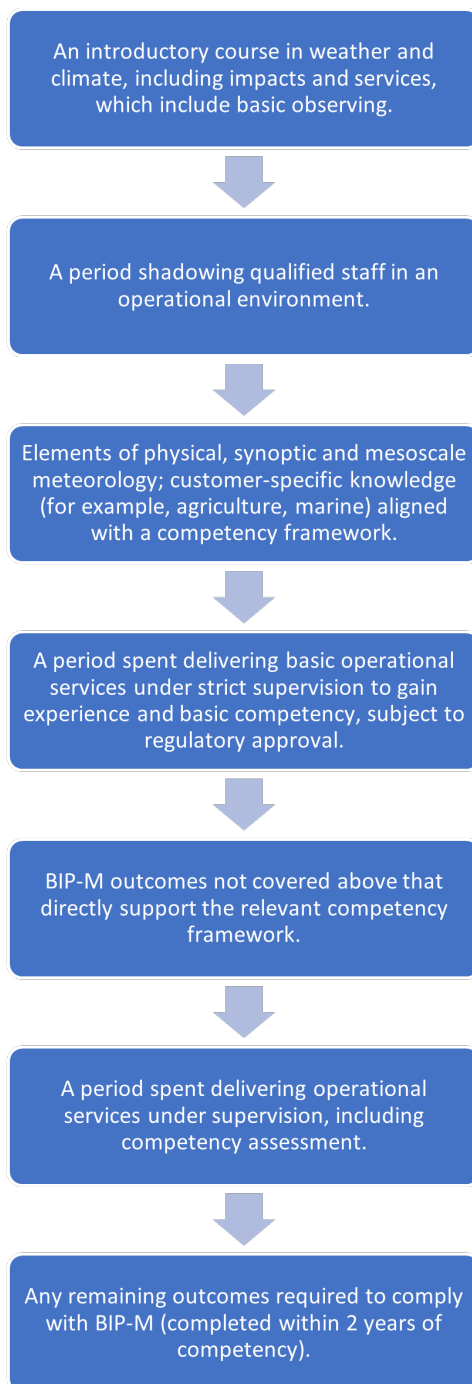


Figura 5. Esquema de un programa de posgrado en Meteorología

### Caso 3 – Curso de predicción de un Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional para graduados o empleados

Este es un ejemplo de un curso en un centro de formación de un SMHN o en un CRF (véase la figura 6). Se presume que los estudiantes son graduados en un tema perteneciente a las ciencias físicas o personal empleado como técnico en meteorología o en otras funciones que cuentan con la educación requerida previamente, probablemente adquirida en el empleo (por ejemplo, por medio de programas en línea acreditados o en universidades locales).

Si bien el nivel de educación necesario para completar los temas del PIB-M es necesariamente equivalente al de un programa de licenciatura, estos programas por lo general no dan lugar a la obtención de créditos universitarios o de un título académico.



**Figura 6. Esquema de un curso de predicción de un Servicio Meteorológico o Hidrológico Nacional para graduados o empleados**

#### **Caso 4 – Ruta de cualificación individual mixta**

La iniciativa del Campus Mundial de la OMM anima a las instituciones educativas a ofrecer oportunidades de enseñanza y formación por fuera del ámbito académico y laboral tradicional. La tecnología actual permite combinar los métodos de aprendizaje, sincrónicos y asincrónicos, dirigidos por los propios estudiantes o por los instructores, en el momento y el lugar que mejor convengan a los estudiantes. Una posible ruta para la cualificación del PIB-M podría ser que las personas accedan al aprendizaje necesario ya sea de un único proveedor o de una variedad de proveedores diferentes.

Este tipo de rutas permitiría abrir el acceso a la enseñanza de meteorología a aquellas personas antes excluidas de la formación por su ubicación, su situación laboral o el cuidado de la familia, entre otras razones.

Dado que no hay un sistema de registro internacional de meteorólogos, sigue siendo responsabilidad de la organización que emplea al meteorólogo en cuestión demostrar que el meteorólogo ha obtenido los resultados del aprendizaje del PIB-M. Para facilitar la presentación de pruebas que lo acrediten, se anima a las instituciones a velar por que sus textos de inscripción, certificados y expedientes académicos especifiquen de forma clara qué resultados del PIB-M pueden obtenerse a través de sus cursos y en qué medida.

#### 1.10.2 ***Aplicación del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología***

Los Miembros han empleado distintos enfoques de enseñanza y formación para formar a sus técnicos en meteorología, desde programas de formación específicos de educación formal en meteorología en escuelas técnicas, CRF y otras escuelas o universidades, a formaciones profesionales y capacitaciones en el trabajo (o una combinación de ambas) sobre observaciones y mediciones meteorológicas. Independientemente del enfoque que se utilice, las instituciones deben cumplir los requisitos del PIB-TM.

Por lo general, los requisitos exigidos en el PIB-TM se obtienen después de finalizar con éxito un programa de enseñanza postsecundaria en alguna institución, como las instituciones de enseñanza de los SMHN, los CRF o los centros de estudios superiores.

El PIB-TM debería impartirse de modo que las personas que culminan con éxito el programa de estudios estén capacitadas para:

- demostrar conocimientos de los conceptos y principios básicos inherentes a sus campos de estudio;
- presentar, evaluar e interpretar datos cualitativos y cuantitativos para emitir juicios razonables de acuerdo con teorías y conceptos básicos de sus campos de estudio;
- evaluar diferentes técnicas para resolver problemas relacionados con sus campos de estudio;
- comunicar los resultados de sus estudios con exactitud y fiabilidad, y
- adquirir más formación profesional y desarrollar nuevas habilidades en un entorno estructurado y gestionado.

#### 1.11 **Los Paquetes de Instrucción Básica en etapas más avanzadas de una carrera**

Los requisitos especificados en el PIB-M y el PIB-TM se han presentado como si normalmente una persona que estuviera cursando un programa de estudios básico en una universidad o institución de formación cumpliera con dichos requisitos. En general, esto suele ocurrir antes o al poco tiempo de que la persona acepta un empleo en un SMHN. Sin embargo, en la práctica, los requisitos para convertirse en meteorólogo o técnico en meteorología pueden satisfacerse a mitad de carrera.

Por ejemplo, es posible que los técnicos en meteorología que hayan adquirido abundantes conocimientos de meteorología gracias a su formación inicial, la formación profesional continua y la experiencia sobre el terreno, deseen cursar un programa de estudios que les permita ser considerados meteorólogos. En ese caso, ya habrán logrado muchos de los resultados del aprendizaje establecidos en el PIB-M. A condición de que el reconocimiento del aprendizaje anterior pueda demostrarse y registrarse oficialmente, el programa de estudios solo ha de abarcar los resultados del aprendizaje que todavía no se hayan cumplido. Las personas

responsables de la formación dentro de un SMHN pueden encargarse de demostrar y registrar la formación previa si el SMHN ha sido designado (si así lo requiriese la autoridad o la oficina de enseñanza nacional) como un centro de "reconocimiento de formación previa". El mismo criterio se aplica a las personas cuya formación inicial no comprende todo el PIB-TM, pero que más tarde en sus carreras profesionales deciden que desean que se les clasifique como técnicos en meteorología.

Los reglamentos y requisitos nacionales o institucionales concretos de un país en particular permitirán determinar si la reclasificación que tiene en cuenta el reconocimiento de la formación previa es una práctica aceptada en ese país.

---



## 2. **PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA METEORÓLOGOS**

Esta parte del documento contiene orientaciones sobre la forma de implementar los resultados del aprendizaje del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M) que figuran en el *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49). En ella se describe el propósito detrás de los resultados tal y como se los ha redactado y se proporcionan más detalles acerca de los temas que podrían incluirse en un programa de estudios para alcanzar los resultados del aprendizaje. Cabe recordar que el nivel de detalle de este capítulo no es exhaustivo ni pretende imponer límites a los Miembros de la OMM a la hora de elaborar los programas. Dicho de otro modo, lo que define al PIB-M son los resultados del aprendizaje de las listas y no el detalle explicativo que figura en los cuadros debajo de esas listas.

En su función profesional, los meteorólogos deben ser capaces de resolver problemas con un alto nivel de creatividad, pensar de forma crítica, elaborar análisis incisivos y llevar a cabo tareas rutinarias y no rutinarias de forma autónoma. Los graduados de programas conformes con el PIB-M deben desarrollar este tipo de procesos cognitivos de orden superior y alcanzar una comprensión profunda de los procesos atmosféricos.

Por esta razón, en los casos en los que sea posible, se evitan las habilidades de pensamiento de orden inferior asociadas con el nivel "recordar" de la taxonomía<sup>1</sup> (reconocer y recordar). Sin duda, hay una gran cantidad de conocimientos declarativos, tanto empíricos como terminológicos, que los meteorólogos deben saber y que proporcionan una base fundamental para las habilidades de orden superior. En la mayoría de los casos, estos conocimientos fácticos pueden encontrarse aquí de forma implícita más que explícita.

También hemos sido prudentes al utilizar verbos relacionados con el nivel de proceso cognitivo "comprender", tales como "explicar" y "describir". A menudo, tanto los estudiantes como los instructores interpretan estos verbos de forma errónea como si requiriesen una simple recitación de una explicación o una derivación, entre otros, cuando, en realidad, exigen la capacidad de construir modelos de sistemas de causa y efecto para demostrar que se ha comprendido un determinado concepto. Para determinar qué significan los verbos en estos resultados dentro del contexto del PIB-M, se deberán emplear las definiciones proporcionadas en el capítulo anterior.

### 2.1 **Interpretación**

En este capítulo, el texto que figura en los recuadros sombreados en gris, como este, contiene fragmentos que se habrán de incluir en la próxima edición del *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49), Volumen I, parte VI. Estos textos tendrán el carácter normativo de las prácticas y los procedimientos normalizados.

El texto restante de la parte 2 contiene descripciones y resultados del aprendizaje recomendados, destinados a orientar a los Miembros de la OMM en la implementación del PIB-M, pero que no tiene carácter normativo.

### 2.2 **Resultados generales del aprendizaje**

Esta sección describe los atributos y las habilidades principales que distinguen a los meteorólogos profesionales, independientemente de la función que puedan llevar a cabo. Como se mencionó anteriormente, estos resultados generales de aprendizaje también pretenden sintetizar la filosofía general del PIB-M mediante la descripción del pensamiento que caracteriza a los meteorólogos profesionales y cómo utilizan los datos y las herramientas a su disposición en su trabajo profesional.

Los resultados aquí descritos no tienen por objeto describir ninguna función en particular y no realizan ninguna presuposición acerca del contexto en el que se podría eventualmente emplear

<sup>1</sup> Véase la sección 1.6.2 ("Definición de los resultados del aprendizaje").

a una persona. No necesariamente se busca que estos resultados se correlacionen directamente con módulos o unidades de estudio. Por el contrario, deben representar el programa de estudio en su totalidad y utilizarse para evaluar el programa con el fin de garantizar que las unidades individuales de estudio contribuyan al objetivo más amplio del programa, que es integrar el pensamiento y la práctica meteorológicos y establecer vínculos entre la teoría, la atmósfera real y la prestación de servicios científicos y profesionales, en beneficio de la sociedad.

#### **Los meteorólogos deberán ser capaces de:**

- combinar de manera sistemática las fuentes disponibles de datos de observación pertinentes para producir análisis coherentes del estado de la atmósfera en las escalas espaciales y temporales consideradas;
- generar hipótesis razonables sobre la evolución de la atmósfera en la región de interés con respecto a los procesos dinámicos y físicos pertinentes y los modelos conceptuales;
- predecir la evolución del estado de la atmósfera y el grado de incertidumbre de esas predicciones, combinando los productos de los modelos numéricos pertinentes con el pensamiento físico y dinámico y los métodos empíricos, con un grado de precisión adecuado a las escalas espaciales y temporales consideradas y a las fuentes de incertidumbre conocidas;
- comparar las predicciones con las observaciones, utilizando métodos cualitativos o cuantitativos para evaluar las hipótesis y garantizar la calidad de los servicios, entre otras cosas poniendo de manifiesto los cambios necesarios en las hipótesis, los productos y los servicios;
- comunicar con claridad y exactitud la información pertinente a colegas, clientes y otras partes interesadas utilizando diversos medios de manera que se reflejen la incertidumbre y los impactos;
- determinar la sensibilidad de la sociedad a los fenómenos meteorológicos y climáticos, recurriendo a otras disciplinas cuando sea necesario, para que la determinación y el aviso de los impactos meteorológicos y climáticos sean fundamentales en la labor de los meteorólogos;
- evaluar los resultados de su trabajo con respecto a las normas pertinentes, tomar medidas correctivas según proceda y contribuir al establecimiento de sistemas y procesos de trabajo, y
- reflexionar sobre su aprendizaje y sus prácticas de trabajo, evaluar de manera crítica su desempeño y utilizar varios enfoques para ampliar continuamente sus conocimientos y competencias profesionales.

Estos resultados del aprendizaje deberán alcanzarse a través del aprendizaje y la evaluación de las materias de la ciencia atmosférica que se describen más adelante en la parte 2, y deberán complementarse, si procede, con los resultados profesionales del aprendizaje y otros resultados según se requiera para satisfacer las necesidades nacionales. Asimismo, deberán apoyarse en el asesoramiento sobre matemáticas y física básicas, también presente en esta parte de las orientaciones.

### **2.3 Requisitos previos en materia de matemáticas y física**

La meteorología, al ser una ciencia física, se basa en la física básica para describir matemáticamente los procesos que se llevan a cabo en la atmósfera. Por consiguiente, los meteorólogos deben tener una formación sólida en matemáticas y física antes de aprender los aspectos específicos de la física de la atmósfera, sobre todo porque incluso los textos introductorios utilizan un lenguaje matemático para describir la ciencia de forma sucinta. Al mismo tiempo, debe tenerse presente que el PIB-M no está diseñado para formar a matemáticos o físicos puros, sino que la matemática es un medio a través del cual las personas pueden aprender conceptos meteorológicos y no un fin en sí mismo.

Por estas razones, el PIB-M contiene resultados del aprendizaje relacionados con las matemáticas y la física, aunque solo en aquellos ámbitos que contribuyen directamente al logro de otros resultados del aprendizaje. Nada de esto impide a las instituciones ir más allá de lo establecido aquí con el fin de dar apoyo a sus enfoques de la enseñanza de la ciencia de la atmósfera, aprovechar y ofrecer cursos introductorios normalizados sobre matemáticas, o preparar a los estudiantes para continuar con estudios más avanzados.

Los resultados que se presentan en esta sección pueden obtenerse de muchas maneras, entre ellas, mediante el uso de alguna o de todas las opciones siguientes:

- Establecer la formación previa que los estudiantes deben obtener antes de comenzar sus estudios de ciencias atmosféricas. Esto puede ser con una combinación de educación secundaria<sup>2</sup> y módulos universitarios de licenciatura de nivel introductorio.
- Incluir módulos introductorios específicos de matemáticas y físicas en un programa integrado de meteorología.
- Integrar la formación dentro del programa principal de meteorología (por ejemplo, mediante la inclusión de la transferencia de radiación electromagnética básica en un módulo sobre teledetección).

**Los meteorólogos deberán ser capaces de:**

- interpretar y aplicar el lenguaje matemático, los conceptos y las técnicas utilizadas en el material didáctico y la literatura de introducción a la meteorología;
- utilizar sus conocimientos matemáticos para adoptar decisiones lógicas y razonadas en la resolución de problemas; reconocer un razonamiento incorrecto; y comunicar sus razonamientos con claridad utilizando el lenguaje matemático;
- aplicar e interpretar las medidas estadísticas básicas utilizadas para resumir los datos meteorológicos y los resultados de las previsiones y analizar los errores;
- realizar representaciones matemáticas de situaciones físicas y meteorológicas, conscientes de la relación entre el mundo real y el modelo matemático e interpretando los resultados de manera razonable, y
- utilizar las leyes básicas de la física para resolver problemas relacionados con la mecánica, la termodinámica, el movimiento ondulatorio y la radiación electromagnética.

Las orientaciones de los cuadros 2.1 y 2.2 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los requisitos previos para comenzar estudios de meteorología:

**Cuadro 2.1. Resultados instructivos recomendados para cumplir con los requisitos previos en materia de matemáticas**

<b>Matemáticas</b>	
Trigonometría	Resolver problemas geométricos simples mediante el empleo de las definiciones de seno, coseno y tangente, y sus funciones inversas, en grados y radianes.
	Describir las funciones seno, coseno y tangente, sus gráficos, simetrías y periodicidad.
	Explicar y aplicar la aproximación para ángulos pequeños.
Logaritmos y exponenciales	Manipular e interpretar expresiones que contengan logaritmos y exponenciales.
	Usar gráficos logarítmicos para estimar los coeficientes de ecuaciones exponenciales.

