

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL

DIRECTRICES DE ORIENTACIÓN PARA LA ENSEÑANZA Y FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PERSONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA OPERATIVA

VOLUMEN I: METEOROLOGÍA

Redactores: I. F. Drăghici, G. V. Necco, R. W. Riddaway,
J. T. Snow, C. Billard, L. A. Ogallo

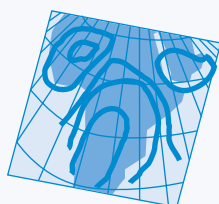
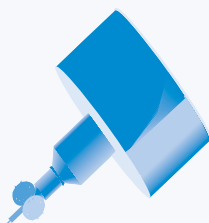
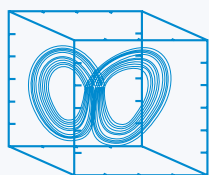
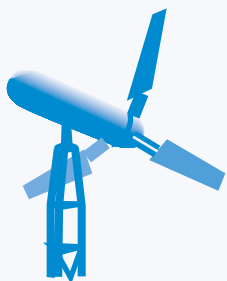
Preparadas bajo la supervisión del
Grupo de expertos del Consejo Ejecutivo
sobre enseñanza y formación profesional

CUARTA EDICIÓN



OMM-Nº 258

Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial
Ginebra – Suiza



PUBLICACIONES TÉCNICAS DE LA OMM

relativas a la educación y a la formación profesional

OMM N°

- 114 — Guía de los conocimientos y formación profesional del personal dedicado a facilitar información meteorológica para la navegación aérea internacional. Segunda edición, 1974 (español-francés).
- 266 — Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la Clase IV. Volume I—*Earth science*; 1970 (inglés); Volumen II—*Meteorología*; 1984 (español-francés-inglés).
- 364 — Compendio de meteorología para uso del personal meteorológico de Clase I y II. Volumen I, Parte 1—*Meteorología dinámica* (español-francés), Parte 2—*Meteorología física* (español-francés), Parte 3—*Meteorología sinóptica* (inglés-francés), Volume II, *Part 1—General hydrology* (inglés), Parte 2—*Meteorología aeronáutica* (español-francés-inglés), Parte 3—*Meteorología marina* (español-francés-inglés), *Part 4—Tropical meteorology* (inglés), *Part 5—Hydrometeorology* (inglés), Parte 6—*Química atmosférica y meteorología de la contaminación del aire* (español-francés-inglés).
- 182 — Vocabulario Meteorológico Internacional. Segunda edición, 1992 (español-francés-inglés-ruso).
- 385 — Glosario Hidrológico Internacional. Publicación conjunta OMM/UNESCO. Segunda edición, 1992
- 407 — Atlas Internacional de Nubes. Volumen I—Manual de observación de nubes y otros meteoros. Reimpreso en 1995. Volumen II (láminas), 1987.
- 551 — Compendio de apuntes para la formación del personal agrometeorológico de las Clases II y III. Edición de 1980 (español).
- 593 — Compendio de apuntes de meteorología agrícola para la formación del personal meteorológico de la Clase IV. Edición de 1982 (español-francés-inglés).
- 622 — Compendio de apuntes sobre instrumentos meteorológicos para la formación del personal meteorológico de las Clases III y IV. Edición de 1986. Volumen I, Parte 1—*Instrumentos meteorológicos* (español-inglés), *Part 2—Meteorological instruments maintenance workshops, calibration laboratories and routines*. Volume II, *Part 3—Basic electronics for the meteorologist* (inglés).
- 649 — *El Niño phenomenon and fluctuations of climate—Lectures presented at the thirty-sixth session of the WMO Executive Council* (1984), 1986 (inglés).
- 659 — *Marine cloud album*. Edición de 1987 (inglés).
- 669 — Libro de ejercicios sobre predicción numérica del tiempo en los trópicos para la formación profesional del personal meteorológico de las Clases I y II. Edición de 1986 (español-inglés).
- 701 — *Mesometeorology and short-range forecasting lecture notes and students' workbook for training Class I and Class II—meteorological personnel*. Volumes I and II (inglés, 1990; ruso, 1988).
- 712 — *Mesoscale forecasting and its applications—Lectures presented at the fortieth session of the WMO Executive Council* (1988). 1989 (español-francés-ruso).
- 726 — *Compendium of lecture notes in climatology for Class III and Class IV personnel*. Part I—*Lecture notes*; Part II—*Student's workbook*; Part III—*Notes for instructors*. Edición de 1992.
- 738 — *Meteorological and hydrological risk assessment and disaster reduction—Lectures presented at the forty-first session of the WMO Executive Council* (1989). 1991 (inglés-ruso).
- 770 — *Methods of interpreting numerical weather prediction output for aeronautical meteorology* TN-N° 195. Segunda edición, 1999.
- 771 — *Special topics on climate—Lectures presented at the forty-second session of the WMO Executive Council* (1990). 1993 (inglés-ruso).
- 795 — *Scientific lectures presented at the Eleventh World Meteorological Congress* (1991). 1993
- 798 — *Climate change issues—Lectures presented at the forty-fourth session of the WMO Executive Council* (1992). 1994 (inglés).
- 805 — *Lectures presented at the forty-fifth session of the WMO Executive Council* (1993). 1994 (francés-inglés).
- 822 — *Lectures presented at the forty-sixth session of the WMO Executive Council* (1994). 1995 (francés-inglés).
- 845 — *Lectures presented at the Twelfth World Meteorological Congress* (1995). 1997 (inglés).
- 866 — *Scientific lectures presented at the forty-eighth session of the WMO Executive Council* (1996). 1997 (inglés).
- 910 — *Lectures presented at the forty-ninth session of the WMO Executive Council* (1997). 2000 (inglés).
- 911 — *Lectures presented at the fiftieth session of the WMO Executive Council* (1998), 2000 (inglés).
- 916 — *Forecasting in the 21st Century*. 2000 (inglés)