<sup>2</sup> Muchos de los resultados del aprendizaje relacionados con las matemáticas y la física que se requieren aquí son parte de la cualificación de la educación secundaria, por ejemplo, de los programas para obtener el título de educación secundaria superior, como el *A-level*, el Bachillerato Internacional y el programa *Advanced Placement* de cursos de nivel terciario para estudiantes de secundaria.

Álgebra y funciones	Manipular ecuaciones polinómicas, incluida la distribución de términos con paréntesis, mediante la combinación de términos similares y la factorización.
	Resolver ecuaciones simultáneas con dos variables mediante la eliminación o la sustitución.
	Leer e interpretar gráficos de funciones y trazar curvas definidas por polinomios simples.
	Medir la pendiente y el punto de corte de una gráfica lineal.
Vectores y álgebra lineal	Representar vectores de forma gráfica, emplear la notación de vectores y comparar la representación y la notación.
	Calcular la magnitud y la dirección de un vector y convertir de forma componente a forma magnitud/dirección.
	Sumar y restar vectores y multiplicar vectores por escalares. Realizar estas operaciones de forma algebraica y gráfica.
	Calcular el producto escalar (punto) y el producto vectorial (cruz) de los vectores bidimensionales.
Números complejos	Resolver cualquier ecuación cuadrática con coeficientes reales, incluidas aquellas con raíces complejas.
	Explicar los términos "parte real" y "parte imaginaria".
Cálculo diferencial e integral	Interpretar la derivada de una función como el gradiente de la tangente a la gráfica en un punto y como la tasa de cambio de esa función.
	Explicar la interpretación de la segunda derivada de una función como la tasa de cambio del gradiente y utilizarla para identificar los puntos máximos, mínimos y de inflexión.
	Interpretar el significado físico de las ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales que contengan derivadas espaciales y temporales.
	Interpretar la integral de una función como el área bajo la gráfica y el límite de una suma.
	Utilizar las series de Taylor para aproximar una función a un punto de interés.
Cálculo vectorial	Trazar una representación de los campos escalares de una función dada y de los campos vectoriales en los que se puedan ver la traslación, deformación, divergencia o vorticidad.
	Definir los operadores gradiente, divergencia y rotacional e interpretar los resultados de estos operadores en campos escalares o vectoriales.
Estadística	Interpretar medidas básicas de la tendencia central, el rango y la dispersión de los datos.
	Interpretar datos representados en forma de histograma.
	Explicar los conceptos de probabilidad y probabilidad condicional.
	Interpretar representaciones de función de distribución de probabilidad, función de masa de probabilidad y función de densidad de probabilidad.
	Aplicar una regresión con una o múltiples variables y evaluar la adecuación del modelo resultante a los problemas de predicción.

**Cuadro 2.2. Resultados instructivos recomendados para cumplir con los requisitos previos en materia de física**

<b>Física</b>	
Mecánica	Describir el concepto de fuerza. Explicar y aplicar la primera ley de Newton.
	Sumar fuerzas de forma gráfica o algebraica para encontrar la fuerza resultante de un sistema.
	Describir y aplicar la segunda ley del movimiento de Newton para resolver problemas simples.
	Resolver problemas utilizando el principio de conservación del momento lineal.
	Explicar los conceptos de marcos de referencia eulerianos y lagrangianos, cuándo utilizar cada uno y cómo pasar de uno a otro.
	Explicar el concepto de aceleración centrípeta y describir un movimiento circular en un sistema relacionando la fuerza resultante con la aceleración centrípeta.
	Aplicar el principio de conservación del movimiento angular a los sistemas de rotación.
	Explicar los conceptos de trabajo, energía cinética, energía potencial y energía interna.
	Resolver problemas simples utilizando el principio de conservación de la energía.
	Resolver problemas simples utilizando la relación entre potencia, trabajo y fuerza.
Cinemática	Utilizar el lenguaje de la cinemática para describir sistemas físicos: la posición, el desplazamiento, la distancia, la velocidad y la aceleración.
	Resolver problemas mediante ecuaciones que describen la relación entre distancia, velocidad, aceleración y tiempo para movimientos uniformemente acelerados y rectilíneos.
	Utilizar vectores y cálculo diferencial para describir el movimiento en una y dos dimensiones.
Mecánica de los fluidos	Explicar el concepto de presión hidrostática, transmisión de la presión en un fluido y la ley de Pascal. Explicar por qué la presión disminuye con la altura en la atmósfera.
	Explicar el principio de empuje ascensional y el principio de Arquímedes.
	Describir el concepto de viscosidad.
	Describir un campo de viento u otro campo vectorial en términos de traslación, deformación, divergencia y vorticidad.
	Describir y aplicar los conceptos de función de corriente y potencial de velocidad.
Transmisión de calor	Explicar la relación entre las líneas de corriente y las trayectorias.
	Explicar la base física de la transmisión de calor por medio de la conducción, la convección y la radiación.
Termodinámica básica	Explicar la teoría cinética de los gases y explicar la base física de la temperatura.
	Aplicar las nociones fundamentales de la termodinámica a los sistemas gaseosos, incluidas las leyes de los gases para el aire seco y húmedo, la primera y segunda ley de la termodinámica y la ley de Dalton.
	Explicar la base física del calor sensible, el calor específico, el calor latente y la presión y la saturación de vapor.
	Explicar la base física de los procesos reversibles e irreversibles, la entropía y la entalpía.
	Describir los cambios de fase del agua dentro de un sistema gaseoso y sus efectos en otras partes del sistema.

<b>Física</b>	
Ondas	Describir las propiedades de oscilaciones y ondas y explicar el movimiento armónico simple; resolver problemas mediante la relación existente entre velocidad, frecuencia y longitud de onda.
	Explicar la diferencia entre ondas longitudinales y transversales.
	Explicar las nociones fundamentales del movimiento ondulatorio, en particular los conceptos de la reflexión, refracción, difracción, las velocidades de fase y de grupo de la interferencia, la dispersión de las ondas y las ondas rompientes.
Óptica	Explicar los conceptos de reflexión, refracción, difracción y difusión de la luz.
Radiación electromagnética	Explicar las nociones fundamentales de la radiación electromagnética, a saber, el espectro electromagnético, la radiación de los cuerpos negros, la ley de Planck, la ley de Wien y la ley de Stefan-Boltzmann, así como la difusión, la absorción y la emisión de radiaciones.

## 2.4 **Materias obligatorias**

En esta sección se presentan los resultados del aprendizaje relativos a materias obligatorias para el PIB-M que abarcan las cuestiones fundamentales de la ciencia de la meteorología.

### 2.4.1 **Meteorología física**

La meteorología física se ocupa de la explicación científica de los principales fenómenos atmosféricos. Se basa en conocimientos previos de física y aplica las leyes básicas de la física para explicar la naturaleza observada de la atmósfera. Entre los conceptos de esta materia figuran la estructura termodinámica de la atmósfera, la radiación solar y terrestre, los procesos de la capa límite, la física de las nubes y los principios de los instrumentos y las mediciones. De cierta forma, estos conceptos son elementos básicos que facilitan la comprensión de los fenómenos de mayor escala, pero también pueden aplicarse de manera directa a la resolución de muchos problemas de la meteorología.

#### **Los meteorólogos deberán ser capaces de:**

- utilizar sus conocimientos sobre la composición de la atmósfera y la transferencia de radiación para explicar la estructura de la atmósfera, el balance mundial de energía y el efecto invernadero, así como los fenómenos ópticos habituales;
- utilizar las leyes de la termodinámica para explicar la estratificación estable de la atmósfera y los efectos de los procesos adiabáticos y no adiabáticos, incluidos los efectos del agua; utilizar un diagrama termodinámico para evaluar las propiedades y la estabilidad de la atmósfera;
- resumir los procesos microfísicos que intervienen en la formación de las nubes, las precipitaciones y los fenómenos eléctricos y utilizar un diagrama termodinámico para diagnosticar y predecir estos fenómenos;
- utilizar los conocimientos de los flujos turbulentos y de superficie para explicar la estructura y las características de la capa límite atmosférica y el comportamiento de los contaminantes;
- seleccionar los instrumentos de observación de los fenómenos atmosféricos en superficie y en altitud, teniendo en cuenta sus principios físicos de funcionamiento, las fuentes y características de error e incertidumbre, y las prácticas de control de calidad vigentes, y
- utilizar la teledetección terrestre y espacial pertinente para observar cualitativa y cuantitativamente los fenómenos atmosféricos y de superficie; explicar cómo se realizan las mediciones de la radiación, cómo se convierten en datos atmosféricos y cuáles son los usos y limitaciones de esos datos.

Las orientaciones del cuadro 2.3 deben ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con la meteorología física.

**Cuadro 2.3. Resultados de instructivos recomendados en materia de meteorología física**

<b>Composición atmosférica, radiación y fenómenos ópticos</b>	
Estructura y composición atmosférica	Resumir las características de las capas de la atmósfera (troposfera, tropopausa, estratosfera) de más interés para los meteorólogos con referencia a los componentes principales, la temperatura y el contenido de humedad.
	Resumir la composición de la atmósfera, incluidos los gases traza, los aerosoles, el polvo mineral, la ceniza volcánica y los contaminantes y los efectos de estos componentes.
Radiación en la atmósfera	Explicar los efectos de la variación en la distribución de los componentes atmosféricos (incluidos los aerosoles, el vapor de agua, las nubes, los gases de efecto invernadero y los gases reactivos) y de las condiciones de superficie (humedad, vegetación, capa de nieve) en la radiación entrante y saliente.
Balance mundial de energía	Explicar las variaciones latitudinales y estacionales del clima debidas al balance mundial de energía radiativa, la variación en el flujo solar y las características orbitales de la Tierra.
Fenómenos ópticos	Explicar la transparencia de la atmósfera y la física de los fenómenos comunes de carácter óptico (por ejemplo, los arcoíris, los halos, las coronas, el color del cielo o de las nubes), y describir las condiciones meteorológicas favorables para que se den esos fenómenos.
<b>Termodinámica y física de las nubes</b>	
Termodinámica aplicada	Aplicar las leyes de la termodinámica para resolver problemas básicos sobre la base del entendimiento del concepto de partícula del aire y describir los procesos adiabáticos y diabáticos, los movimientos adiabáticos secos y saturados, y las cantidades conservadas conexas.
Humedad atmosférica	Explicar la base física de los parámetros comunes utilizados para representar la cantidad de humedad en la atmósfera y las aplicaciones de estos parámetros; describir cómo se miden estas cantidades y las relaciones existentes entre ellas.
	Utilizar conocimientos de termodinámica para describir los procesos de cambio de fase del agua, incluidos los efectos de estos cambios de fase en una partícula de aire hipotética y en procesos de mayor escala.
Estabilidad de la atmósfera	Resumir las características de las regiones estadísticamente estables, neutras e inestables en términos de variación en la densidad y el comportamiento de una partícula perturbada.
	Utilizar conocimientos de termodinámica para describir y aplicar los conceptos de inestabilidad condicional, latente y potencial o convectiva.
	Seleccionar los parámetros termodinámicos más pertinentes para examinar las medidas de estabilidad en los datos utilizando conocimientos de la física básica de dichos parámetros.
	Predecir cómo las medidas de estabilidad estática pueden cambiar como resultado de los procesos diabáticos y adiabáticos (por ejemplo, la insolación, la liberación de calor latente y los flujos inclinados).
Diagramas termodinámicos	Utilizar un diagrama termodinámico para determinar o calcular los parámetros comunes utilizados para describir el estado termodinámico de la atmósfera, incluida la estabilidad, a partir de un sondeo.
	Inferir información sobre la estructura de la atmósfera (como puede ser la presencia de nubes y de precipitaciones) y los procesos de escala sinóptica a partir de diagramas termodinámicos.

Nubes y precipitaciones	Describir los procesos microfísicos que dan lugar a la formación, el crecimiento y la disipación de los hidrometeoros atmosféricos, incluidas las gotas de nubes calientes y frías y las partículas de precipitación.
	Describir la estructura macroscópica y la dinámica esencial de los principales tipos de nubes calientes y frías.
	A partir de un análisis de las condiciones sinópticas y mesoescales, predecir la probabilidad de desarrollo de los diversos tipos de nubes y de precipitación, el rocío, la congelación, las heladas y los distintos tipos de niebla; explicar cómo las condiciones locales pueden favorecer o dificultar la formación de este tipo de fenómenos.
Fenómenos eléctricos	Describir los mecanismos causantes de los fenómenos eléctricos de la atmósfera y evaluar la probabilidad de acaecimiento de estos fenómenos en una situación sinóptica y mesoescalar dada.
<b>Meteorología de la capa límite y micrometeorología</b>	
Procesos turbulentos	Describir cómo la naturaleza de las corrientes turbulentas difiere de la de las corrientes laminares; describir los mecanismos para la generación y disipación de turbulencias; describir la función de la viscosidad al proporcionar una condición de contorno inferior que limita a las corrientes de la capa límite.
	Explicar por qué se emplean medidas estadísticas para describir las corrientes turbulentas, los esquemas comunes de promediado utilizados, y la base física para descomponer las variables de flujo en partes medias y fluctuantes.
	Explicar de forma cualitativa cómo surgen los flujos turbulentos de masa, calor, humedad e impulso y cómo actúan para redistribuir estas magnitudes.
	Predecir la evolución de la capa límite en términos de masa, calor, humedad e impulso sobre la base de que los flujos de estas magnitudes son una función de la distribución vertical de sus valores medios.
Intercambios de energía en la capa límite	Describir el balance energético cerca de la superficie de la Tierra y los procesos de intercambio de energía (térmica y cinética) en la capa superficial.
	Describir el balance energético y de masas en la parte superior de las capas límite nubosas y libres de nubes, incluida la función de la turbulencia, el arrastre hacia el interior y la transferencia radiativa.
Estructura y variaciones de la capa límite	Utilizar conocimientos sobre la turbulencia, los procesos superficiales y los procesos superiores de la capa límite para explicar la estructura y la variación diurna de las capas límite estables, neutras e inestables.
Vientos locales	Explicar el impacto del terreno, la costa y las zonas urbanas en los flujos de la capa límite, incluida la circulación inducida térmicamente (por ejemplo, las brisas del mar y de tierra, los efectos de los lagos y los vientos de valle); predecir la probabilidad de que se produzcan estos efectos en una ubicación en una situación sinóptica y mesoescalar dada.
	A partir de una observación pertinente dada, explicar el origen, el significado y los límites de la espiral de Ekman, la hipótesis de longitud de mezcla y utilizar dicha hipótesis para estimar la estructura vertical del viento en la capa superficial.
Contaminantes del aire	Utilizar el conocimiento de los contaminantes comunes y sus fuentes, sumideros, comportamientos y efectos para predecir cómo estos contaminantes pueden dispersarse en función de las condiciones meteorológicas, incluida la estabilidad, y cómo esto puede afectar a la calidad del aire y la visibilidad.
<b>Observaciones e instrumentos <i>in situ</i></b>	
Mediciones en superficie <i>in situ</i>	Explicar los principios físicos en que se basan los instrumentos para llevar a cabo mediciones en superficie de la temperatura, la humedad, la presión, la precipitación, el viento, la altura de las nubes, la visibilidad, la insolación y la radiación y la altura de las olas e indicar las limitaciones y sensibilidad de esos instrumentos.
	Describir la manera en la que se clasifican y se observan los tipos de nubes, de visibilidad y de tiempo, así como los usos y las limitaciones de los datos.



Mediciones en altitud	Explicar los principios físicos en que se basan los instrumentos para registrar mediciones en altitud de la posición geográfica, la presión, la temperatura, la humedad y el viento, así como del ozono y de otros componentes de la atmósfera (por ejemplo, el polvo y la ceniza volcánica).
	Evaluar la utilidad de los instrumentos instalados en globos y aeronaves para el suministro de información respecto de una ubicación concreta, dadas las características del vuelo y la frecuencia de transmisión de estas plataformas.
Características de los instrumentos	Utilizar el conocimiento de las características de los instrumentos de superficie y en altitud para seleccionar las mejores fuentes de datos para observar los parámetros de los fenómenos de interés.
Errores e incertidumbre en los instrumentos	Utilizar los conocimientos de las fuentes comunes de error e incertidumbre en los instrumentos y las técnicas de observación normales para calcular la confianza en una medición particular, incluida la evaluación de los efectos locales que influyen en la representatividad de una observación.
Aplicaciones y limitaciones de las observaciones	Describir las aplicaciones y las limitaciones de las observaciones convencionales para la vigilancia meteorológica y climática y en la elaboración de pronósticos.
Normas mundiales relativas a los instrumentos y a la colaboración	Explicar la importancia de las normas nacionales e internacionales de medición y del cumplimiento de las mejores prácticas para la calibración exacta de los instrumentos.
	Describir la función de la colaboración internacional en la realización y el intercambio de observaciones, prestando especial atención a los sistemas que componen el Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM (WIGOS).
<b>Teledetección</b>	
Estos resultados del aprendizaje tienen por objeto brindar a los meteorólogos los conocimientos fundamentales de los sistemas de teledetección comúnmente utilizados y la capacidad de utilizar los datos de manera inteligente en diversas situaciones. Para utilizar datos de teledetección en el lugar de trabajo, se deberá realizar un aprendizaje posterior. Los cursos elaborados siguiendo el PIB-M, en particular aquellos que atraigan a estudiantes que quieran dedicarse a la profesión de pronosticador, deben tener en cuenta los marcos de competencias de conocimientos y habilidades relacionados con la meteorología satelital y por radar que figuran en la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial), que se basa en los marcos aquí descritos.	
Principios de teledetección	Utilizar datos obtenidos por teledetección mediante radar, satélites y otros sistemas en conjunto con las observaciones <i>in situ</i> , la predicción numérica del tiempo y las orientaciones para establecer una imagen general del estado de la atmósfera y detectar errores ocasionados por el uso de una única fuente de datos aislada.
	Seleccionar datos obtenidos por teledetección pertinentes teniendo en cuenta las características de los distintos sistemas, las zonas geográficas de interés y el problema meteorológico en cuestión.
	Elegir formatos de presentación que maximicen los beneficios de los datos obtenidos por teledetección, como las proyecciones, los esquemas de colores y las animaciones que resulten apropiados.
Teledetección activa	Explicar cómo se utilizan los sistemas de teledetección activa, como los radares, los lidars y los radares sónicos (sodar) para suministrar datos cuantitativos y cualitativos sobre parámetros atmosféricos (por ejemplo, la tasa y el tipo de precipitación, la velocidad y la dirección del viento, las nubes, la humedad, la temperatura, la turbulencia y la carga de aerosoles) y fenómenos (como tormentas, microrráfagas y tornados).

Teledetección pasiva	Explicar cómo se utilizan los sistemas de teledetección pasiva para suministrar datos digitales de la radiación recibida (por ejemplo, en las partes visibles, infrarrojas o de microondas del espectro).
	Describir cómo se utilizan los datos de los sensores pasivos para obtener información como la temperatura, la humedad, la composición de la atmósfera, los relámpagos, la altura de las olas y la humedad del suelo.
Satélites meteorológicos	Describir las características orbitales de los satélites geoestacionarios y en órbita terrestre baja utilizados en meteorología, e indicar los beneficios, las limitaciones y las aplicaciones de los datos obtenidos por estas plataformas.
	Describir las características, limitaciones y aplicaciones de los canales comunes disponibles en los sensores satelitales, como los canales visibles, cerca del infrarrojo, de vapor de agua e infrarrojos.
	Explicar las razones de la combinación de canales, como la creación de imágenes en color rojo-verde-azul (RGB), las aplicaciones de este tipo de imágenes y las ventajas que presenta en comparación con las imágenes de canal único.
	Seleccionar imágenes de canal único o de múltiples canales para observar características comunes de interés, entre ellas los sistemas meteorológicos en escala sinóptica y mesoescala y los peligros naturales.
Radares	Utilizar los conocimientos de los principios físicos de los radares meteorológicos para explicar las limitaciones ocasionadas por el tamaño de la precipitación, los cambios de fase y los efectos atenuantes de las condiciones meteorológicas y los objetivos no meteorológicos.
	Describir cómo se pueden procesar los datos obtenidos por radar para mitigar la atenuación, elaborar datos compuestos provenientes de una red de radares y crear estimaciones cuantitativas de la tasa y el tipo de precipitación o el viento, entre otros.
	Seleccionar las imágenes derivadas de radares más pertinentes (en particular las imágenes de doble polarización si se encuentran disponibles) para complementar otros tipos de datos en la situación sinóptica y mesoescalar dada y el problema meteorológico en cuestión.

#### 2.4.2 **Meteorología dinámica**

Para que los meteorólogos puedan comprender mejor la evolución de la atmósfera y tener la capacidad de inferir las consecuencias de dicha evolución en términos de errores entre los modelos y las observaciones, deben contar con una comprensión profunda de la física de los movimientos atmosféricos, lo que incluye las interacciones y las retroalimentaciones entre las características en los distintos niveles en la atmósfera (Carroll, 1997). La elaboración de modelos numéricos, en los que hoy se basa la mayor parte de la investigación meteorológica y de la meteorología operativa, depende por completo de la dinámica de la atmósfera. Por tanto, el estudio de la dinámica básica y de la modelización numérica constituyen una parte importante de estos resultados del aprendizaje.

Las instituciones deben procurar enseñar la dinámica y la modelización numérica de forma tal que se satisfagan las necesidades de los estudiantes. El enfoque basado en las matemáticas es un enfoque común, que cobra más eficacia cuando se lo acompaña de la aplicación práctica de las ideas dinámicas y de la predicción numérica del tiempo (PNT) a datos reales.

**Los meteorólogos deberán ser capaces de:**

- exponer la aplicación de los conceptos de fuerza, aceleración y marcos de referencia a una física de la dinámica atmosférica, ejemplificada en las ecuaciones del movimiento;
- aplicar modelos conceptuales derivados de la meteorología dinámica para explicar y predecir la evolución de la atmósfera en la zona de interés;
- evaluar en qué medida los modelos conceptuales se asemejan a la realidad, y
- utilizar los resultados de los modelos numéricos para representar los fenómenos de interés a partir del conocimiento de las características del sistema de modelización, las escalas espaciales y temporales consideradas y la necesidad de representar la incertidumbre.

Las orientaciones del cuadro 2.4 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con la meteorología dinámica.

**Cuadro 2.4. Resultados instructivos recomendados en materia de meteorología dinámica**

<b>Dinámica de la atmósfera</b>	
Ecuaciones del movimiento	Utilizar la segunda ley del movimiento de Newton y basarse en las fuerzas que actúan sobre una partícula de fluido para describir la derivación de las ecuaciones horizontales y verticales del movimiento (ecuaciones del impulso) en un marco de referencia inercial.
	Explicar la base física y los efectos de los términos adicionales que representan a las fuerzas aparentes que actúan en un marco de referencia rotatorio.
	Explicar el concepto de geopotencial y las razones por las cuales se utiliza más la altura geopotencial que la altura geométrica.
	Explicar por qué se suele utilizar la presión como la coordenada vertical en las ecuaciones básicas al examinar la circulación atmosférica a escala sinóptica.
Escala de movimiento	Categorizar fenómenos atmosféricos en función de su longitud y escala temporal como fenómenos microescalares, mesoescalares, de escala sinóptica o planetaria.
	Utilizar el concepto de análisis de escala para describir las simplificaciones de las ecuaciones de movimiento apropiadas para cada una de estas escalas de movimiento.
Flujos equilibrados	Describir las simplificaciones llevadas a cabo al derivar los principales tipos de flujos equilibrados (entre ellos los flujos geostróficos, de gradiente, ciclostróficos e inerciales); describir la naturaleza y reconocer ejemplos reales de estos flujos equilibrados.
	Explicar los conceptos de espesor y equilibrio del viento térmico.
Equilibrio hidrostático	Enumerar las simplificaciones realizadas al derivar la ecuación hidrostática, identificar los fenómenos en los que la atmósfera no se encuentra en equilibrio hidrostático y explicar cómo se puede determinar el movimiento vertical según la hipótesis hidrostática.
Movimiento ageostrófico	Utilizar las ecuaciones de movimiento para explicar las causas y repercusiones del movimiento ageostrófico, entre ellas, el efecto de la fricción.
Vorticidad y divergencia	Explicar los conceptos de divergencia y vorticidad y describir los mecanismos que generan cambios en estos parámetros.
	Describir la relación entre la divergencia del viento horizontal y el movimiento vertical.
Vorticidad potencial	Explicar el concepto de vorticidad potencial, con inclusión de las propiedades de conservación e invertibilidad.

Flujo casi geostrófico <sup>3</sup>	Explicar las aproximaciones e hipótesis del sistema casi geostrófico de ecuaciones e identificar situaciones en las que estas hipótesis no se cumplen.
	Exponer la derivación de las ecuaciones de tendencia del geopotencial y omega.
	Dar una interpretación física de los términos de forzamiento y respuesta en estas ecuaciones.
	Utilizar la ecuación de tendencia del geopotencial de forma cualitativa para evaluar la evolución de las características de la atmósfera superior, tales como las vaguadas y las dorsales.
	Utilizar la ecuación omega de forma cualitativa para evaluar la distribución del movimiento vertical asociada con las corrientes máximas, las vaguadas y las dorsales ideales.
Ondas en la atmósfera	Describir las bases físicas y dinámicas de los movimientos ondulatorios de distintas escalas en la atmósfera y sus características, incluidas las ondas acústicas, gravitatorias y de Rossby.
Inestabilidad baroclínica y barotrópica	Describir el crecimiento de las olas por medio del mecanismo de inestabilidad baroclínica, haciendo hincapié en el desarrollo de ciclones de latitudes medias.
	Describir cómo la inestabilidad barotrópica lleva al crecimiento de las perturbaciones en los flujos de cizalladura horizontal.
<b>Modelización numérica<sup>4</sup></b>	
Asimilación de datos	Explicar cómo se obtiene información de las redes y los sistemas de observación y cómo se prepara para utilizarla en un modelo de predicción numérica del tiempo.
	Explicar los principios que sustentan el análisis objetivo, la asimilación de datos (incluidos los sistemas variacionales tridimensionales y cuatridimensionales de asimilación de datos y los esquemas híbridos, con inclusión del uso de conjuntos) y la inicialización.
Modelos de predicción numérica del tiempo	Describir los componentes de un modelo de predicción numérica del tiempo, incluido el núcleo dinámico y la forma en que los procesos físicos y los problemas relacionados con las condiciones de contorno se expresan con parámetros, lo que incluye las interacciones con los modelos oceánicos y de la superficie terrestre.
	Explicar la diferencia entre los tipos de modelos (por ejemplo, los modelos espectrales frente a los de retícula, y los modelos hidrostáticos frente a los no hidrostáticos).
Puntos fuertes y débiles de la predicción numérica del tiempo	Describir las principales fuentes de incertidumbre o error de los modelos numéricos atmosféricos y cómo estas contribuyen a limitar las habilidades predictivas.
	Describir las habilidades típicas de los modelos de escala mundial, regional y convectiva en términos de la escala espacial y temporal de las características con probabilidad de ser pronosticadas más o menos correctamente en un determinado tiempo de aviso.
Conjuntos	Explicar los principios y los beneficios del enfoque de la modelización por conjuntos.
	Explicar cómo se obtiene la información sobre probabilidad de los conjuntos, el efecto en el tamaño del conjunto y la utilidad y las limitaciones de los conjuntos para la predicción de fenómenos extremos.
	Describir las aplicaciones de los resultados de los modelos de conjuntos en la gama de escalas temporales y espaciales.
	Interpretar una serie de resultados normalizados extraídos de los conjuntos, por ejemplo, la probabilidad de exceder los umbrales trazados en los mapas, las funciones de distribución de la probabilidad y los datos estadísticos trazados en un meteograma.

<sup>3</sup> Véanse los resultados conexos de los sistemas y servicios meteorológicos sobre la aplicación de la teoría casi geostrófica.

<sup>4</sup> Véanse los resultados recomendados sobre la aplicación de la PNT en la sección 2.4.3.

Predicciones subestacionales a estacionales	Explicar la base científica de las predicciones mensuales/subestacionales, estacionales e intranuales.
	Acceder a los resultados de las predicciones meteorológicas subestacionales a estacionales y utilizarlos para elaborar orientaciones sobre los impactos probables de los regímenes meteorológicos que se prevé serán dominantes, así como el grado de predictibilidad inherente y el rendimiento del sistema de predicción.
Reducción de escala	Describir las técnicas utilizadas para suministrar información atmosférica regional detallada sobre la base de los resultados de modelos mundiales.
Procesamiento posterior y aplicaciones	Describir las técnicas utilizadas para el procesamiento posterior de los productos de la predicción numérica del tiempo (por ejemplo, el filtro de Kalman o el aprendizaje automático) y los beneficios de su utilización.
	Describir algunas de las aplicaciones basadas en productos de la predicción numérica del tiempo (por ejemplo, modelos de ondas, hidrológicos y de rendimiento de los cultivos).

### 2.4.3 **Sistemas y servicios meteorológicos**

La finalidad de los resultados del aprendizaje presentados en esta sección es brindar a los estudiantes la capacidad de aplicar sus conocimientos de meteorología física y dinámica a los sistemas meteorológicos reales, lo que comprende la capacidad de analizarlos, evaluarlos y realizar predicciones utilizando datos de observación y PNT. Esto permitirá a todos los meteorólogos establecer conexiones entre su ámbito de especialidad y los efectos del tiempo en las personas y en la sociedad.

Las primeras dos subsecciones se refieren a los sistemas de las latitudes medias o polares y tropicales, respectivamente. Bastará con alcanzar todos los resultados de cualquiera de estas secciones para satisfacer los requisitos del PIB-M. De forma similar, la subsección sobre meteorología mesoescalar debe aplicarse en función de la zona de responsabilidad y los fenómenos mesoescalares propensos a producirse en dichas zonas. De este modo, las instituciones y los estudiantes que trabajarán de forma exclusiva tanto en los trópicos como en las latitudes medias tendrán flexibilidad para estudiar únicamente los resultados de interés para sus futuras trayectorias profesionales, en conformidad con los requisitos de los marcos de competencia de la OMM al respecto.

Se recomienda que, incluso para los cursos que se centran de forma exclusiva en las latitudes medias o en los trópicos, los estudiantes realicen al menos un curso introductorio de la otra especialidad de manera que puedan comprender la naturaleza y el lenguaje de la meteorología mundial y puedan utilizarlo como base para futuros estudios.

Las últimas dos subsecciones presentan los conocimientos básicos sobre la observación, el análisis y el pronóstico del tiempo. No obstante, la obtención de estos resultados del aprendizaje por sí sola no habilita a un estudiante para ejercer como pronosticador, y ese tampoco es el objetivo. Las instituciones encargadas de la enseñanza y la formación de los pronosticadores deberán referirse a la publicación *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial).

**Los meteorólogos deberán ser capaces de:**

- aplicar modelos conceptuales de fenómenos sinópticos, mesoescalares y de escala convectiva para integrar los datos observados y de predicción en estructuras coherentes; explicar la formación, la evolución y las características de estos fenómenos mediante los conocimientos de la meteorología física y dinámica;
- detectar, a partir del conocimiento de las limitaciones de los modelos, situaciones en las que los sistemas meteorológicos reales se desvían de los modelos conceptuales, e indicar las razones de las desviaciones;
- predecir la aparición de fenómenos meteorológicos extremos o peligrosos asociados a fenómenos sinópticos, mesoescalares o de escala convectiva, y controlar los datos observados para verificar las predicciones;
- generar análisis y predicciones básicas a partir de datos observados y pronosticados en tiempo real o históricos, y vigilar y observar el tiempo, y
- resumir la función de los servicios meteorológicos nacionales y de otros proveedores sobre la base de los conocimientos sobre las necesidades de la sociedad, los impactos del tiempo violento, los productos y servicios utilizados para satisfacer las necesidades de los usuarios y los procesos empleados para gestionar la calidad.

Las orientaciones del cuadro 2.5 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con los sistemas y servicios meteorológicos.

**Cuadro 2.5. Resultados instructivos recomendados en materia de sistemas y servicios meteorológicos**

<b>Sistemas meteorológicos polares y de latitudes medias en escala sinóptica</b>	
Sistemas meteorológicos	Describir, mediante razonamientos físicos y dinámicos, el estado medio y los principales patrones de la variabilidad atmosférica en las regiones polares y de latitud media, incluidos los efectos de la topografía.
	Resumir las principales diferencias entre los sistemas meteorológicos tropicales, por un lado, y los sistemas meteorológicos de latitudes medias y polares, por otro; explicar las razones de estas diferencias.
Masas de aire	Explicar cómo se caracterizan y forman las masas de aire, y cómo, a medida que se alejan de sus fuentes, la temperatura, humedad y estabilidad de dichas masas se modifican.
	Aplicar los conceptos de características y modificación de las masas de aire para predecir la evolución local del tiempo, teniendo en cuenta los factores geográficos, diurnos y estacionales.
Frentes	Describir la estructura y las características de los frentes fríos, cálidos, ocluidos y casi estacionarios a escala sinóptica.
	Elaborar un análisis de la posición y el movimiento frontal mediante la selección de información pertinente presente en las observaciones ( <i>in situ</i> y obtenida por teledetección) y en los resultados de los modelos.
	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, por qué los frentes observados difieren de los modelos conceptuales ideales.
	Describir los procesos cinemáticos y dinámicos que conducen a la frontogénesis y la frontolisis, así como los procesos que causan la frontogénesis en altitud.