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL

DIRECTRICES DE ORIENTACIÓN PARA LA ENSEÑANZA Y FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PERSONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA OPERATIVA

VOLUMEN I: METEOROLOGÍA

Redactores: I. F. Drăghici, G. V. Necco, R. W. Riddaway,
J. T. Snow, C. Billard, L. A. Ogallo

Preparadas bajo la supervisión del
Grupo de expertos del Consejo Ejecutivo
sobre enseñanza y formación profesional

CUARTA EDICIÓN



OMM-Nº 258

Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial
Ginebra – Suiza
2003

Los derechos de propiedad intelectual de este documento electrónico y su contenido pertenecen a la OMM. Cualquier modificación, copia, distribución o publicación en formato electrónico sin el previo permiso escrito de la OMM está estrictamente prohibida.

Traducción y adaptación al castellano: R. A. Quintana Gómez y
M. A. García Couto

Supervisión técnica de la traducción: C. García-Legaz Martínez

© 2003, Organización Meteorológica Mundial
ISBN 92-63-34258-X

NOTA

Esta publicación no ha sido objeto de revisión editorial en la Secretaría de la OMM. Las designaciones empleadas y la presentación del material que figura en este documento no suponen en ninguna medida la expresión del parecer de la Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial acerca de la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona, ni de las autoridades de las mismas, ni tampoco acerca de la delimitación de sus fronteras o límites nacionales.

ÍNDICE

	PRESENTACIÓN	vii
	PRÓLOGO	xi
PARTE A	GUÍA	xv
CAPÍTULO 1	CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL DE LA OMM	1
1.1	Información general	2
	Necesidad del cambio	2
	Consideraciones básicas	2
	Consultas posteriores	3
1.2	Clasificación del personal de meteorología e hidrología	3
	Propósitos de la nueva clasificación	3
	Categorías de personal	4
	Promoción en la carrera profesional	4
	Relación con la clasificación previa	4
1.3	El personal de meteorología	4
	Cualificación inicial de los Meteorólogos	4
	Cualificación inicial de los Técnicos en Meteorología	6
	Niveles de carrera profesional para los Meteorólogos	7
	Niveles de carrera profesional para los Técnicos en Meteorología ..	7
	Habilidades colectivas y transferibles	8
CAPÍTULO 2	EL CAMPO DE LA METEOROLOGÍA	11
2.1	Alcance y profundidad de las ciencias de la atmósfera	12
	Matemáticas, física y química	12
	Disciplinas meteorológicas básicas	12
	Las ciencias del sistema terrestre	14
2.2	Los requisitos de aptitud de la profesión meteorológica	15
	Formación en competencia para el empleo	15
	Observación, vigilancia y predicción del tiempo y del clima	16
	Aplicaciones meteorológicas y servicios para el público	19
	Ramas de apoyo a la meteorología	22
2.3	La brecha existente entre las especialidades académicas y las especializaciones profesionales	25
CAPÍTULO 3	PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA METEORÓLOGOS (PIB-M)	27
3.1	Materias necesarias de ciencias matemáticas y físicas	28
	Matemáticas	28
	Física	28
	Química	28
	Requisitos complementarios	28
3.2	Materias obligatorias de ciencias de la atmósfera	28
	Meteorología física	28
	Meteorología dinámica	29
	Meteorología sinóptica	29
	Climatología	29
3.3	Campos optativos de especialización en meteorología	29
	Meteorología aeronáutica	30
	Meteorología agrícola	30
	Química atmosférica	30

	Vigilancia y predicción del clima	30
	Meteorología mesoescalar y predicción del tiempo	30
	Meteorología por radar	31
	Meteorología por satélite	31
	Meteorología y climatología tropical	31
	Meteorología urbana y contaminación atmosférica	31
3.4	Otros campos de especialización	31
	Biometeorología y salud humana	31
	Meteorología de la capa límite	32
	Nubes y precipitaciones; modificación artificial del tiempo	32
	Meteorología económica; mercadotecnia y gestión	32
	Hidrología general e hidrometeorología	32
	Oceanografía general y meteorología marina	32
	Meteorología de la alta y media atmósfera	32
	Métodos numéricos de modelización matemática	33
3.5	Después del PIB-M	33
	Anexo: Ejemplo de curso de formación de meteorología dinámica	34
CAPÍTULO 4	PAQUETE DE INSTRUCCION BÁSICA PARA TÉCNICOS EN METEOROLOGÍA (PIB-TM)	37
4.1	Materias necesarias de las ciencias básicas	38
	Matemáticas	38
	Física	38
	Química	38
	Habilidades de comunicación	38
4.2	Materias obligatorias de meteorología general	38
	Introducción a la física y a la meteorología dinámica	38
	Elementos de meteorología sinóptica y de climatología	38
	Instrumentos meteorológicos y métodos de observación	38
4.3	Materias optativas de meteorología operativa	38
	Observaciones y medidas sinópticas	39
	Otras observaciones y medidas especializadas	39
	Teledetección atmosférica	39
	Meteorología aeronáutica para técnicos	39
4.4	Después del PIB-TM	39
	Anexo: Ejemplo de curso de formación de meteorología aeronáutica: nivel de técnico	40
CAPÍTULO 5	ENSEÑANZA Y FORMACIÓN PROFESIONAL PERMANENTES (EFP)	43
5.1	Introducción	44
	Factores que afectan a los SMN	44
	La organización del aprendizaje	44
	Enfoque estratégico de la formación profesional y el desarrollo ..	45
5.2	Conceptos básicos	46
	Enseñanza y Formación Profesional Permanentes (EFP)	46
	Formación profesional y desarrollo	48
5.3	Cómo obtener lo máximo de la EFP	48
	Importancia de la EFP	48
	Cómo llevar a cabo con éxito las actividades de la EFP	50
5.4	Métodos de la EFP	50
	Aspectos generales	50
	Cómo impartir la EFP	53
5.5	Algunas tendencias en la EFP	53
	Proyectos de formación profesional	53
	Cursos de corta duración	54
	Cualificación y acreditación profesional	54
	Incorporación a la organización e inducción	55
	Formación del instructor y del supervisor	55
5.6	Comentarios finales	56

PARTE B	EJEMPLOS	57
CAPÍTULO 6	EJEMPLOS DE PAQUETES DE INSTRUCCIÓN BÁSICA	59
6.1	Ejemplo de programa de un PIB-M completo	60
	Introducción	60
	Características de los programas de licenciatura	61
	Preparación para carreras seleccionadas de ciencias de la atmósfera	62
6.2	Ejemplo de programa de un PIB-M condensado	63
	Introducción	63
	Detalle de calificaciones	63
	Asignaturas fundamentales	64
6.3	Ejemplo de programa de un PIB-TM completo	68
	Objetivos y organización del programa	68
	Descripción de los cursos	68
	Períodos de formación profesional	71
	Proyecto personal	71
6.4	Ejemplo de programa de un PIB-TM condensado	71
	Meteorología	71
	Instrumentos y métodos de observación	73
	Cifrado de las observaciones de superficie	75
CAPÍTULO 7	EJEMPLOS DE REQUISITOS REALES DE COMPETENCIA PARA EL TRABAJO	77
7.1	Análisis y predicción del tiempo	78
	Producción de predicciones genéricas	78
	Producción de predicciones para los usuarios	79
	Suministro de tareas especializadas o de apoyo	80
	Administración del ambiente de trabajo	81
7.2	Vigilancia y predicción del clima	82
	Servicios de vigilancia y predicción del clima	82
	El clima en el área de responsabilidad	82
	Relación entre el clima a gran escala y el clima en el área de responsabilidad	82
	Predicción del clima	82
	Métodos utilizados en la vigilancia y predicción del clima	82
	Verificación de predicciones	83
	Datos utilizados en la vigilancia y predicción del clima	83
	Funciones de la vigilancia del clima	83
	Funciones de la predicción del clima	83
	Suministro y explicación de la información climática	83
7.3	Observaciones y medidas; instrumentación	84
	Introducción	84
	Gestión de la división de O&M	85
	Administración de la red	86
	Normas de observación	86
	Ingeniería de sistemas	86
	Abastecimiento y almacenamiento	87
	Gestión y planificación de proyectos	88
	Estándares de medida; calibración de instrumentos; garantía de calidad	88
	Instalación sobre el terreno e ingeniería de mantenimiento	89
7.4	Tecnología de la información y proceso de datos	89
	Operación de los sistemas de información	90
	Administración de bases de datos y programación	90
	Trabajo en red	91
	Telecomunicación meteorológica internacional	91
	Diseño y mantenimiento de sistemas de operación y aplicaciones	92
	Ingeniería de programación	93

7.5	Meteorología agrícola	94
	Desarrollo de predicciones meteorológicas para la agricultura; productos para el usuario	94
	Desarrollo de un servicio de asesoramiento agrometeorológico ..	96
	Sistema informático de generación de información para aplicaciones operativas	98
7.6	Meteorología aeronáutica	99
	Principales situaciones de riesgo para la aviación	99
	Conocimientos para predecir el engelamiento en la aviación	100
	Conocimientos para la predicción de nieblas y estratos a baja altura	103
	Herramientas de predicción	104
	Distribución de productos	105
	Tareas rutinarias en una oficina meteorológica regional aeronáutica	106
	Conocimientos y habilidades de vigilancia y seguimiento de condiciones meteorológicas	106
	Habilidades de comunicación con oficinas centrales y estaciones vecinas	107
	Elaboración de productos de predicción y aviso dirigidos al usuario .	107
	Información oral a pilotos y al personal del servicio de información de vuelos; relación con los ATC	109
	Desarrollo de la formación de usuarios	109
7.7	Meteorología marina	110
	Predicciones marítimas	110
	Observación de las características de la CLA y la CSO	111
	Descripción de los regímenes de las zonas marítimas	111
	Estudio del sistema CLA-CSO	112
	Preparación de productos para los usuarios	112
	Realización de otras funciones	112
7.8	Meteorología medioambiental	112
	Comprensión del papel de los SMN en la dirección de cuestiones medioambientales	113
	Comprensión de las ciencias medioambientales y sus aplicaciones .	114
	Suministro de servicios; distribución de información y asesoramiento científico	115
	Realización de otras tareas afines	116
7.9	Meteorología por satélite	118
	Antecedentes	118
	Requisitos fundamentales de competencia en la meteorología por satélite	119
	Rama de la Meteorología por Satélite (RMS)	120
	APÉNDICES	123
APÉNDICE 1	PREFACIO DE LA PRIMERA EDICIÓN DE LA PUBLICACIÓN OMM-Nº 258	124
APÉNDICE 2	LAS ANTERIORES CLASES DEL PERSONAL DE METEOROLOGÍA	128
	Clase I	128
	Clase II	128
	Clase III	128
	Clase IV	129
APÉNDICE 3	ESTUDIO SOBRE LA REVISIÓN DE LA PUBLICACIÓN OMM-Nº 258	130
	La encuesta de OMM	130
	Opiniones de los Miembros	130
APÉNDICE 4	GLOSARIO DE TÉRMINOS, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	132
	BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA	137

PRESENTACIÓN

La disponibilidad de recursos humanos adecuadamente formados en cualquier institución supone el factor más crítico para el éxito; en este sentido, la enseñanza y la formación profesional desempeñan un papel significativo. Esta acción constituye un objetivo fundamental inherente a la Organización Meteorológica Mundial (OMM). De hecho, uno de los propósitos de la OMM, tal y como se establece en su Convenio, es el de impulsar y fortalecer la formación profesional en meteorología y en las áreas relacionadas, así como asistir en la coordinación de los aspectos internacionales de dicha formación. Desde su creación en 1950, la OMM ha estado contribuyendo significativamente a la promoción de actividades relevantes en enseñanza y formación profesional.