Depresiones en latitudes medias	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, el ciclo evolutivo de las depresiones en latitudes medias en términos del modelo del ciclón noruego, en particular la estructura tridimensional de una depresión en evolución y la corriente de aire a través de la depresión.
	Identificar las bandas transportadoras cálidas y frías asociadas con las depresiones en latitudes medias en el marco de referencia relacionado con el sistema.
	Describir las debilidades del modelo básico de ciclón y reconocer las situaciones en las cuales se puedan realizar desviaciones del modelo o emplear otros modelos, tales como el modelo Shapiro-Keyser o los modelos híbridos.
	Explicar, mediante conocimientos de los procesos dinámicos, la ciclogénesis y los factores que contribuyen a la ciclogénesis explosiva.
Sistemas meteorológicos polares	Explicar las características, la formación y los efectos de los sistemas meteorológicos polares, incluidos fenómenos tales como los vientos catabáticos, los vientos de barrera, las represas de aire frío y las bajas polares.
Corrientes en chorro y corrientes máximas	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, la formación, la estructura y el impacto de las corrientes máximas utilizando un modelo simple de cuatro cuadrantes para describir la relación entre la corriente en chorro y la formación o la persistencia de los patrones de flujo en latitudes medias.
Movimiento vertical a escala sinóptica <sup>5</sup>	Explicar la función del movimiento vertical en la naturaleza y la evolución de los sistemas meteorológicos de escala sinóptica.
	Diagnosticar el movimiento vertical a escala sinóptica en los sistemas meteorológicos de latitudes medias mediante el uso de técnicas apropiadas (por ejemplo, teniendo en cuenta el movimiento ageostrófico, utilizando la teoría del desarrollo de Petterssen o Sutcliffe, o aplicando la ecuación omega casi geostrófica en su forma tradicional o de vector Q, o utilizando el pensamiento de vorticidad potencial), considerando las fortalezas y debilidades de la técnica utilizada.
Repercusiones de las condiciones meteorológicas	Describir el estado del tiempo, con hincapié en los fenómenos meteorológicos extremos o peligrosos (como las tormentas de viento, la acumulación de precipitación alta y las irrupciones de frío o de calor) posiblemente asociados a sistemas meteorológicos de latitudes medias y polares.
	Describir las repercusiones probables de dichos fenómenos, incluidos los factores no meteorológicos que deben considerarse al evaluar las repercusiones y las ventajas de adoptar un enfoque que tiene en cuenta los impactos para la comunicación de los peligros.
Limitaciones de los modelos conceptuales	Analizar episodios meteorológicos actuales y/o históricos para evaluar hasta qué punto las teorías y los modelos conceptuales de los sistemas meteorológicos de latitudes medias y polares se asemejan a la realidad.
<b>Sistemas meteorológicos tropicales y subtropicales</b>	
Circulación general en los trópicos	Describir, mediante razonamientos físicos y dinámicos, el estado medio y los principales patrones de la variabilidad atmosférica en los trópicos en términos de variables relevantes, y cómo y por qué difieren de aquellos en las latitudes más altas.
Principales perturbaciones tropicales	Describir las principales perturbaciones tropicales y su variabilidad temporal, incluidas la zona de convergencia intertropical, las ondas tropicales, la inversión de los alisios, los vientos alisios, las corrientes en chorro tropicales y subtropicales, la aglomeración de nubes, las líneas de turbonada, las depresiones tropicales, las crestas subtropicales y los anticiclones en altitud.
Análisis de las corrientes tropicales	Describir las técnicas utilizadas para analizar las corrientes tropicales, en particular, describir las líneas de corriente y las isotacas e identificar las áreas de convergencia y divergencia.
Ondas tropicales	Describir los diversos tipos de ondas tropicales (en particular las ondas Kelvin, las ondas Rossby ecuatoriales y la Oscilación Madden-Julian) y su relación con la convección organizada y la ciclogénesis.

<sup>5</sup> Véanse los resultados conexos de meteorología dinámica sobre los aspectos teóricos de algunos de estos temas. El propósito de esta sección es fomentar los vínculos entre las dos secciones por medio de los resultados aquí presentados acerca de la aplicación de la teoría a los sistemas meteorológicos de las latitudes medias.

Ciclones tropicales	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, la evolución, la estructura, las características y las repercusiones de los ciclones tropicales.
	Describir el sistema mundial vigente para la predicción y los avisos de los ciclones tropicales y sus repercusiones.
Monzones	Describir la naturaleza, las características y las repercusiones de las principales circulaciones monzónicas.
	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, la estructura y las características de los monzones y los principales procesos dinámicos relacionados con su formación.
Acoplamiento océano-atmósfera	Describir la función del acoplamiento océano-atmósfera, incluida su base teórica, prestando especial atención a El Niño/Oscilación del Sur.
Repercusiones de las condiciones meteorológicas	Describir los estados del tiempo, particularmente los fenómenos meteorológicos extremos o peligrosos, que podrían estar asociados a los sistemas meteorológicos tropicales (incluidos los ciclones tropicales y monzones).
	Describir las repercusiones probables de dichos fenómenos, incluidos los factores no meteorológicos que deben considerarse al estimar las repercusiones y las ventajas de adoptar un enfoque que tiene en cuenta los impactos para la comunicación de los peligros.
Limitaciones de los modelos conceptuales	Analizar episodios de fenómenos meteorológicos actuales, recientes o históricos para evaluar hasta qué punto las teorías y los modelos conceptuales de los sistemas meteorológicos tropicales se asemejan a la realidad.
<b>Sistemas meteorológicos mesoescalares</b>	
Sistemas mesoescalares	Describir las escalas espaciales y temporales relacionadas con los fenómenos mesoescalares y las diferencias en los procesos dinámicos en los que se basan los sistemas mesoescalares y de escala sinóptica.
Características mesoescalares relacionadas con las depresiones	Describir las características mesoescalares relacionadas con las depresiones (bandas de lluvia, líneas secas, frentes de ráfaga y líneas de turbonada, entre otras).
Ondas gravitatorias	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, la estructura y la formación de las ondas gravitatorias mesoescalares.
Sistemas convectivos	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, la estructura, las características y la formación de la convección aislada, incluidas las tormentas unicelulares, pluricelulares y supercelulares y los mesociclones.
Sistemas convectivos mesoescalares	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, la estructura y la formación de los sistemas convectivos mesoescalares.
Fenómenos mesoescalares orográficos	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, la estructura y formación de los fenómenos mesoescalares orográficos (ondas a sotavento, rotaciones a sotavento, vientos ascendentes y descendentes, vientos de valle, diferencias de flujo y ciclones a sotavento, entre otros).
Fenómenos meteorológicos extremos	Describir los estados del tiempo, particularmente los fenómenos meteorológicos extremos o peligrosos asociados a fenómenos convectivos y mesoescalares en la región de interés y el impacto probable de tales fenómenos.
Limitaciones de los modelos conceptuales	Analizar episodios de fenómenos atmosféricos recientes y/o históricos para evaluar hasta qué punto las teorías y los modelos conceptuales de los fenómenos convectivos y mesoescalares se asemejan a la realidad.
<b>Observación, análisis y diagnóstico del tiempo</b>	
Vigilancia y observación meteorológica	Vigilar el estado del tiempo, entre otros medios, realizando observaciones básicas en superficie mediante instrumentos y valoraciones visuales (para identificar tipos de nube, nubosidad, visibilidad y tipo de tiempo atmosférico, entre otras cosas), y argumentar las valoraciones efectuadas.
	Describir las causas físicas subyacentes de los fenómenos meteorológicos observables desde la superficie de la Tierra.
Procesamiento de las observaciones	Describir cómo y por qué se controla la calidad de las observaciones y la forma en que estas se cifran y distribuyen.



Análisis e interpretación sinópticos	Analizar e interpretar mapas sinópticos y sondeos trazados en diagramas termodinámicos.
	Describir las limitaciones de las observaciones utilizadas en los análisis sinópticos y de los análisis mundiales y regionales elaborados por sistemas de asimilación de datos operativos.
Interpretación de datos obtenidos por radar	Interpretar imágenes comunes de radar, entre otras cosas mediante el uso de imágenes mejoradas y de animación, para identificar las características relacionadas con los procesos convectivos y mesoescales.
Interpretación de imágenes de satélite	Interpretar imágenes de satélite, entre otras cosas mediante el uso de longitudes de ondas comunes e imágenes mejoradas y de animación, para identificar los tipos y la configuración de las nubes, los sistemas sinópticos y mesoescales, y otros fenómenos (por ejemplo, niebla, ceniza volcánica, polvo e incendios).
Integración de datos convencionales y de teledetección	Integrar datos de teledetección y observaciones convencionales para identificar los sistemas sinópticos y mesoescales y diagnosticar la situación meteorológica estableciendo relaciones entre las características encontradas en las fuentes de datos individuales.
<b>Predicción meteorológica</b>	
Tiempo local	Describir los factores que afectan al tiempo local (por ejemplo, los efectos de la orografía y las grandes masas de agua en las nubes y la precipitación, o los efectos de los tipos de superficie terrestre).
Proceso de predicción	Describir los principales componentes del proceso de predicción, a saber, la observación, el análisis, el diagnóstico, el pronóstico, y la preparación, comunicación y verificación de productos.
Tipos de métodos de predicción	Explicar las ventajas y desventajas de la preparación de predicciones sobre la base de la persistencia, la climatología, la extrapolación, las técnicas empíricas y la predicción numérica del tiempo.
	Describir la función del pronosticador y cómo ha evolucionado con la predicción numérica del tiempo y otras innovaciones.
Predicción inmediata	Aplicar datos de observación de resolución espacial y temporal alta, en particular de los sistemas de teledetección, junto con modelos conceptuales, para la detección y la predicción inmediata de fenómenos meteorológicos de alto impacto. <sup>6</sup>
Modelos conceptuales	Aplicar modelos conceptuales en la realización de predicciones a corto plazo y la interpretación de predicciones a más largo plazo, teniendo en cuenta que los sistemas reales no siempre se ajustan a estos modelos.
Predicción práctica	Combinar la información obtenida de varias fuentes para explicar las condiciones meteorológicas actuales; utilizar técnicas básicas de predicción, como la interpretación de los resultados de la predicción numérica del tiempo, para predecir las variables atmosféricas (por ejemplo, temperatura máxima y mínima, viento, y tipo e intensidad de las precipitaciones) en un lugar específico.
	Determinar las fuentes principales de incertidumbre en una predicción determinada y cómo estas pueden cambiar a medida que se dispone de más datos con tiempos de antelación más cortos.
	Combinar datos de predicciones con conocimientos de las vulnerabilidades de los usuarios para determinar impactos potenciales y estimar la magnitud de dichos impactos y la probabilidad de que se produzcan.
<b>Prestación de servicios</b>	
Proveedores de servicios	Describir la función de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales en la vigilancia, la predicción y la comunicación del tiempo y de sus impactos.
	Describir la función de otros proveedores de servicios, con inclusión del sector privado y las organizaciones internacionales.

<sup>6</sup> La publicación *Guidelines for Nowcasting Techniques* (WMO-No. 1198) (Directrices sobre las técnicas de predicción inmediata) profundiza en los conocimientos y los requisitos de formación necesarios para la producción inmediata, y deberá consultarse para elaborar programas de formación de pronosticadores.

Prestación de servicios	Comunicar información meteorológica de manera tal que satisfaga las necesidades de los usuarios, teniendo en cuenta que estos poseen distintos niveles de conocimiento meteorológico.
	Decidir entre utilizar enfoques determinísticos o probabilísticos teniendo en cuenta las escalas temporales, la incertidumbre de la situación y las necesidades de los usuarios.
Principales productos y servicios	Describir los principales productos y servicios (incluidos los avisos de fenómenos meteorológicos peligrosos), basándose en la información meteorológica actual y pronosticada facilitada al público y a otros usuarios.
	Describir la variedad de canales o medios de comunicación utilizados para difundir la información meteorológica, indicando también las debilidades potenciales de estos métodos.
	Describir cómo el público, los gobiernos, las empresas y otros usuarios finales utilizan los productos y servicios (por ejemplo, para la adopción de decisiones y la gestión de riesgos).
Fenómenos meteorológicos peligrosos	Describir en qué medida pueden predecirse los sistemas meteorológicos peligrosos que afectan a las regiones de responsabilidad con el tiempo de antelación suficiente para tomar medidas.
	Explicar la importancia de evaluar los riesgos asociados a los fenómenos meteorológicos peligrosos, indicando las interacciones entre los fenómenos meteorológicos y otros peligros naturales, y la importancia de la emisión pronta y exacta de los avisos.
	Explicar los beneficios de la emisión de avisos que tienen en cuenta los impactos potenciales de los fenómenos meteorológicos peligrosos en lugar de solamente tener en cuenta la intensidad de los fenómenos meteorológicos.
	Describir los impactos potenciales de los fenómenos meteorológicos peligrosos en la sociedad.
Sistemas de gestión de la calidad <sup>7</sup>	Explicar la función y la importancia de los sistemas de gestión de la calidad en la prestación de servicios.
	Describir las técnicas básicas utilizadas en los sistemas de gestión de la calidad para evaluar la calidad de los productos y servicios y corregir los problemas relacionados con la calidad.
Beneficios y costos de los servicios meteorológicos	Determinar los impactos económicos y sociales de los servicios meteorológicos en un país y sus principales sectores de usuarios.

#### 2.4.4 **Climatología y servicios climáticos**

El cambio climático es el reto más destacado de nuestra época y es un tema que los meteorólogos profesionales de todo tipo deberán estudiar en mayor o menor medida. Además, la función de los pronosticadores sigue ampliándose para abarcar la emisión de predicciones a más largo plazo, como es el caso de las predicciones mensuales y estacionales.

Los resultados del aprendizaje de la presente sección del PIB-M no pretenden brindar a los estudiantes todos los conocimientos y las habilidades que se necesitan para ejercer como climatólogo o investigador sobre el clima profesional. Para la preparación de cursos en ese ámbito, se deberá consultar el Paquete de Instrucción Básica para los Servicios Climáticos (PIB-SC) que se encuentra en proceso de elaboración. La finalidad de estos resultados es que todos los meteorólogos cuenten con una formación básica sobre el sistema climático de la Tierra, su variabilidad y el cambio climático, de modo que puedan hablar de forma creíble acerca del clima, utilizar productos de predicción a un plazo más largo de forma acertada y comunicar estas predicciones de forma clara a los clientes.

<sup>7</sup> Para más información sobre formaciones para contribuir al mantenimiento de los sistemas de gestión de la calidad, véase la *Guía para la aplicación de sistemas de gestión de la calidad para los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y otros proveedores de servicios pertinentes* (OMM-N° 1100).

**Los meteorólogos deberán ser capaces de:**

- aplicar modelos conceptuales de la circulación global de la Tierra, el sistema climático y las interacciones entre la tierra, el océano, la atmósfera y la criosfera para explicar el estado medio del clima;
- interpretar los productos y servicios basados en la información climática, teniendo en cuenta su incertidumbre inherente;
- describir la variabilidad observada en el sistema climático y las causas e impactos de dicha variabilidad; utilizar esos conocimientos para interpretar productos como las predicciones climáticas y las predicciones mensuales o estacionales;
- comunicar los resultados de las predicciones mensuales, estacionales y climáticas basándose en la comprensión de la probabilidad, la incertidumbre y la previsibilidad a diferentes escalas y las sensibilidades del público, y
- explicar los cambios en el sistema climático a largo plazo utilizando los conocimientos sobre la forma en que se observan estos cambios, los factores que los impulsan, incluida la retroalimentación dentro del sistema, los impactos potenciales del cambio climático y las estrategias de adaptación y mitigación posibles.

Las orientaciones del cuadro 2.6 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con la climatología y los servicios climáticos.

**Cuadro 2.6. Resultados instructivos recomendados en materia de climatología y servicios climáticos**

<b>El sistema Tierra-atmósfera y la circulación general</b>	
Componentes del sistema terrestre	Describir los principales componentes del sistema terrestre (la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre, la criosfera y la tierra firme).
Clima y tiempo	Describir el clima y en qué se diferencia del tiempo.
Datos climáticos	Describir la forma en que se estima el clima y la incertidumbre inherente a los datos climáticos; explicar cómo se analizan los datos climáticos utilizando las estadísticas y cómo puede medirse el clima por teledetección.
Componentes del sistema climático	Describir las principales características del ciclo de la energía, el ciclo hidrológico, el ciclo del carbono y el ciclo de nitrógeno.
Características de la circulación global	Explicar las principales características de la circulación global de la atmósfera y los océanos sobre la base de un entendimiento de los procesos físicos y dinámicos que intervienen.
	Describir el balance energético mundial y la función de la atmósfera y los océanos de encontrar un equilibrio entre las diferencias del calentamiento por radiación en el ecuador y los polos.
Climas regionales y locales	Evaluar los factores que determinan los climas regionales y locales.
Clasificación y descripción de los climas	Describir las técnicas de clasificación de los climas, los principios en los que se basan las técnicas, y el significado y uso de las variables estadísticas normalizadas que se utilizan para describir el clima.
Clima local	Describir la climatología y las variaciones estacionales de la región de responsabilidad y la forma en que la información climatológica puede obtenerse y expresarse.
	Extraer información de cuadros y gráficos de datos climáticos básicos e interpretarlos para formular una descripción de la climatología local en términos de media o promedio, desviación y extremos.
Principales productos y servicios	Describir los principales productos y servicios, basándose en la información climática proporcionada al público y a otros usuarios.
	Describir la incertidumbre inherente a estos productos y servicios y el uso que se les da (por ejemplo, para la adopción de decisiones y la gestión de riesgos).