El Programa de Enseñanza y Formación Profesional (PEFP) es uno de los principales Programas científicos y técnicos de la OMM. A través de este Programa, las actividades de la OMM han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo y fortalecimiento de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), especialmente en el mundo en vías de desarrollo. Esto se ha llevado a cabo por medio de la enseñanza y formación profesional del personal de estos Servicios en los campos más importantes de la meteorología, la hidrología y otras áreas afines; también, gracias a la aportación del soporte apropiado para la formación profesional. La promoción de la creación de capacidades y del desarrollo de los recursos humanos han sido áreas clave del PEFP. Ello ha contribuido a disminuir la brecha existente entre el nivel de los servicios que proporcionan los SMHN de los países desarrollados, por un lado, y los provistos por los países en vías de desarrollo con economías de transición, por otro.

Las últimas actividades de la OMM en materia de enseñanza y formación profesional incluyen una nueva definición de la clasificación del personal de meteorología e hidrología, el fortalecimiento del papel de los Centros Regionales de Formación en Meteorología, la formación de instructores, el suministro de soporte técnico, la organización de eventos de formación profesional, la puesta en marcha de programas de becas, y la preparación de publicaciones sobre formación profesional, tales como esta misma publicación, titulada *Directrices de Orientación para la Enseñanza y Formación Profesional del Personal de Meteorología e Hidrología Operativa*.

Estas actividades se llevan a cabo como respuesta a unas tendencias, desarrollos y necesidades en evolución originadas por unas circunstancias socioeconómicas cambiantes, tales como la globalización y los rápidos avances tecnológicos, incluidos los de la información y la tecnología de las comunicaciones. También responden a la necesidad de una mayor eficiencia y eficacia en la gestión de los SMHN y en la prestación de los servicios pertinentes.

Ahora, que nos encontramos en los albores del siglo veintiuno, se divisan sobre el horizonte nuevos y formidables retos y oportunidades. Para afrontar esos nuevos desafíos y sacar provecho de las oportunidades emergentes se requerirá contar con un personal de meteorología e hidrología mejor formado e instruido. Para atender esta necesidad evidente es imprescindible optimizar en gran medida los métodos, herramientas y actitudes de la enseñanza y formación profesional. Esto conllevará:

- un fortalecimiento de la enseñanza y formación profesional permanentes a lo largo de toda la carrera, para mantener y acrecentar la competencia en un mundo de rápidos avances científicos y tecnológicos, y de complejos desafíos socioeconómicos;

- a ampliar la utilización de la tecnología de enseñanza y aprendizaje a distancia y a aumentar las oportunidades para que uno pueda formarse a sí mismo, en el contexto de la cultura más amplia del aprendizaje de toda la vida;
- a redirigir aún más la instrucción profesional desde meras acreditaciones o certificados de una formación formal hacia una competencia probada para el trabajo.

Estos son los aspectos generales del contexto por el que se ha revisado de forma sustancial la anterior edición de esta publicación (OMM-Nº 258), que contenía la clasificación tradicional de la OMM del personal de meteorología e hidrología así como los programas de estudios para su enseñanza y formación profesional. La presente edición, que es la cuarta, está orientada a proporcionar una serie de directrices en esta materia, que deberían ser:

- aplicables en un contexto internacional, en particular en la planificación de actividades internacionales de formación profesional y en la evaluación de los candidatos para esos eventos, incluyendo los financiados bajo los auspicios de los Programas de la OMM;
- adaptables a un contexto nacional, en particular en los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales de los países en vías de desarrollo.

En consecuencia, esta nueva edición de las Directrices de Orientación para la Enseñanza y Formación Profesional del Personal de Meteorología e Hidrología Operativa proporciona un marco de referencia internacional para el entendimiento común de los requisitos básicos requeridos para las personas que realizan funciones operativas y afines identificadas. Este material debe contribuir a que los SMHN puedan diseñar sistemas concretos de categorización del personal y programas de formación profesional que se ajusten a sus necesidades específicas.

Deseo aprovechar esta oportunidad para expresar la gratitud de la Organización a los miembros del Grupo de Expertos del Consejo Ejecutivo (CE) sobre Enseñanza y Formación Profesional, y en especial a su presidente, el Dr. J. W. Zillman, por supervisar la preparación de esta publicación. También deseo expresar mi gratitud a los presidentes de las Comisiones Técnicas, quienes han brindado su consejo y han propuesto a expertos que han contribuido con ejemplos de requisitos de aptitud para el trabajo en los diferentes Servicios Meteorológicos Nacionales.

La Secretaría fue ayudada en la preparación de estas Directrices por el Sr. C. Billard (Francia), el Prof. L. A. Ogallo (Kenya), el Dr. R. W. Riddaway (Reino Unido) y el Prof. J. T. Snow (EE.UU.), a quienes expreso mi gratitud. También doy las gracias al Prof. R. P. Pearce (Reino Unido) por la revisión del documento inicial y a la Prof. María A. F. da Silva Dias (Brasil) por la revisión del documento final.

Me gustaría también aprovechar la ocasión para recordar con gratitud la contribución de las personas que han trabajado al servicio del Grupo de Expertos del CE sobre Enseñanza y Formación Profesional desde su creación, en 1965. Todas ellas han sido dirigidas por presidentes que han contribuido en gran medida a lograr el progreso de que gozamos en la actualidad. Entre ellos se encuentra el Prof. J. V. Van Mieghem (Bélgica) que fue el primer presidente. En 1971 le sucedió con éxito el Dr. Alf Nyberg (Suecia) que desempeñó ese puesto hasta 1979, cuando el Dr. R. L. Kintanar (Filipinas) asumió la presidencia. El elevado prestigio alcanzado por el Grupo de Expertos queda de manifiesto por el hecho de que tanto el Dr. Nyberg como el Dr. Kintanar sirvieron durante ocho años cada uno como Presidentes de la OMM.

El trabajo exitoso en materia de enseñanza y formación profesional ha sido apoyado de una forma altamente satisfactoria por la Secretaría de la OMM. El

trabajo llevado a cabo por la Secretaría está en deuda con el Dr. H. Taba (Irán). Él fue quien inició y fomentó la pequeña unidad que se estableció en 1964, en la que se trataban todos los asuntos sobre formación profesional bajo la supervisión del Secretario General. Esta unidad sirvió como núcleo alrededor del cual se acometían los esfuerzos de la Secretaría en todos los aspectos relativos a la enseñanza y formación profesional. A esto siguió una rápida expansión de las actividades de formación profesional y ésta se convirtió en parte de una División de Investigación, Enseñanza y Formación Profesional reorganizada. Posteriormente, en 1976, fue necesario establecer un Departamento de Enseñanza y Formación Profesional separado dentro de la Secretaría de la OMM. Este es un tema de interés personal para mí, ya que he tenido el honor de servir como su Director desde 1978 hasta 1983, antes de asumir las responsabilidades como Secretario General de la OMM.

Finalmente, el conjunto de temas recogidos en las "Directrices" se ha visto muy beneficiado por las experiencias de nuestros países Miembros, particularmente de sus SMHN, que han participado generosamente. Deseo formular un reconocimiento especial a los Representantes Permanentes de los Miembros ante la OMM, quienes han estimulado y contribuido a la preparación de esta obra. Espero que esta publicación les sirva de particular ayuda, así como a toda la gran comunidad meteorológica e hidrológica.

(G.O.P. Obasi)
Secretario General
Organización Meteorológica Mundial

PRÓLOGO

Aunque el establecimiento de normas y directrices para la enseñanza y formación profesional del personal científico y técnico que trabaja en los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), tanto de los países desarrollados como de los países en vías de ello, siempre ha sido una de las prioridades primordiales de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la formación profesional es el único objetivo básico de la OMM establecido en su Convenio cuya ejecución nunca le ha sido asignada a una Comisión Técnica especial en la que todos los Miembros de la OMM se encuentren representados.

En consecuencia, después de numerosas iniciativas preliminares importantes a través de los años cincuenta y principios de los sesenta, el entonces Comité Ejecutivo (CE) de la OMM, en 1965, creó un Grupo de Expertos del CE sobre Enseñanza y Formación Profesional, dirigido por el distinguido investigador y docente en meteorología, el Profesor Jacques Van Mieghen, de Bélgica, para proporcionar las directrices generales y la coordinación de las actividades de enseñanza y formación profesional de la Organización. En 1966, el CE solicitó al Grupo de Expertos la 'preparación de una guía completa que contuviese programas de estudios tanto de las áreas básicas como de las especializadas de la formación profesional meteorológica'. En 1969, la primera edición de lo que ahora se ha hecho sobradamente conocido simplemente como la OMM-Nº 258, *Directrices de Orientación para la Enseñanza y Formación Profesional del Personal de Meteorología*, fue publicada por la OMM, estableciendo un sistema de cuatro clases (I-IV) para la clasificación del personal de meteorología y programas de estudios para su enseñanza y formación profesional. En el Prefacio de la primera edición (reproducido como apéndice 1 de esta publicación), el Profesor Van Mieghen explicaba los antecedentes para el desarrollo de las Directrices de Orientación y la filosofía que dio forma a su preparación.

En los años posteriores a 1969 y siguiendo la enmienda de 1975 del Convenio de la OMM para incluir responsabilidades en materia de hidrología operativa, se publicaron dos ediciones adicionales de la OMM-Nº 258, en 1977 y 1984, bajo el título de *Directrices de Orientación para la Enseñanza y Formación Profesional del Personal de Meteorología e Hidrología Operativa*. Y a través de la contribución generosa de numerosos y distinguidos autores, la OMM ha patrocinado la preparación de una serie de publicaciones de formación profesional de vital importancia, la denominada Serie Azul, para ayudar tanto al personal docente de los Centros Regionales de Formación en Meteorología (CRFM) y de las instituciones de formación profesional de los diferentes Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN), como también de las principales comunidades meteorológicas e hidrológicas académicas, en la enseñanza y formación profesional de estudiantes respecto a las normas requeridas para el desempeño con eficiencia de sus responsabilidades en materia de apoyo a la seguridad y eficacia de la navegación marítima y aérea internacional, así como también a todo el colectivo de usuarios de los servicios meteorológicos e hidrológicos a nivel nacional. La publicación OMM-Nº 258 respeta las prerrogativas de cada país de forma individual para establecer sus propias normas y programas de estudios con detalle, y, por consiguiente, no conlleva el mismo estatus legal que una guía, conforme se define en la Resolución 18 del Segundo Congreso Meteorológico Mundial; en consecuencia, la OMM-Nº 258 ha proporcionado, bajo los auspicios del Grupo de Expertos del ahora Consejo Ejecutivo (CE) –entre cuyos miembros se incluyen numerosos y distinguidos expertos en la enseñanza y formación profesional de la meteorología e hidrología– el marco de referencia universalmente reconocido para las actividades de formación recogido en el artículo 2 f) del Convenio de la OMM. Esto ha jugado un papel

profundamente importante a lo largo de varias décadas a la hora de perfilar la enseñanza y formación profesional del personal de los SMHN de la gran mayoría de los Estados y Territorios Miembros de la OMM.