<b>Variabilidad del clima y cambio climático</b>	
Datos para evaluar las variaciones climáticas	Describir la fuente y el procesamiento de los datos utilizados para reconstruir los climas pasados y evaluar los cambios en el clima y la composición de la atmósfera.
Variaciones climáticas observadas	Describir la forma en que ha cambiado el clima en los últimos años en el contexto de los cambios que se produjeron en un plano más general en el pasado y las técnicas utilizadas para atribuir las causas.
Interacción entre los océanos y la atmósfera	Describir las distintas maneras en las que la atmósfera y los océanos se influyen de manera mutua.
Variabilidad climática	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, las causas de la variabilidad del clima generada por factores internos (indicando ejemplos de teleconexiones, anomalías, y los efectos climáticos de los principales factores, como la Oscilación Madden-Julian, la Oscilación del Atlántico Norte y El Niño/Oscilación del Sur).
Cambio climático	Explicar, mediante razonamientos físicos y dinámicos, las causas del cambio climático forzado por factores externos (incluida la influencia de las actividades humanas) y las fuentes de incertidumbre respecto a la comprensión de esas causas.
Impacto, adaptación y mitigación	Evaluar los principales impactos de la variabilidad del clima y el cambio climático y exponer las estrategias de adaptación y mitigación aplicadas en respuesta a los cambios actuales y proyectados del clima.
Modelos climáticos	Explicar las diferencias entre los modelos climáticos y los modelos utilizados para la predicción del tiempo; explicar por qué hay incertidumbre en las predicciones climáticas.
	Describir la forma en que pueden verificarse las predicciones climáticas; explicar por qué existen diferencias entre las predicciones intranuales estadísticas y las predicciones de modelos climáticos.

## 2.5 Resultados profesionales del aprendizaje

En esta sección se proponen resultados del aprendizaje para contribuir a la consecución de varios de los resultados generales de aprendizaje y así brindar a los meteorólogos las habilidades profesionales fundamentales que necesitarán en el comienzo de sus carreras. Los resultados que se presentan no constituyen una lista exhaustiva y las instituciones deberán guiarse en función de las necesidades de recursos humanos a nivel nacional y regional. Los resultados en esta sección no son obligatorios, sino que pretenden servir de guía sobre algunos conocimientos que pueden ser necesarios en el presente o en el futuro.

### 2.5.1 *Habilidades de gestión*

Se anima a las instituciones a brindar oportunidades de formación general en materia de negocios y gestión como parte de los programas generales de meteorología. En la publicación *A Compendium of Topics to Support Management Development in National Meteorological and Hydrological Services* (ETR-24) (Compendio temático para favorecer el desarrollo de las capacidades de gestión en los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales) se proponen temas útiles que se podrían incluir en dichos cursos (Organización Meteorológica Mundial, 2018a).

### 2.5.2 *Habilidades de comunicación y de trabajo en equipo*

Varios resultados del aprendizaje dentro de las secciones del PIB-M sobre los sistemas meteorológicos y el clima incluyen la capacidad para comunicar predicciones, impactos y resultados de investigación a una variedad de destinatarios. Los resultados que figuran a continuación desarrollan esos mismos resultados y sientan las bases para el aprendizaje y la evaluación de las habilidades de comunicación y de trabajo en equipo.

Quien lograra alcanzar los resultados del aprendizaje relacionados con las habilidades de comunicación y de trabajo en equipo debería estar capacitado para:

- comunicar información meteorológica en forma de debates sobre políticas y reuniones informativas sobre el traspaso de funciones relacionados con las predicciones que se centran en los impactos y hacen uso del cono de pronóstico;
- determinar las principales sensibilidades meteorológicas y climáticas de los clientes y organizar reuniones informativas adaptadas que se centren en las repercusiones, las incertidumbres y la confianza y que brinden apoyo a la adopción de decisiones;
- preparar y realizar entrevistas en medios de comunicación, así como actividades de divulgación para la comunidad, haciendo uso de un lenguaje sencillo, temas de discusión y documentos con el fin de comunicar mensajes clave;<sup>8</sup>
- interactuar con los clientes y los colegas utilizando un tono de voz y el lenguaje corporal adecuados y mostrando empatía;
- elaborar documentos escritos claros y concisos, y
- compartir conocimientos y trabajar de forma constructiva con otras personas en un equipo.

Las orientaciones del cuadro 2.7 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio.

**Cuadro 2.7. Resultados del aprendizaje recomendados en relación con la comunicación que podrían ser útiles para las funciones de meteorología operativa**

<b>Reuniones informativas sobre el tiempo basadas en los impactos</b>	
Resumir las observaciones meteorológicas	Resumir fenómenos meteorológicos pasados y presentes significativos, así como sus impactos.
Explicar la situación actual	Brindar una narración coherente de las condiciones meteorológicas pasadas y presentes mediante el uso del cono de pronóstico y de los modelos conceptuales atmosféricos.
Resumir los productos vigentes	Resumir de forma exacta y concisa los contenidos de la política meteorológica y los productos y avisos meteorológicos vigentes.
Dar un pronóstico	Sintetizar los peligros futuros y las condiciones meteorológicas de alto impacto futuras, incluidos los avisos necesarios a este respecto.
	Presentar una narración coherente del tiempo sobre la futura evolución de la atmósfera mediante el uso del cono de pronóstico y de los modelos conceptuales atmosféricos.
	Exponer las incertidumbres, la confianza y los escenarios alternativos.
Estilo de presentación	Ser puntual y conciso.
	Variar el tono y la voz para captar el interés de los colegas.
	Hacer uso de la escucha activa para velar por una comunicación efectiva de la información y por que el personal sea consciente de sus responsabilidades.
<b>Reuniones informativas con los clientes y apoyo a la adopción de decisiones de los clientes</b>	
Evaluar las necesidades de los clientes	Adquirir conocimientos sobre las necesidades de los clientes por medio del diálogo interactivo.
	Investigar acerca de las operaciones de los clientes, incluidas las normas y los procedimientos operativos, así como acerca de su sensibilidad meteorológica y climática y sus principales umbrales de decisión.

<sup>8</sup> La OMM ha precisado las competencias requeridas para los presentadores y los comunicadores en la publicación *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial).

Presentar información de pronóstico personalizada	Presentar información sobre el tiempo basada en los impactos para apoyar la adopción de decisiones por parte de los clientes utilizando los conocimientos acerca de sus necesidades.
	Emplear un lenguaje y modelos conceptuales sobre el tiempo adaptados a los conocimientos meteorológicos de los clientes y a la duración de las reuniones informativas.
	Presentar la información haciendo uso de una voz y un tono adecuados y mostrando empatía para captar el interés de los clientes y satisfacer sus necesidades.
Añadir valor a los productos actuales	Explicar la política de predicción, los avisos y las predicciones vigentes a los clientes en función de sus necesidades.
	Explicar la incertidumbre de las predicciones y los escenarios alternativos sobre la base de la comprensión de los modelos conceptuales y de las sensibilidades de los clientes.
<b>Conferencias de prensa y actividades de divulgación comunitaria</b>	
Preparación	Determinar el ángulo de la historia o el propósito de la actividad de divulgación.
	Aplicar la pirámide invertida para centrar la conferencia de prensa en la información más importante y abordar las preocupaciones o los intereses clave del público destinatario.
	Determinar las preguntas difíciles y prepararse para ellas, evitando los temas controvertidos cuando corresponda.
	Utilizar o establecer temas de discusión para dar entrevistas adaptadas en medios de comunicación .
Habilidades lingüísticas	Expresar la terminología meteorológica con un lenguaje sencillo.
	Hacer uso del tono y de la voz para expresar empatía y conectar con la audiencia.
Lenguaje corporal	Utilizar el contacto visual el lenguaje corporal para expresar empatía y conectar con la audiencia.
<b>Habilidades de escritura</b>	
Documentos relacionados con las predicciones y los avisos	Elaborar productos escritos, como predicciones, avisos, presentaciones y temas de discusión.
	Utilizar un lenguaje técnico o sencillo en función de las necesidades de los clientes y de los colegas.
	Modificar textos generados de forma gráfica y automática para asegurarse de que sean claros y exactos.
Redes sociales	Crear publicaciones cortas basadas en los impactos utilizando un lenguaje sencillo, claro y conciso, así como imágenes e hipervínculos a los avisos y las predicciones.
	Redactar respuestas a los comentarios manteniendo el acento en la narración del tiempo, evitando los temas controvertidos y respetando los valores de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y el código de conducta.

### 2.5.3 **Tecnologías de la información**

La capacidad de extraer información significativa y valiosa de los datos meteorológicos y presentarla siempre ha sido una competencia básica de los meteorólogos. En los últimos años, los volúmenes de datos de observación y de predicción producidos han aumentado de forma considerable. Esto presenta tanto desafíos como oportunidades. Para explotar estos datos, muchos meteorólogos ahora necesitan tener competencias de programación informática, así como de manipulación y visualización de datos, y conocimientos para la aplicación de técnicas de aprendizaje automático.

El objetivo de estos resultados es que los estudiantes sean capaces de:

- acceder a los datos meteorológicos almacenados en distintos formatos, manipularlos y visualizarlos;
- utilizar herramientas estadísticas para extraer información útil de estos datos, y
- comprender cómo se utilizan las técnicas de aprendizaje automático para construir modelos predictivos simples del tiempo, el clima y sus impactos.

En el cuadro 2.8 figuran los resultados del aprendizaje recomendados en relación con el uso de las tecnologías de la información.

**Cuadro 2.8. Resultados del aprendizaje recomendados en relación con el uso de las tecnologías de la información**

Habilidades informáticas básicas	Redactar guiones de líneas de comandos para automatizar procesos y combinar las funcionalidades de distintos programas con el fin de completar una tarea.
	Utilizar la línea de comandos para interactuar con el sistema operativo, entre otras cosas, para ejecutar programas y administrar archivos y procesos.
	Utilizar programas informáticos de procesamiento de textos, hojas de cálculo y presentación.
Programación	Redactar programas informáticos simples con un lenguaje de programación de alto nivel, que incluya el uso de variables, bucles, control del flujo, la entrada y salida de archivos, y la línea de comandos.
	Utilizar los elementos de los lenguajes, tales como las funciones, para estructurar el código de manera eficiente por medio de la reutilización.
	Utilizar las funcionalidades de las bibliotecas estándares de los lenguajes de programación o aquellas importadas de bibliotecas especializadas.
	Utilizar matrices y operadores de matriz de bibliotecas matemáticas estándares y explicar los beneficios que aporta el uso de operadores de matriz en comparación con el uso de bucles en los conjuntos de datos.
	Mediante el uso de elementos estándares del lenguaje, verificar si hay errores y excepciones y gestionarlos.
	Hacer uso del ciclo de desarrollo de sistemas para velar por que se cumplan los requisitos y que el código esté bien diseñado e implementado, documentado, revisado por pares y sometido a pruebas.
	Utilizar un sistema de control de versiones para preservar la integridad del código y facilitar el trabajo colaborativo.
Datos meteorológicos	Describir y comparar los formatos de archivo comunes para el almacenamiento de datos meteorológicos, incluidos los formatos de texto y los formatos binarios.
	Explicar la importancia del mantenimiento de los metadatos y de la comprensión de la proveniencia, la validez y las unidades de los datos.
	Utilizar las bibliotecas estándares para la carga, la navegación y la manipulación de datos meteorológicos estructurados.
Visualización	Trazar datos mediante el uso de tipos de mapas que presenten la información de los datos de forma clara y sin ambigüedades; por ejemplo, los gráficos de líneas, los diagramas de dispersión y los histogramas.
	Incluir títulos, ejes, etiquetas de datos y otros elementos estándares para asegurar la comprensión de los datos.
	Tener en cuenta la accesibilidad y las necesidades de los usuarios al diseñar comunicaciones visuales, por ejemplo, mediante la elección de escalas de colores que puedan percibirse de forma uniforme.
	Trazar datos geoespaciales mediante el uso de símbolos, isolíneas o patrones de colores con proyecciones cartográficas, escalas y escalas de colores adecuadas.

Informática estadística	Utilizar herramientas de programación tales como las bibliotecas matemáticas para calcular parámetros y análisis estadísticos normalizados para sintetizar y comparar datos.
	Aplicar técnicas, como la transformada de Fourier y las funciones ortogonales empíricas, para reducir la dimensionalidad de los conjuntos de datos y descubrir señales temporales en las series temporales de datos.
Aprendizaje automático	Describir todas las etapas necesarias para la transformación de datos brutos para su análisis, incluida la depuración de datos, la transformación de unidades de datos y la normalización y la categorización de los datos.
	Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y de prueba, y argumentar esta división.
	Explicar los algoritmos supervisados y no supervisados de aprendizaje automático y elegir un esquema apropiado para un problema determinado.
	Explicar los principios de la regresión lineal supervisada y los esquemas de clasificación, y aplicar estos principios a los datos para elaborar modelos predictivos simples.
	Describir cómo se pueden utilizar algoritmos no supervisados simples de aprendizaje automático, tales como el método k vecinos más cercanos, para clasificar los datos.
	Describir cómo se pueden emplear algoritmos tales como las redes neuronales para construir modelos no lineales.
	Explicar por qué ocurren los problemas de sesgo y varianza, qué estrategias existen para minimizarlos y cuáles son sus posibles repercusiones en las aplicaciones de predicción meteorológica y climática.
	Describir los problemas éticos o legales potenciales del uso de las técnicas de aprendizaje automático, por ejemplo, con respecto al uso de datos personales y el hecho de no poder explicar las decisiones adoptadas por los algoritmos.

#### 2.5.4 **Habilidades de investigación**

Muchos programas de licenciatura incluyen un módulo final en el que los estudiantes realizan investigaciones de manera independiente, a menudo en forma de tesis. Esta experiencia constituye claramente una base útil para una formación más exhaustiva en relación con las metodologías de la investigación en los estudios de posgrado. A otros estudiantes, contar con las habilidades necesarias para llevar a cabo una investigación básica de forma independiente también puede resultarles útil para su carrera, dado que puede servirles de apoyo para su desarrollo profesional continuo y asistirlos en la preparación de estudios de casos o en la elaboración de material de capacitación.

En el cuadro 2.9 figuran los resultados del aprendizaje recomendados en relación con la investigación básica y la comunicación científica.

**Cuadro 2.9. Resultados del aprendizaje recomendados en relación con la investigación básica y la comunicación científica**

<b>Planificación y preparación de la investigación</b>	
Búsqueda bibliográfica y lectura de bibliografía científica	Planificar y llevar a cabo una búsqueda bibliográfica mediante el uso de diversas fuentes.
	Utilizar servicios de bibliotecas para facilitar el proceso de búsqueda bibliográfica. Utilizar distintos tipos de recursos, tales como artículos de análisis, artículos de opinión, investigaciones originales y libros.
	Evaluar el contexto, la fiabilidad, los sesgos, los conflictos de opinión y la validez de las conclusiones de la bibliografía.
	Sintetizar y realizar una evaluación crítica de los argumentos, los resultados y las conclusiones.
	Detectar los aspectos poco desarrollados de las investigaciones existentes o los ámbitos en los que podría ser útil llevar a cabo investigaciones adicionales.



Preparación y ejecución de la investigación	Establecer una pregunta de investigación.
	Elaborar una hipótesis.
	Determinar la forma apropiada de investigación experimental o no experimental.
	Establecer metodologías para la investigación que minimicen los sesgos y otros resultados que no sean válidos.
	Llevar a cabo el plan de investigación y ajustarlo si se presentasen problemas u oportunidades, aunque siempre teniendo en cuenta la pregunta o hipótesis inicial de la investigación.
	Interpretar los resultados mediante el uso de medidas estadísticas adecuadas para asegurarse de que los resultados sean significativos y poder determinar si la hipótesis es válida.
<b>Comunicación científica<sup>9</sup></b>	
Redacción de artículos científicos	Utilizar una estrategia para elaborar una estructura o plan para redactar un artículo que presente los resultados de la investigación de manera contundente al tiempo que incluya los componentes estructurales normalizados que se espera que contengan los artículos científicos.
	Elaborar textos, cuadros y gráficos, y sus correspondientes leyendas, que sean claros, legibles y contundentes.
	Indicar todos los trabajos que se hayan empleado como referencia o que se hayan citado mediante el uso de un sistema aprobado.
Proceso de revisión por pares	Prepararse para la revisión por pares mediante la comprensión del proceso, y consultar, por ejemplo, a colegas o editores, para asegurarse de que el artículo cumpla con el nivel requerido.
	Recibir los comentarios de los revisores de forma positiva y elaborar un plan para introducir las correcciones o incorporar las mejoras recomendadas.
Presentaciones científicas	Encontrar oportunidades para debatir sobre trabajos científicos a través de eventos informales o más formales, como los seminarios y las conferencias a nivel interno.
	Elaborar soportes visuales claros para facilitar al público la visión y comprensión de la presentación, en vez de distraerlos con mucho texto o elementos que puedan producir interferencias.
	Practicar dar presentaciones orales para desarrollar la claridad, el volumen, el ritmo, el tiempo y la capacidad para lidiar con preguntas y situaciones imprevistas.
	Elaborar un póster que resuma las partes principales de la investigación de forma clara y accesible.

### 2.5.5 ***El contexto histórico y científico de la meteorología***

Para favorecer el aprendizaje continuo a lo largo de la carrera del meteorólogo y permitir la integración de la meteorología con las ciencias afines, se recomienda incorporar a los programas de estudio los temas siguientes :

- la historia de los avances en la ciencia, la tecnología y la prestación de servicios que han contribuido al desarrollo de la meteorología y su aplicación;
- Los desafíos contemporáneos relacionados con la meteorología y las innovaciones científicas y tecnológicas emergentes que pueden influenciar la forma en que deben evolucionar la investigación o las operaciones, y
- los avances en ámbitos conexos que puedan brindar oportunidades para el trabajo interdisciplinario con el fin de resolver problemas en beneficio de la sociedad.

<sup>9</sup> Para más detalles acerca de la comunicación científica, véase, por ejemplo, Schultz (2009).

## 2.6 **Especializaciones selectivas**

Conforme se indica en la sección 1.6 ("Estructura del Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos y el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología"), los conocimientos y las habilidades subyacentes que permiten a los meteorólogos desarrollar las habilidades y competencias necesarias para las especializaciones selectivas se extraen de los resultados del aprendizaje descritos anteriormente en la parte 2 y de los marcos de competencias de cada especialización. Muchas de estas competencias están descritas en la publicación *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial).

Quienes deseen trabajar en disciplinas tales como la predicción del tiempo, la radiodifusión de la meteorología y la enseñanza meteorológica necesitarán una formación ulterior para adquirir las competencias laborales específicas. Además, deberían seguir mejorando sus conocimientos y habilidades mediante un proceso de desarrollo profesional continuo a lo largo de su carrera profesional.

---

### 3. **PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA TÉCNICOS EN METEOROLOGÍA**

Esta parte del documento contiene orientaciones sobre la forma de implementar los resultados del aprendizaje del Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (PIB-TM) que figuran en el *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49). Comienza con una descripción de los objetivos del PIB-TM y luego especifica los resultados del aprendizaje correspondientes a las materias básicas. El resto de la parte 3 aborda los resultados del aprendizaje de las materias obligatorias sobre meteorología general y los conocimientos y las habilidades básicos que los técnicos en meteorología pueden utilizar para desarrollar las habilidades y competencias necesarias para las especializaciones selectivas.

El objetivo general del PIB-TM es proporcionar a los participantes conocimientos básicos sobre los fenómenos y procesos atmosféricos, así como habilidades relacionadas con dichos conocimientos.

Para cumplir con los requisitos del PIB-TM los participantes deben alcanzar los resultados del aprendizaje siguientes:

- geografía y oceanografía básicas, hidrología básica, meteorología física y dinámica básicas, meteorología sinóptica y mesoescalar básicas, climatología mundial y local, formación de nubes, comunicación (oral y escrita), habilidades informáticas (conocimientos de informática básicos y usos de la información meteorológica básicos), parámetros meteorológicos y control de la calidad de los datos climáticos, e instrumentos y métodos de observación meteorológicos;
- aplicar esos conocimientos básicos a la observación y la vigilancia de la atmósfera, y a la interpretación de los diagramas y productos meteorológicos más utilizados, y
- completar al menos un tema de especialización selectiva.

El objetivo de los requisitos del PIB-TM es proporcionar a los participantes los conocimientos, las habilidades y la confianza necesarios para seguir desarrollando sus conocimientos técnicos, así como para seguir especializándose.

Las personas que deseen trabajar en esferas como la observación del tiempo, el monitoreo del clima, la gestión de redes y el suministro de información y productos meteorológicos a los usuarios deberán continuar formándose para adquirir competencias laborales especializadas en esas esferas. Además, se espera que sigan mejorando sus conocimientos y habilidades mediante un proceso de desarrollo profesional continuo a lo largo de su carrera profesional.

#### 3.1 **Interpretación**

En este capítulo, el texto que figura en los recuadros sombreados en gris, como este, contiene fragmentos propuestos para la próxima edición del *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49), Volumen I, parte VI. Estos textos tendrán el carácter normativo de las prácticas y los procedimientos normalizados.

El resto de la parte 3 contiene descripciones y recomendaciones de resultados del aprendizaje. Si bien los resultados pretenden orientar a los Miembros de la OMM durante la implementación del PIB-TM, estos no tienen carácter normativo.

#### 3.2 **Resultados generales del aprendizaje**

Esta sección describe los atributos y las habilidades principales que distinguen a los técnicos en meteorología profesionales, independientemente de la función que puedan terminar llevando a cabo. Estos resultados generales de aprendizaje también pretenden sintetizar la filosofía

general del PIB-TM mediante la descripción del pensamiento que caracteriza a los técnicos en meteorología profesionales y la forma en que utilizan los datos y las herramientas a su disposición en su trabajo profesional.

Los resultados aquí descritos no tienen por objeto describir ninguna función en particular ni realizar ninguna presuposición acerca del contexto en el que se podría eventualmente emplear a una persona. No necesariamente se busca que estos resultados se correlacionen con módulos o unidades de estudio. En cambio, deben representar el programa de estudio en su totalidad y utilizarse para evaluar el programa con el fin de garantizar que las unidades individuales de estudio contribuyan a los objetivos más amplios del programa, a saber, integrar el pensamiento y la práctica meteorológicos y establecer vínculos entre la teoría, la atmósfera real y la prestación de servicios científicos y profesionales, en beneficio de la sociedad.

#### **Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:**

- aplicar conocimientos básicos de meteorología, geografía y ciencias afines para la observación y la vigilancia de la atmósfera.
- interpretar las fuentes de datos de observación disponibles y los diagramas y productos meteorológicos de uso común para elaborar descripciones coherentes del estado de la atmósfera en las escalas espaciales y temporales consideradas;
- identificar, analizar y resolver los problemas relacionados con la instalación y el mantenimiento de los instrumentos meteorológicos en la zona de la responsabilidad;
- comunicarse con colegas, clientes y otras partes interesadas, a través de diversos medios de comunicación, de manera pertinente, clara y precisa;
- determinar las sensibilidades de la sociedad a los fenómenos meteorológicos y climáticos, recurriendo a otras disciplinas según proceda, para que los efectos de la meteorología y del clima en las personas y en la sociedad ocupen un lugar central en su labor;
- evaluar los resultados de su trabajo con respecto a las normas pertinentes, tomar medidas correctivas según proceda y contribuir al establecimiento de sistemas y procesos de trabajo, y
- reflexionar sobre su aprendizaje y sus prácticas de trabajo, evaluar de manera crítica su desempeño y utilizar varios enfoques para ampliar continuamente sus conocimientos y competencias profesionales.

Estos resultados del aprendizaje deberán alcanzarse a través del aprendizaje y la evaluación de las materias de la ciencia atmosférica que se describen más adelante en esta parte, y deberán complementarse, si procede, con los resultados profesionales del aprendizaje y otros resultados según se requiera para satisfacer las necesidades a nivel nacional. Asimismo, deberán apoyarse en el asesoramiento sobre las materias básicas también presentes en esta parte de las orientaciones.

### **3.3 Requisitos previos en materia de matemáticas y física**

Se espera que los conocimientos de base puedan adquirirse mediante cualquiera de los siguientes enfoques, o mediante una combinación de varios de ellos:

- finalizar un programa de estudios de materias básicas o de materias consideradas como requisitos previos en una escuela o universidad antes de asistir a una institución donde se cursen materias de ciencias de la atmósfera;
- finalizar un programa de estudios introductorio de las materias básicas o de materias consideradas como requisitos previos en la misma institución en que se cursarán materias de meteorología general, o
- integrar la adquisición de los conocimientos de apoyo asociados a las materias básicas o a las materias consideradas como requisitos previos en las materias obligatorias que se estudian en meteorología general.

Las orientaciones de los cuadros 3.1 y 3.2 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los requisitos previos y, por tanto, para poder acceder a una formación en meteorología.

**Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:**

Demostrar los conocimientos de matemáticas y física necesarios para completar con éxito los componentes meteorológicos del PIB-MT.

**Cuadro 3.1. Resultados instructivos recomendados para cumplir con los requisitos previos en materia de matemáticas**

<b>Matemáticas</b>	
Trigonometría	Definir seno, coseno y tangente, describir sus relaciones y sus funciones inversas, y manipular ecuaciones trigonométricas básicas.
Logaritmos y exponenciales	Manipular logaritmos y exponenciales.
Vectores	Sumar y restar vectores y multiplicar vectores por escalares.
Álgebra	Manejar ecuaciones polinómicas y resolver ecuaciones algebraicas básicas, incluidas las ecuaciones cuadráticas.
Geometría	Calcular el área del triángulo rectángulo e isósceles, así como la circunferencia y el área del círculo, el área y volumen de los paralelepípedos, los cilindros y las esferas; describir la relación entre radianes y grados.
Geometría en ejes de coordenadas	Interpretar la pendiente y el punto de corte de una gráfica lineal; reconocer curvas típicas, como la parábola, la elipse y la hipérbola; efectuar conversiones entre sistemas de coordenadas cartesianas y polares.
Estadística	Seleccionar una forma apropiada de visualizar los datos estadísticos y de interpretar los resultados; utilizar diferentes medidas de tendencia central (media, mediana y modo) y de variación (rango, rango intercuartil y desviación típica); explicar los conceptos de muestreo, regresión lineal mediante mínimos cuadrados, correlación, distribución normal, percentiles y comprobación de hipótesis.

**Cuadro 3.2. Resultados instructivos recomendados para cumplir con los requisitos previos en materia de física**

<b>Física</b>	
Cinemática	Resolver problemas mediante ecuaciones que describen la relación entre la distancia, la velocidad, la aceleración y el tiempo para movimientos uniformemente acelerados y rectilíneos.
Dinámica	Resolver problemas básicos para sistemas en equilibrio mediante la segunda ley del movimiento de Newton y el principio de conservación del impulso.
Trabajo, energía y potencia	Explicar los conceptos de trabajo, energía cinética, energía potencial y energía interna y resolver problemas utilizando el principio de conservación de la energía y la relación entre potencia, trabajo y fuerza.
Movimiento circular	Explicar el concepto de aceleración centrípeta y describir las órbitas circulares relacionando la fuerza gravitacional con la aceleración centrípeta.
Fases de la materia	Describir las diferencias físicas entre sólidos, líquidos y gases; explicar el concepto de calor latente asociado a un cambio de fase; describir los procesos asociados a los cambios de fase, principalmente los de condensación y evaporación.
Temperatura y calor	Explicar los conceptos de temperatura y calor; describir la manera de medir la temperatura mediante las propiedades físicas de una sustancia que varía con esa magnitud; explicar la transferencia de calor por conducción, convección y radiación.

Termodinámica y teoría cinética de gases	Resolver problemas mediante la ecuación de estado de un gas ideal; describir en términos cualitativos la primera ley de la termodinámica; explicar el significado de proceso adiabático y, particularmente, de la expansión adiabática de un gas; describir los conceptos subyacentes a la teoría cinética de gases.
Oscilaciones y ondas	Describir las propiedades de oscilaciones y ondas y explicar el movimiento armónico simple; resolver problemas mediante la relación existente entre velocidad, frecuencia y longitud de onda; explicar la diferencia entre ondas longitudinales y transversales y los conceptos de reflexión, refracción, difracción e interferencia.
Radiación electromagnética	Describir las características de la radiación electromagnética y las características principales del espectro electromagnético; describir los procesos de reflexión, absorción y dispersión de la radiación (incluidas la reflexión y refracción de la luz); explicar el significado del cuerpo negro; exponer las implicaciones de la ley de Stefan-Boltzmann y de la ley de Wien.
Electricidad e inducción electromagnética	Describir las bases físicas de la electricidad, la tensión y la resistencia y cómo se miden estas magnitudes; resolver problemas de circuitos (incluidos los de dos o más resistores) mediante la ley de Ohm y las leyes de Kirchhoff; describir el proceso de inducción electromagnética.

### 3.4 Materias obligatorias

Esta sección contiene los resultados del aprendizaje de las materias obligatorias del PIB-TM. Los resultados abarcan los aspectos básicos de la meteorología y las ciencias afines.

#### 3.4.1 Geografía, oceanografía e hidrología básicas

##### Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:

Describir las características geográficas, oceanográficas e hidrológicas básicas de la región de responsabilidad.

El cuadro 3.3 debería ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje necesarios para cumplir con los requisitos básicos de geografía, oceanografía e hidrología. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios.

**Cuadro 3.3. Resultados instructivos necesarios para cumplir con los requisitos en materia de geografía, oceanografía e hidrología básicas**

<b>Geografía, oceanografía e hidrología básicas</b>	
Geografía y oceanografía básicas	Describir las características topográficas y la ubicación de las estaciones en la región de responsabilidad.
	Describir el terreno local.
	Describir la circulación general y la estructura térmica de los océanos.
	Explicar cómo se realizan las mediciones de temperatura, de salinidad y del estado del mar.
Hidrología básica	Describir el ciclo hidrológico, indicando los principales factores que determinan los recursos de las escorrentías, las aguas subterráneas y las aguas superficiales y el balance hídrico.
	Explicar cómo se realizan las mediciones hidrológicas (por ejemplo, de precipitación, evaporación, humedad del suelo, flujo fluvial y aguas subterráneas).

### 3.4.2 **Meteorología física y dinámica básicas**

#### **Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:**

- explicar los procesos físicos y dinámicos básicos que tienen lugar en la atmósfera, y
- explicar los principios físicos en que se basan los instrumentos para medir parámetros atmosféricos.

Las orientaciones del cuadro 3.4 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con la meteorología física y dinámica básicas.

**Cuadro 3.4. Resultados instructivos necesarios para cumplir con los requisitos en materia de meteorología física y dinámica básicas**

<b>Meteorología física y dinámica básicas</b>	
Composición y estructura de la atmósfera	Describir la composición de la atmósfera y explicar su estructura vertical.
Radiación	Explicar las variaciones diurnas, latitudinales y estacionales de la radiación que llega a la superficie de la Tierra; describir las diferencias entre la radiación de onda corta (solar) y de onda larga (terrestre); describir los procesos que afectan a las radiaciones de onda corta y larga (esto es, la reflexión, dispersión y absorción de la radiación); describir en líneas generales el balance térmico de la atmósfera de la Tierra; explicar el efecto invernadero y los efectos del ozono en la radiación ultravioleta; describir el balance térmico en la superficie de la Tierra y su variación con la latitud.
Presión atmosférica	Explicar por qué la presión varía con la altura, qué efecto tienen la temperatura y la humedad en la variación de la presión con la altura y las razones por las que suele reducirse la presión al nivel medio del mar.
Temperatura atmosférica	Describir el efecto de calentamiento y enfriamiento por convección, advección, turbulencia y evaporación y condensación; explicar los efectos del vapor de agua, las nubes y el viento sobre la temperatura del aire en superficie; explicar la variación diurna de la temperatura del aire en superficie; describir los principales factores que afectan a la distribución mundial de la temperatura del aire en superficie.
Humedad atmosférica	Explicar por qué es importante la humedad; definir los conceptos de presión de vapor, presión de vapor saturado, temperatura del bulbo húmedo, punto de rocío y humedad relativa; describir los factores que afectan a la tasa de evaporación.
Estabilidad de la atmósfera	Describir las causas de las variaciones de la estabilidad atmosférica; explicar los conceptos del gradiente adiabático en aire seco, el gradiente adiabático en aire húmedo saturado y el gradiente del entorno; describir los diversos tipos de estabilidad (por ejemplo, absoluta, condicional, y neutra); explicar la función que cumplen las inversiones de temperatura y las condiciones que generan estabilidad e inestabilidad.
Viento	Explicar las causas del viento; describir la fuerza del gradiente de presión y la fuerza de Coriolis y explicar los conceptos relacionados con el viento geostrofico y el viento de gradiente; describir el efecto de rozamiento sobre el viento y explicar las causas de los vientos locales frecuentes causados por la topografía (por ejemplo, las brisas de tierra y de mar, los vientos de Foehn y los vientos catabáticos y anabáticos).
Rocío, helada y niebla	Describir los factores que afectan a la visibilidad; explicar la formación del rocío y la helada y las causas de la niebla, en particular la causada por radiación y advección.
Óptica y electricidad atmosféricas	Explicar la formación de los arcoíris, los halos, los cielos azules y los relámpagos.