Sin embargo, ya en 1982, el CE había concluido que, ‘a la vista de los diversos cambios y desarrollos que han tenido lugar en los últimos quince años, en este momento se observa la necesidad de revisar las definiciones de la clasificación en las Clases I, II, III y IV del personal de meteorología’. En consecuencia, se iniciaron numerosas consultas, tanto directamente con los Miembros a través de sus Representantes Permanentes ante la OMM, como indirectamente por medio de las Comisiones Técnicas en relación con las enmiendas y las actualizaciones deseables para la clasificación del personal de meteorología. Pero, puesto que no se alcanzó un consenso claro sobre una nueva aproximación de conjunto, y con una mayoría de los Miembros inclinada a conservar el sistema de cuatro clases existente por entonces, únicamente se efectuaron pequeñas modificaciones a las definiciones de las clases (véase el Suplemento N° 1 de la tercera edición, de febrero de 1987) y se introdujeron unas pocas materias adicionales en el programa de estudios de telecomunicaciones meteorológicas (Suplemento N° 2, de marzo de 1987).

En el XI Congreso Meteorológico Mundial de 1991 y en el XII Congreso de 1995 de nuevo surgieron propuestas para que se revisara de forma más sustancial la clasificación del personal de meteorología. Posteriormente, una asamblea mundial de educadores e instructores meteorológicos que participaron en el Simposio conjunto de *Météo-France* y la OMM sobre la Enseñanza y Formación Profesional en Meteorología e Hidrología más allá del año 2000, en Toulouse, en 1995, recomendó una revisión del sistema de cuatro clases, un enfoque multidisciplinario del programa de estudios que fuera más flexible y receptivo al cambio, y la armonización de la enseñanza y formación profesional para lograr una mejor progresión en la carrera.

En respuesta a estos desarrollos e iniciativas, el Grupo de Expertos del CE sobre Enseñanza y Formación Profesional, en su decimosexta sesión celebrada en Nankín en abril de 1996, revisó todo el conjunto de temas relacionados con la clasificación, la enseñanza y la formación profesional del personal de meteorología e hidrología a la luz de los grandes cambios que tienen lugar en la meteorología y la hidrología internacional, y desarrolló propuestas iniciales para la preparación de una nueva –la cuarta– edición de la publicación OMM–N° 258. El Grupo de Expertos reconoció que los efectos de la globalización económica en la operatividad de los SMHN, junto con la atención cada vez mayor a la reducción de desastres naturales –tanto interdisciplinariamente en el estudio del clima y de las cuestiones relacionadas con el medio ambiente, como especialmente en los objetivos globales de la sostenibilidad– hará necesario contar con personal más amplia y expertamente instruido con una mayor flexibilidad para el desarrollo a través de las diferentes áreas de responsabilidad de los SMHN durante las primeras décadas del siglo XXI. También se previó la necesidad de una formación profesional más específica del personal de los SMHN con mayor orientación hacia el usuario y que trabaja en las principales áreas de aplicaciones de la meteorología e hidrología y en la provisión de servicios afines. El Grupo de Expertos puso de manifiesto la urgencia de revisar de forma sustancial el sistema de clasificación y los programas de estudios de la publicación OMM–N° 258. Se solicitó al Departamento de Enseñanza y Formación Profesional de la Secretaría de la OMM que comenzase a trabajar en las opciones de un nuevo sistema de clasificación y en nuevos proyectos para desarrollar los programas de estudios de enseñanza y formación profesional.

Después de amplias consultas con los directores de los CRFM, con directores, profesores e instructores de numerosas y reconocidas instituciones docentes de los SMN y del sector universitario, y también con los miembros del Grupo de Expertos, la Secretaría desarrolló las propuestas para poner en marcha un nuevo

sistema de clasificación y de programas de estudios, que fueron exhaustivamente examinadas por todos los Miembros de la OMM durante 1997. La propuesta consolidada desarrollada por la Secretaría a partir de las respuestas de los Miembros fue examinada, revisada y validada por el Grupo de Expertos en su decimoséptima sesión, en enero de 1998, y fue aprobada por la quincuagésima reunión del CE, en junio de 1998. La propuesta implicaba la transición a un sistema simplificado, con dos divisiones, de clasificación común tanto para la meteorología como para la hidrología operativa, con volúmenes separados de la publicación OMM-Nº 258; Meteorología (Volumen I) e Hidrología (Volumen II), y el establecimiento de Equipos de Trabajo Editoriales (ETE) para preparar programas de estudios detallados y para supervisar la preparación de los dos volúmenes por separado.