3.4.3 **Meteorología sinóptica y mesoescalar básicas****Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:**

- describir la formación, la evolución y las características de los sistemas meteorológicos a escala sinóptica y mesoescalar tropical, de latitudes medias y polares; analizar las observaciones meteorológicas, y
- describir el proceso de predicción y las aplicaciones de productos y servicios conexos.

Las orientaciones del cuadro 3.5 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con la meteorología sinóptica y mesoescalar básicas

**Cuadro 3.5. Resultados instructivos necesarios para cumplir con los requisitos en materia de meteorología sinóptica y mesoescalar básicas**

<b>Meteorología sinóptica y mesoescalar básicas</b>	
Meteorología en un lugar específico	Explicar en qué sentido el estado del tiempo en un lugar específico es una combinación de efectos que actúan en diferentes escalas espaciales y temporales.
Masas de aire	Describir y explicar el origen, las características, el movimiento y la modificación de las masas de aire.
Sistemas meteorológicos de latitudes medias y polares	Describir las características de las depresiones, los anticiclones, las vaguadas y las dorsales y sus condiciones meteorológicas conexas cuando ocurren, con hincapié en los que afectan a la región de responsabilidad; describir las características de los frentes calientes, fríos y ocluidos y las condiciones meteorológicas conexas; describir la relación entre corrientes en chorro y sistemas meteorológicos.
Principales perturbaciones tropicales	Describir las principales perturbaciones tropicales y los estados del tiempo asociados a ellas, en particular las zonas de convergencia intertropical, las depresiones tropicales, los monzones y el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur.
Sistemas mesoescales	Describir la formación y las características de sistemas mesoescales importantes que afecten a la región de responsabilidad.
Fenómenos meteorológicos peligrosos	Describir la formación y las características de fenómenos meteorológicos peligrosos (por ejemplo, las tormentas y los ciclones tropicales) que afectan a la propia región, describir en qué medida pueden pronosticarse y su impacto en la sociedad.
Diagramas de presión en superficie	Señalar las principales características sinópticas en diagramas de presión superficial y en las correspondientes imágenes satelitales y de radar; describir los estados del tiempo típicamente asociados a esas características.
Diagramas en altitud	Describir los diferentes tipos de diagramas en altitud, incluidos los mapas de altitud en superficies de presión constante; señalar las principales características sinópticas en el diagrama y en las imágenes satelitales y de radar correspondientes; describir las condiciones meteorológicas asociadas a esas características.
Diagramas aerológicos	Describir las ideas físicas en que se basan los diagramas aerológicos y efectuar operaciones básicas en estos.
Sistemas de visualización y análisis	Analizar los sistemas comúnmente utilizados en los servicios meteorológicos a fin de visualizar y analizar los datos, junto con las ventajas e inconvenientes de esos sistemas, y preparar productos y servicios para los usuarios.
Proceso de predicción	Describir el proceso de predicción y los principios en que se basa la predicción numérica del tiempo e interpretar los productos operacionales básicos de la predicción numérica del tiempo.



Principales productos y servicios	Describir los principales productos y servicios (incluidos los avisos de fenómenos meteorológicos peligrosos), basándose en la información meteorológica actual y proyectada facilitada al público y a otros usuarios.
Función de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales	Describir la función de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales en la vigilancia y predicción del tiempo, así como la función que desempeñan otros proveedores de servicios.

### 3.4.4 ***Climatología mundial y local***

#### **Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:**

- describir la circulación global de la atmósfera, los climas de la región de responsabilidad y los principales productos y servicios climáticos, y
- exponer los conceptos básicos que subyacen a la variabilidad del clima y el cambio climático.

Las orientaciones del cuadro 3.6 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con la climatología mundial y local.

**Cuadro 3.6. Resultados instructivos necesarios para cumplir con los requisitos en materia de climatología mundial y local**

<b>Climatología mundial y local</b>	
Características de la circulación global	Explicar las principales características de la circulación global de la atmósfera y de los océanos y su variabilidad temporal (diurna, estacional, anual).
Climas regionales y locales	Explicar los factores que determinan los climas regionales y locales.
Clasificación y descripción de los climas	Describir las técnicas utilizadas para clasificar el clima, como el método de Köppen.
Clima local	Describir la climatología y los cambios estacionales de la región de responsabilidad y la tendencia del clima en esa misma región.
Variabilidad del clima y cambio climático	Indicar la diferencia entre variabilidad del clima y cambio climático; describir los conceptos básicos del efecto invernadero; describir el efecto del cambio climático provocado por las actividades humanas y la ciencia básica que explica este tipo de cambio climático; exponer los fundamentos de las predicciones climáticas.
Predicciones estacionales	Exponer el proceso y el fundamento científico de las predicciones estacionales.
Datos climáticos	Describir la manera de captar y reunir los datos climáticos, así como de controlar la calidad de dichos datos, en la región de responsabilidad.
Estadísticas climáticas	Describir la manera de analizar los datos climáticos en cuanto a su distribución (por ejemplo, la frecuencia y la frecuencia acumulativa), tendencia central y variación.
Principales productos y servicios	Describir los principales productos y servicios, basándose en la información climatológica proporcionada al público y a otros usuarios.

3.4.5 **Formación de nubes****Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:****Describir la formación y las características de los principales tipos de nubes y precipitaciones.**

Las orientaciones del cuadro 3.7 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con la formación de nubes.

**Cuadro 3.7. Resultados instructivos necesarios para cumplir con los requisitos en materia de formación de nubes**

<b>Formación de nubes</b>	
Identificación de las nubes	Describir los principales tipos y géneros de nubes, sus características, sus intervalos de alturas habituales, y los fenómenos meteorológicos conexos.
Hidrometeoros	Describir los distintos hidrometeoros y la manera de observarlos.
Formación de nubes	Explicar por qué el movimiento ascendente da lugar a la formación de nubes; describir los principales mecanismos de formación de las nubes; describir los distintos tipos de nubes; describir las ubicaciones geográficas en las cuales los distintos tipos de nubes tienen una mayor probabilidad de formarse.
Precipitación y tormentas	Describir los procesos causantes de la precipitación y los procesos que desencadenan tormentas, así como su ciclo de vida.

3.4.6 **Parámetros, instrumentos y métodos de observación meteorológicos****Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:**

- describir cómo se miden los fenómenos meteorológicos con instrumentos en superficie, en altitud y en el espacio, y
- efectuar una observación meteorológica básica a partir de la evaluación y la interpretación de los datos obtenidos a partir de instrumentos en superficie, en altitud y en el espacio.

Las orientaciones del cuadro 3.8 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con los parámetros, instrumentos y métodos de observación meteorológicos.

**Cuadro 3.8. Resultados instructivos necesarios para cumplir con los requisitos en materia de parámetros, instrumentos y métodos de observación meteorológicos**

<b>Parámetros, instrumentos y métodos de observación meteorológicos</b>	
Fenómenos meteorológicos	Describir los diversos tipos de fenómenos meteorológicos considerados al efectuar una observación visual en superficie; especificar sus características y explicar su formación.
Vigilancia y observación meteorológica	Vigilar el estado del tiempo; efectuar observaciones en superficie mediante instrumentos operados a distancia y de lectura directa, así como mediante valoraciones visuales (por ejemplo, para determinar tipos de nube, la nubosidad y el tipo de tiempo), y explicar las causas de esas valoraciones.
Temperatura	Explicar los distintos métodos de medición de la temperatura y cómo se relacionan con los usos y limitaciones de los instrumentos y los sensores.

Humedad	Explicar los distintos métodos de medición de la humedad y cómo se relacionan con los usos y limitaciones de los instrumentos y los sensores.
Dirección y velocidad del viento	Explicar los distintos métodos de medición de la dirección y la velocidad del viento y cómo se relacionan con los usos y limitaciones de los instrumentos y los sensores.
Precipitación	Explicar los distintos métodos de medición de la precipitación y cómo se relacionan con los usos y limitaciones de los instrumentos y los sensores.
Radiación directa e indirecta	Explicar los distintos métodos de medición de radiación directa e indirecta y cómo se relacionan con los usos y limitaciones de los instrumentos y los sensores.
Presión	Explicar los distintos métodos de medición de la presión y cómo se relacionan con los usos y limitaciones de los instrumentos y los sensores.
Heliógrafo	Explicar los distintos métodos de medición de la insolación y cómo se relacionan con los usos y limitaciones de los instrumentos y los sensores.
Evaporación	Explicar los distintos métodos de medición de la evaporación y cómo se relacionan con los usos y limitaciones de los instrumentos y los sensores.

### 3.4.7 **Control básico de la calidad de los datos climáticos**

#### **Los técnicos en meteorología deberán ser capaces de:**

Describir y aplicar los procedimientos de control de calidad de los datos climáticos.

Las orientaciones del cuadro 3.9 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje de los módulos de estudio. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos necesarios para cumplir con los resultados del aprendizaje relacionados con el control de la calidad de los datos climáticos.

**Cuadro 3.9. Resultados instructivos necesarios para cumplir con los requisitos en materia de control de la calidad de los datos climáticos**

<b>Climate-data quality control</b>	
Conjuntos de datos climáticos	Realizar procedimientos de conservación y recuperación de datos climáticos; evaluar la ubicación y las características de los emplazamientos de observación con respecto a los requisitos para una red de observación climática de referencia; recopilar y almacenar datos y metadatos climáticos en bases de datos relacionales; aplicar procesos de control de calidad a los datos climáticos y las series cronológicas resultantes; evaluar la homogeneidad de los datos climáticos y ajustar las series cronológicas no homogéneas; crear, archivar y documentar conjuntos de datos climáticos; aplicar la interpolación espacial y temporal para garantizar la continuidad de datos.
Calidad de la información y de los servicios climáticos	Definir y aplicar procesos de gestión de la calidad para los servicios climáticos; supervisar las funciones de los servicios climáticos, incluida la validación de datos, productos y servicios; evaluar las repercusiones y los beneficios de los servicios climáticos para los clientes mediante la recopilación de comentarios, sugerencias y quejas.
Comunicación de información climática a los usuarios	Establecer canales de comunicación eficaces con los usuarios de los servicios climáticos y aumentar las capacidades de divulgación, por ejemplo, por medio de los Foros Regionales sobre la Evolución Probable del Clima, en conformidad con los requisitos de la interfaz del Marco Mundial para los Servicios Climáticos y con la integración en el Sistema de Información de la OMM.

Control de la calidad de los datos climáticos	Vigilar todas las observaciones para verificar si hay errores e incoherencias, corregir los errores o marcar los datos de acuerdo con los procedimientos establecidos y adoptar medidas de seguimiento; registrar las correcciones, las marcas y las medidas de seguimiento en un repositorio de metadatos; revisar el formato y el contenido de los mensajes de observación antes de su emisión y llevar a cabo correcciones si procede; velar por que todas las observaciones se envíen y reciban correctamente.
---	--

### 3.5 Resultados profesionales del aprendizaje

En esta sección se proponen resultados del aprendizaje para contribuir a la consecución de varios de los resultados generales del aprendizaje y así brindar a los técnicos en meteorología las habilidades profesionales fundamentales que necesitarán en el comienzo de sus carreras. Los resultados que se presentan en los cuadros 3.10 y 3.11 no constituyen una lista exhaustiva de estas habilidades. Las instituciones deberán guiarse en función de las necesidades de recursos humanos a nivel nacional y regional.

**Cuadro 3.10. Resultados del aprendizaje recomendados en relación con la comunicación útiles para las funciones de técnico en meteorología**

<b>Habilidades de comunicación y de trabajo en equipo</b>	
Comunicación escrita	Utilizar programas informáticos de procesamiento de textos para elaborar textos bien escritos; utilizar programas informáticos de presentación para elaborar presentaciones o gráficos de calidad; preparar comunicaciones escritas en un plazo específico de forma concisa, precisa y comprensible para distintos clientes.
	Comunicar información meteorológica en forma de debates sobre políticas y reuniones informativas sobre el traspaso de funciones relacionados con las predicciones que se centran en los impactos y hacen uso del proceso de cono de pronóstico; determinar las principales sensibilidades meteorológicas y climáticas de los clientes y organizar reuniones informativas adaptadas que se centren en las repercusiones, las incertidumbres y la confianza y que brinden apoyo a la adopción de decisiones.
	Preparar y realizar entrevistas en medios de comunicación, así como actividades de divulgación para la comunidad, haciendo uso de un lenguaje sencillo que comunique los mensajes clave; interactuar con los clientes y los colegas utilizando un tono de voz y lenguaje corporal adecuados y mostrando empatía.
Presentaciones orales	Realizar presentaciones en los plazos fijados, de modo que el contenido y el estilo de la presentación permitan proporcionar a la audiencia información comprensible; utilizar distintos estilos y técnicas de comunicación.
Trabajo en equipo	Compartir conocimientos y trabajar de forma constructiva con otras personas en un equipo.

**Cuadro 3.11. Resultados del aprendizaje en relación con el uso de las tecnologías de la información**

<b>Tecnologías de la información</b>	
Conocimientos básicos de informática	Utilizar programas informáticos de procesamiento de textos para editar y dar formato a documentos escritos; utilizar programas informáticos de presentación para editar y dar formato a presentaciones o gráficos.
Material para publicar	Crear, publicar y actualizar una página web básica; comprender los componentes de una página web (cuadros e imágenes) mediante el uso de CSS y de HTML.
Acceso y obtención de información	Encontrar información meteorológica en bibliotecas y bases de datos y mediante búsquedas en Internet; elaborar material para su publicación.

Usos de la información meteorológica	Describir cómo se utiliza la información meteorológica, por ejemplo, para la gestión y el control del tráfico aéreo o por parte de los miembros de la tripulación de vuelo y los gestores de riesgos de desastre.
--------------------------------------	---

### 3.6 Especializaciones selectivas

Las orientaciones del cuadro 3.12 deberían ayudar a determinar los resultados instructivos del aprendizaje y los criterios de rendimiento de los módulos de estudio y los cursos de formación que se basen en el PIB-TM. Estas orientaciones no pretenden ser exhaustivas o restrictivas, sino presentar a título ilustrativo el abanico y el tipo de conocimientos y habilidades que se necesitan en cada especialización selectiva.

**Cuadro 3.12. Resultados del aprendizaje y criterios de rendimiento para las funciones de técnico meteorológico general**

<b>Técnico meteorológico general</b>	
Vigilancia de la situación meteorológica	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel performing meteorological observations", "Competency 1: Monitor the meteorological situation" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 1: Vigilar la situación meteorológica).
Cifrado ( <i>Manual de claves</i> (OMM-N° 306))	Explicar cómo se cifran las observaciones.
	Explicar cómo se transmiten las observaciones. Describir las diferencias entre los distintos tipos de mensajes (SYNOP, SHIP, CLIMAT y METAR, entre otros).
Identificación de nubes	Identificar varios tipos de nubes en función de sus características y de su altura.
	Identificar los diversos tipos de nubes y los fenómenos meteorológicos conexos (véase el <i>Atlas Internacional de Nubes: Manual de observación de nubes y otros meteoros</i> (OMM-N° 407)).
Observación en superficie	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel performing meteorological observations", "Competency 2: Perform a surface observation" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 2: Realizar observaciones en superficie).
	Observar otros parámetros, según proceda, tales como la radiación solar, la evaporación, la temperatura del suelo, el estado del suelo, la humedad del suelo, el estado del mar, la composición de la atmósfera, la cizalladura del viento, la humedad de las hojas y la fenología.
Calidad de la información de las observaciones	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel performing meteorological observations", "Competency 6: Maintain the quality of observational information" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 6: Mantener la calidad de la información de las observaciones).
	Enumerar los requisitos de la interfaz del Marco Mundial para los Servicios Climáticos y la integración en el Sistema de información de la OMM.

Rendimiento de los instrumentos y sistemas	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), “Competency framework for personnel performing meteorological observations”, “Competency 5: Monitor the performance of instruments and systems” (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 5: Vigilar el rendimiento de los instrumentos y sistemas).
	Vigilar la funcionalidad de los sistemas automáticos de observación meteorológica y velar por que el personal esté familiarizado con los pasos que se deben seguir en caso de fallo de los componentes.
Uso de tecnología de teledetección (si se dispone de ella) para hacer observaciones	Interpretar la información extraída de la tecnología de teledetección utilizada para la realización de observaciones (por ejemplo, del nefobasímetro para medir la altura de la base de la nube en las observaciones sinópticas y los informes meteorológicos de los aeródromos).
	Cotejar las observaciones obtenidas mediante el uso de técnicas alternativas de observación (por ejemplo, la teledetección en comparación con las mediciones <i>in situ</i> ) para velar por la coherencia de las observaciones (por ejemplo, comparar la información sobre visibilidad registrada por los medidores de visibilidad con las imágenes satelitales —neblina, tormentas de arena— y las observaciones manuales).
	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), “Competency framework for personnel performing meteorological observations”, “Competency 4: Utilize remote sensing technology in making observations” (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 4: Utilizar tecnología de teledetección para hacer observaciones).
Observación en altitud en globo	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), “Competency framework for personnel performing meteorological observations”, “Competency 3: Perform a balloon-borne upper-air observation” (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 3: Realizar observaciones en altitud en globo).
Mantener un entorno de trabajo seguro	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), “Competency framework for personnel performing meteorological observations”, “Competency 7: Maintain a safe work environment” (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 7: Mantener un entorno de trabajo seguro).