En su decimoctava sesión, en enero de 1999, el Grupo de Expertos examinó el borrador del texto del Volumen I (Meteorología) preparado por el ETE y propuso una serie de revisiones. A partir de las observaciones introducidas por los miembros del Grupo de Expertos, y teniendo en cuenta los puntos de vista sugeridos por varias delegaciones durante el desarrollo del XIII Congreso Meteorológico Mundial en mayo de 1999, el borrador final se sometió al examen de un experto independiente a inicios del año 2000 y, posteriormente, fue revisado siguiendo sus recomendaciones y sugerencias antes de ser considerado de nuevo por el Grupo de Expertos en su decimonovena sesión, en abril de 2000. El Grupo acordó que, a la vista de los importantes cambios que se contemplaban en la estructura global de la enseñanza y formación profesional de la meteorología y en los programas de estudios detallados en consonancia con el nuevo sistema de clasificación, era importante que hubiese una oportunidad para una revisión final por parte de los Miembros y de todo el conjunto de expertos interesados, incluidos los directores de los CRFM. Como quiera que el nuevo sistema de clasificación aprobado por el XIII Congreso entró en vigor el 1º de enero de 2001, se decidió, por consiguiente, editar en primer lugar un volumen preliminar de la cuarta edición como publicación del Departamento. Las copias de este volumen preliminar se distribuyeron entre junio y julio de 2000 a todos los lectores potenciales, para información y posibles comentarios. El manuscrito fue revisado nuevamente por el ETE, considerando los comentarios y sugerencias que se recibieron en la Secretaría antes del 31 de diciembre de 2000.

La principal característica de esta cuarta edición de la publicación OMM-Nº 258 que, en principio, debería disfrutar del consenso de una gran mayoría de los Miembros de la OMM, es la de editarse ahora como una publicación formal de Apoyo a los Programas de la OMM, que puede resumirse como sigue:

- a) Está escrita en función del nuevo sistema de clasificación, común tanto para la meteorología como para la hidrología, que reconoce exactamente dos categorías de personal –los profesionales titulados y los técnicos– y dentro de cada una de ellas a su vez existen tres niveles de desarrollo de carrera (nivel inicial o principiante, nivel medio y nivel superior).
- b) La calificación del personal como ‘principiante’ o ‘en el nivel inicial’ implica la culminación con éxito del Paquete de Instrucción Básica (PIB) específicamente diseñado para Meteorólogos (PIB-M), para Hidrólogos (PIB-H), para Técnicos en Meteorología (PIB-TM) y para Técnicos en Hidrología (PIB-TH).
- c) Consta de dos volúmenes separados: el Volumen I (Meteorología) y el Volumen II (Hidrología). El Volumen I es el presente volumen y el Volumen II se encuentra actualmente en preparación bajo la supervisión de un ETE distinto y con el concurso de otras organizaciones relacionadas con la hidrología además de la OMM.

Este Volumen I (Meteorología) consta de dos Partes, la Parte A que va de los capítulos 1 al 5 y la Parte B correspondiente a los capítulos 6 y 7; además, hay cuatro apéndices. El capítulo 1 describe los orígenes y las características esenciales del

nuevo sistema de clasificación del personal de meteorología e hidrología y explica con detalle el nuevo enfoque que se da al personal meteorológico. El capítulo 2 proporciona una introducción sobre las disciplinas básicas que están implicadas en el estudio de la meteorología, los campos fundamentales de especialización y una amplia visión del campo de las ciencias del sistema terrestre; también se perfilan las funciones esenciales de un SMN así como las principales competencias que intervienen en su funcionamiento. Los capítulos 3 y 4 describen los Paquetes de Instrucción Básica (PIB) para Meteorólogos con titulación superior (PIB-M), y para Técnicos en Meteorología sin titulación superior (PIB-TM), respectivamente. El capítulo 5 describe los conceptos esenciales y la estrategia de la enseñanza y formación profesional permanente en un SMN. El capítulo 6 proporciona dos ejemplos de PIB-M y otros dos de PIB-TM. A su vez, el capítulo 7 muestra un conjunto de ejemplos de requisitos de aptitud para el trabajo en cada una de las principales ramas de actividad que se identifican en un típico SMN, a modo de estímulo y ayuda para sus gestores, y ofrece instrucciones para definir y elaborar los requisitos necesarios para cumplir sus propios objetivos. El apéndice 1 reproduce el Prefacio de la primera edición de la Publicación OMM-Nº 258, mientras que el apéndice 2 describe el anterior sistema de las Clases I a la IV para la clasificación del personal de meteorología, reproduciendo extractos de la tercera edición. El apéndice 3 resume las respuestas de los Miembros al Cuestionario de la OMM del 26 de marzo de 1997 sobre la revisión de la clasificación y el programa de estudios. El apéndice 4 contiene un breve glosario de términos clave en materia de enseñanza y formación profesional. A continuación se relaciona una bibliografía seleccionada.

Deseo expresar el reconocimiento del Grupo de Expertos del CE a todos quienes han contribuido a la preparación de este volumen; en especial, a los seis miembros del Equipo de Trabajo Editorial, el Sr. C. Billard (Francia), el Dr. I. Drăghici (Secretaría de la OMM), el Dr. G. V. Necco (Secretaría de la OMM), el Prof. L. A. Ogallo (Kenya), el Dr. R. W. Riddaway (Reino Unido) y el Prof. J. T. Snow (EE.UU.), por sus continuos esfuerzos en la redacción y revisión efectiva del texto. También deseo expresar mi reconocimiento a la valiosa contribución de los dos revisores externos, el Prof. R. P. Pearce (Reino Unido) y la Prof. María A. F. da Silva Dias (Brasil).

Deseo aprovechar también esta oportunidad para hacer llegar mi aprecio a todos los miembros presentes y pasados del Grupo de Expertos: el Sr. H. Abu-Taleb (Egipto), el Sr. J. P. Chalon (Francia), el Dr. M. Diarra (Níger), el Dr. C. García-Legaz (España), el Sr. F. Gnoumou (Níger), el Dr. S. Khodkin (Federación de Rusia), el Sr. A. Lagha (Argelia), el Sr. H. Pinheiro (Brasil), el Prof. R. Quintana-Gómez (Venezuela), el Dr. R. Riddaway (Reino Unido), el Sr. D. Rousseau (Francia), el Dr. T. Spangler (EE.UU.), el Prof. Sun Zhaobo (China) y el Prof. A. Van Der Beken (Bélgica), cuyas experiencias y percepciones en las muchas y variadas facetas de la enseñanza y formación profesional de la meteorología e hidrología han permitido que la OMM dirija esta compleja, pero vitalmente importante, tarea de forma tan constructiva como productiva durante los últimos seis años.