En cuanto a los resultados y los criterios presentados en el cuadro 3.13, se recomienda consultar las normas de competencia y el material de referencia conexo pertinente para los observadores meteorológicos aeronáuticos en la publicación *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial).

**Cuadro 3.13. Resultados del aprendizaje y criterios de rendimiento para las funciones de observador meteorológico aeronáutico**

<b>Observador meteorológico aeronáutico</b>	
Vigilancia de la situación meteorológica	Explicar cómo se cifran y transmiten las observaciones.
	Describir las diferencias entre los distintos tipos de mensajes (METAR y SPECI).
Identificación de nubes para la aviación	Describir los principales tipos de nube, sus características, sus intervalos de alturas habituales y los fenómenos meteorológicos conexos.

Calidad del rendimiento de los sistemas y de la información meteorológica	Enumerar los requisitos de la interfaz del Marco Mundial para los Servicios Climáticos y la integración en el Sistema de información de la OMM.
Uso de tecnología de teledetección (si se dispone de ella) para hacer observaciones	Interpretar la información obtenida mediante tecnología de teledetección utilizada para la realización de observaciones (por ejemplo, del nefobasímetro para medir la altura de la base de la nube en las observaciones sinópticas y los informes meteorológicos de los aeródromos).
	Cotejar las observaciones obtenidas mediante el uso de técnicas alternativas de observación (por ejemplo, la teledetección en comparación con las mediciones <i>in situ</i> ) para velar por la coherencia de las observaciones (por ejemplo, comparar la información sobre visibilidad registrada por los medidores de visibilidad con las imágenes satelitales —neblina, tormentas de arena— y las observaciones manuales).
Entorno de trabajo seguro	Trabajar de manera segura cerca de peligros eléctricos.
	Llevar a cabo todas las tareas de observación de forma segura y minimizar la exposición a las condiciones medioambientales peligrosas (tiempo violento, relámpagos, inundaciones, huracanes o incendios, entre otros).
	Mantener un registro de los peligros y realizar una gestión de los peligros.

En cuanto a los resultados y los criterios presentados en los cuadros 3.14 a 3.17, se recomienda consultar las normas de competencia y el material de referencia conexo pertinente para la instrumentación, la calibración, las observaciones meteorológicas y la gestión de programas y redes de observación en la publicación *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial).

**Cuadro 3.14. Resultados del aprendizaje y criterios de rendimiento para las funciones de técnico de instrumentos meteorológicos**

<b>Técnico de instrumentos meteorológicos</b>	
Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM	Describir los principales componentes del Sistema Mundial de Observación de la OMM y del Sistema de Información de la OMM, incluido el Sistema Mundial de Telecomunicación, utilizados para efectuar y transmitir observaciones meteorológicas y medioambientales a escala mundial mediante sistemas de observación en superficie y desde el espacio.
Ubicación de instrumentos	Describir los factores que hay que tener en cuenta para ubicar los instrumentos en la superficie.
Instrumentos de superficie	Explicar los principios físicos en los que se basan los instrumentos para las mediciones en superficie de la temperatura, la humedad, la presión, la precipitación, el viento, la altura de la nube, la visibilidad, la insolación y la radiación (incluidos los instrumentos utilizados en estaciones meteorológicas automáticas); describir la manera en la que funcionan estos instrumentos y los tipos de errores que pueden sobrevenir.
Instrumentos de estaciones meteorológicas automáticas y electrónica básica	Determinar el instrumental de las estaciones meteorológicas automáticas.
	Determinar los componentes individuales de los instrumentos de las estaciones meteorológicas automáticas.
Instalación de los instrumentos y comunicaciones	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel installing and maintaining instrumentation", "Competency 1: Install instruments and communications systems" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que instala y mantiene instrumentos, Competencia 1: Instalar instrumentos y sistemas de comunicaciones).

Mantenimiento de los instrumentos y del rendimiento del sistema	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel installing and maintaining instrumentation", "Competency 2: Maintain instrument and system performance" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que instala y mantiene instrumentos, Competencia 2: Mantener los instrumentos y el rendimiento del sistema).
Diagnóstico de averías	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel installing and maintaining instrumentation", "Competency 3: Diagnose faults" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que instala y mantiene instrumentos, Competencia 3: Diagnosticar averías).
Vigilancia del rendimiento de los instrumentos y sistemas	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel performing meteorological observations", "Competency 5: Monitor the performance of instruments and systems" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 5: Vigilar el rendimiento de los instrumentos y sistemas).
Reparación de instrumentos y sistemas defectuosos	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel installing and maintaining instrumentation", "Competency 4: Repair faulty instruments and systems" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que instala y mantiene instrumentos, Competencia 4: Reparar instrumentos y sistemas defectuosos).
Red de detección de rayos y mantenimiento de radares (ambos opcionales)	Mantener los instrumentos y el rendimiento del sistema.
	Diagnosticar averías.
	Mantener un entorno de trabajo seguro.
Seguridad	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel installing and maintaining instrumentation", "Competency 5: Maintain a safe work environment" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que instala y mantiene instrumentos, Competencia 5: Mantener un entorno de trabajo seguro).

**Cuadro 3.15. Resultados del aprendizaje y criterios de rendimiento para las funciones de técnico de instrumentos de la calidad del aire**

<b>Técnico de instrumentos de la calidad del aire</b>	
Teoría de la calidad del aire	Describir los tipos de contaminación del aire, sus características y su influencia en el cambio climático.
	Describir los componentes de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire.
	Mantener una estación de vigilancia de la calidad del aire.
	Describir el principio de medición y los requisitos de mantenimiento básico del óxido nítrico (NO), el monóxido de carbono (CO), el ozono (O <sub>3</sub> ) y el prometio (Pm).
	Describir las tecnologías de registro.
Funcionamiento de los instrumentos	Preparar las normas que se utilizarán para verificar el funcionamiento de los instrumentos.
	Manejar las normas y los elementos de forma adecuada.
	Comparar el instrumento con las normas y evaluar su funcionalidad.
	Registrar y analizar los errores de medición.
	Elaborar informes de funcionamiento de los instrumentos según proceda.



Instalación de los instrumentos y comunicaciones	Ensamblar y probar los instrumentos antes de transportarlos al lugar de instalación.
	Transportar los instrumentos al lugar de instalación.
	Instalar los instrumentos y los sistemas de comunicación (incluida la preparación básica del lugar).
	Formar al personal técnico y encargado de realizar observaciones para que pueda utilizar los instrumentos y mantenerlos (incluido el suministro de procedimientos normalizados de operación, las instrucciones normalizadas de funcionamiento, los manuales de sistema y los esquemas de cableado, entre otros).
	Examinar a fondo el funcionamiento de los instrumentos y las comunicaciones <i>in situ</i> antes de la puesta en marcha.
	Completar la clasificación de emplazamientos respecto de las variables en cuestión, preparar los metadatos de los instrumentos y de las variables e ingresarlos en el Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM a través de la Herramienta de Análisis y Examen de la Capacidad de los Sistemas de Observación.
	Cambiar los instrumentos a modo operativo.
Mantenimiento de los instrumentos y del rendimiento del sistema	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel installing and maintaining instrumentation", "Competency 2: Maintain instrument and system performance" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que instala y mantiene instrumentos, Competencia 2: Mantener los instrumentos y el rendimiento del sistema).
Diagnóstico de averías	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel installing and maintaining instrumentation", "Competency 3: Diagnose faults" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que instala y mantiene instrumentos, Competencia 3: Diagnosticar averías).
Vigilancia del rendimiento de los instrumentos y sistemas	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel performing meteorological observations", "Competency 5: Monitor the performance of instruments and systems" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 5: Vigilar el rendimiento de los instrumentos y sistemas).
Seguridad	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel installing and maintaining instrumentation", "Competency 5: Maintain a safe work environment" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que instala y mantiene instrumentos, Competencia 5: Mantener un entorno de trabajo seguro).

**Cuadro 3.16. Resultados del aprendizaje y criterios de rendimiento para las funciones de observador meteorológico marino**

<b>Observador meteorológico marino</b>	
Vigilancia de la situación meteorológica marina	Evaluar la situación meteorológica local en evolución.
	Explicar la influencia potencial de la situación meteorológica en evolución en las observaciones posteriores.
	Detectar los síntomas meteorológicos que puedan conducir a la aparición de tiempo significativo.
Cifrado de datos marítimos ( <i>Manual de claves</i> (OMM-Nº 306))	Explicar cómo se cifran y transmiten las observaciones; describir el formato SHIP, el nivel del mar (mar de fondo y mar de viento), el hielo marino y los buques que operan en aguas polares.

Identificación de nubes para las observaciones marinas	Identificar los distintos tipos de nubes en función de sus características y de su altura.
	Relacionar los tipos de nubes con los fenómenos meteorológicos a ellas asociados.
Observación en superficie	Observar y registrar de forma exacta la presión atmosférica, la temperatura, la humedad, el viento, las nubes, el tiempo presente y pasado, la visibilidad, el estado del mar, y las alturas y los períodos del mar de fondo.
	Cifrar y transmitir las observaciones en superficie mediante el uso de claves y métodos establecidos.
Calidad de la información de las observaciones	Vigilar todas las observaciones para verificar si hay errores e incoherencias, corregir los errores o marcar los datos de acuerdo con los procedimientos establecidos y adoptar medidas de seguimiento.
	Registrar las correcciones, las marcas y las medidas de seguimiento en un repositorio de metadatos.
	Examinar el formato y el contenido de los mensajes de observación antes de su emisión y llevar a cabo correcciones si procede.
	Velar por que todas las observaciones se envíen y reciban correctamente.
Vigilancia del rendimiento de los instrumentos y sistemas	Inspeccionar de forma periódica los instrumentos meteorológicos (tales como los pluviómetros y los termómetros de bulbo húmedo), los sistemas de observación automáticos (como las estaciones meteorológicas automáticas y el estado de las fallas de los radares meteorológicos), los sistemas de comunicación y los sistemas de respaldo (por ejemplo, la energía).
	Llevar a cabo tareas de mantenimiento de rutina según lo establecido (por ejemplo, cambiar la mecha del bulbo húmedo).
	Realizar un diagnóstico inicial de averías y advertir al personal técnico acerca de ello.
	Adoptar medidas según las orientaciones del personal técnico a distancia.
	Inscribir las intervenciones y las irregularidades en un registro de mantenimiento o repositorio de metadatos.
Observación en altitud en globo	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel performing meteorological observations", "Competency 3: Perform a balloon-borne upper-air observation" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 3: Realizar observaciones en altitud en globo).
Seguridad	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for personnel performing meteorological observations", "Competency 7: Maintain a safe work environment" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para el personal que realiza observaciones meteorológicas, Competencia 7: Mantener un entorno de trabajo seguro).

**Cuadro 3.17. Resultados del aprendizaje y criterios de rendimiento para las funciones de controlador especializado de datos climáticos**

<b>Controlador especializado de datos climáticos</b>	
Control de datos climáticos	Véase la publicación <i>Compendium of WMO Competency Frameworks</i> (WMO-No. 1209), "Competency framework for the provision of climate services", "Competency 4: Ensure the quality of climate information and services" (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial, Marco de competencias para la prestación de servicios climáticos, Competencia 4: Velar por la calidad de la información y los servicios climáticos).

Para obtener orientaciones sobre las demás funciones de los técnicos meteorológicos, véanse las publicaciones de la OMM que se indican a continuación.

**Técnico hidrometeorológico**

Véanse las *Directrices de orientación para la enseñanza y formación profesional del personal de meteorología e hidrología operativa* (OMM-N° 258), volumen II: hidrología, cuarta edición.

**Técnico agrometeorológico**

Véase la publicación *Guide to Agricultural Meteorological Practices* (WMO-No. 134) (Guía de prácticas agrometeorológicas), capítulo 2: "Agricultural meteorological variables and their observations" (Variables meteorológicas agrícolas y sus observaciones).

**Técnico de predicción marina y para el público**

Véase la publicación *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial).  
Como se indica en la publicación *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209) (Compendio de marcos de competencias de la Organización Meteorológica Mundial), se recomienda que los pronosticadores que trabajan en servicios meteorológicos para el público y los pronosticadores meteorológicos marinos hayan completado con éxito el PIB-M (o algunas de sus partes), conforme figura en el *Reglamento Técnico* (OMM-N° 49), Volumen I, parte V, y en el apéndice A: "Paquetes de instrucción básica".

#### 4. REFERENCIAS

- Anderson, L. W.; Krathwohl, D. R.; Airasian, P. et al., Eds. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*; Abridged edition, Longman, 2001.
- Biggs, J.; Tang, C. *Teaching For Quality Learning At University*, 4th ed.; McGraw-Hill Education, The Society for Research into Higher Education, London, 2011.
- Brandt, R. On Teaching for Understanding: A Conversation with Howard Gardner. *ASCD, Educational leadership* **1993**, 50 (7). <https://www.ascd.org/el/articles/on-teaching-for-understanding-a-conversation-with-howard-gardner>.
- Carroll, E. B. Use of Dynamical Concepts in Weather Forecasting. *Meteorological Applications* **1997**, 4 (4), 345–352. <https://doi.org/10.1017/S1350482797000583>.
- Hoffman, R. R.; LaDue, D. S.; Mogil, H. M. et al. *Minding the Weather. How Expert Forecasters Think*; The MIT Press, 2023.
- ILOs and constructive alignment. Imperial College London. <https://www.imperial.ac.uk/staff/educational-development/teaching-toolkit/intended-learning-outcomes/ilos-and-constructive-alignment/>.
- Krathwohl, D. R.; Payne, D. A. Defining and Assessing Educational Objectives. In *Educational measurement*; Thorndike, R. L., Ed.; 4th ed.; American Council on Education: Washington, DC, 1971.
- Rossby, C.-G. Comments on Meteorological Research. *Journal of the Aeronautical Sciences* **1934**, 1 (1), 32–34. <https://doi.org/10.2514/8.9>.
- Schraw, G. Promoting General Metacognitive Awareness. *Instructional Science* **1998**, 26 (1), 113–125. <https://doi.org/10.1023/A:1003044231033>.
- Schultz, D. *Eloquent Science: A Practical Guide to Becoming a Better Writer, Speaker, and Atmospheric Scientist*; American Meteorological Society, 2009.
- World Meteorological Organization (WMO). *Guide to the Implementation of Education and Training Standards in Meteorology and Hydrology, volume I – Meteorology* (WMO-No. 1083). Geneva, 2015.
- World Meteorological Organization (WMO). *Guide to the Implementation of Quality Management Systems for National Meteorological and Hydrological Services and Other Relevant Service Providers* (WMO-No. 1100). Geneva, 2017.
- World Meteorological Organization (WMO). *Guidelines for Nowcasting Techniques* (WMO-No. 1198). Geneva, 2017.
- World Meteorological Organization (WMO). *International Cloud Atlas. Manual on the Observation of Clouds and Other Meteors* (WMO-No. 407). Geneva, 2017.
- World Meteorological Organization (WMO). *A Compendium of Topics to Support Management Development in National Meteorological and Hydrological Services* (ETR-No. 24). Geneva, 2018.
- World Meteorological Organization (WMO). *Guide to Competency* (WMO-No. 1205). Geneva, 2018.
- World Meteorological Organization (WMO). *Compendium of WMO Competency Frameworks* (WMO-No. 1209). Geneva, 2019.
- World Meteorological Organization (WMO). *WMO Strategic Plan 2020-2023* (WMO-No. 1225). Geneva, 2019.
- World Meteorological Organization (WMO). *Technical Regulations, Volume I: General Meteorological Standards and Recommended Practices* (WMO-No. 49). Geneva, 2019.
- World Meteorological Organization (WMO). *Guidelines for the education and training of personnel in meteorology and operational hydrology - Volume II: Hydrology* (WMO-No. 258). Geneva, 2003.
- World Meteorological Organization (WMO). Chapter 2. Agricultural meteorological variables and their observations. In *Guide to Agricultural Meteorological Practices (GAMP)* (WMO-No. 134). Geneva, 2010.
- World Meteorological Organization (WMO). *Manual on Codes - International Codes, Volume I.1, Annex II to the WMO Technical Regulations: part A- Alphanumeric Codes* (WMO-No. 306). Geneva, 2011.
-

Para más información, diríjase a:

## **Organización Meteorológica Mundial**

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

**Oficina de Comunicaciones Estratégicas**

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

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

[public.wmo.int](http://public.wmo.int)