(Dr J. W. Zillman)
Presidente del Grupo de Expertos
del Consejo Ejecutivo
sobre Enseñanza y Formación Profesional

PARTE A

GUÍA

Clasificación del personal de la OMM

El campo de la meteorología

Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M)

Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (PIB-TM)

Enseñanza y formación profesional permanentes (EFP)

El alcance y el ritmo de los cambios en la enseñanza durante el pasado decenio no tuvieron precedentes, y es más que probable que esta situación continúe en los años venideros. Dentro de la tendencia global hacia una sociedad de la información, la palabra clave es “reestructurar”, que hace referencia a cada aspecto de la enseñanza, incluyendo el desarrollo y difusión de los programas de estudios, los métodos pedagógicos, una cultura del aprendizaje de toda la vida, enlaces a través de Internet, etc.

No hay razones para considerar que la enseñanza y formación profesional de la meteorología (y de la hidrología) escapen de estas tendencias fundamentales. Al contrario, tal y como señala el Secretario General de la OMM en su mensaje de celebración del Día Meteorológico Mundial del año 2000, el dominio meteorológico en sí mismo está cambiando rápidamente y avanzando de forma vigorosa, tanto como ciencia como profesión; véase también Obasi (1999).

Este clima de cambio continuo demandó una gran medida de ‘flexibilidad de enfoque’ en el diseño de las presentes Directrices, lo que exigirá una ‘adaptación específica’ por parte de los potenciales usuarios, quienes deberán percatarse de que estos cambios son considerables en comparación con los de ediciones previas, aun cuando el objetivo global siga siendo básicamente el mismo:

- a) ayudar a los instructores, en especial a los de los países en vías de desarrollo, a diseñar la enseñanza profesional y los programas de formación especializada en meteorología;
- b) facilitar un entendimiento común y un grado de uniformidad y de estabilidad en el ámbito internacional, a la vez que fomentar la innovación y adaptación a las circunstancias del entorno nacional y local.

La Parte A ofrece recomendaciones para definir: la clasificación del personal; las disciplinas fundamentales; los requisitos de competencia y aptitud; la instrucción obligatoria y el desarrollo profesional continuo. Se supone que los instructores y los gestores ajustarán estas recomendaciones de desarrollo de los recursos humanos según las prioridades pertinentes de sus Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) y de otras organizaciones conexas tales como universidades, centros de investigación, empresas privadas, etc.

Estas Directrices se completarán con una publicación del departamento de la OMM, que contendrá un compendio de ejemplos detallados de programa de estudios para cada disciplina bajo el PIB-M y el PIB-TM. En la dirección de Internet de la OMM se habilitará una página web específicamente dedicada a mantener una versión de este trabajo y que se actualizará de forma periódica.

Información general

Clasificación del personal de meteorología e hidrología

El personal de meteorología

‘No hay duda de que el personal de meteorología puede ser clasificado de muchas maneras, cada una con su propio mérito particular y conveniencia. Es igualmente cierto, sin embargo, que ningún sistema definirá adecuadamente todos los tipos de personal que se requieren. Resulta, por lo tanto, necesario aceptar una clasificación consensuada, reconociendo sus deficiencias y limitaciones. Teniendo en cuenta esta circunstancia, se puede desarrollar un sistema de clasificación que sea utilizado de forma eficaz como base para establecer programas de estudios para la enseñanza y formación profesional del personal de meteorología.’

(OMM–Nº 258, primera edición, página 11)

A continuación de la presentación de la nueva clasificación del personal de meteorología e hidrología operativa de la OMM, la segunda parte de este capítulo se dedica al personal de meteorología: sus requisitos de cualificación iniciales y la consecuente progresión en su carrera. Aunque la clasificación está enfocada a dos categorías principales de personal, el usuario puede adaptarla a sus condiciones y circunstancias específicas, como por ejemplo para mantenerla en concordancia con las normativas y regulaciones nacionales para la clasificación de los servicios civiles.

1.1 INFORMACIÓN GENERAL Esta sección describe el nuevo sistema de clasificación y explica por qué se ha introducido.

Necesidad del cambio Se ha considerado necesario revisar el sistema de clasificación y los programas de estudios utilizados en la publicación debido a que ha habido:

- a) importantes avances en la meteorología como ciencia física aplicada, como consecuencia de una mejor comprensión del sistema acoplado atmósfera-océano-tierra, del uso de técnicas perfeccionadas de predicción del tiempo y de la revolución en constante progreso de la Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC);
- b) nuevos modelos económicos, sociales y políticos desarrollándose en muchas partes del mundo que, con toda probabilidad, no solo darán lugar a nuevas demandas de servicios meteorológicos e hidrológicos, sino que también ocasionarán cambios importantes en muchas facetas de las profesiones relacionadas con la meteorología y la hidrología;
- c) cambios significativos en el enfoque filosófico y pedagógico de la instrucción y especialización profesional, particularmente como resultado de la importancia creciente de la enseñanza y formación profesional permanentes.

Consideraciones básicas En 1997 se distribuyó a todos los Miembros de la OMM un extenso cuestionario sobre la revisión y actualización de la clasificación del personal de la OMM y de los programas de estudios de formación profesional. La evaluación de las respuestas que los Miembros formularon a este cuestionario (véase el apéndice 3) junto con otros análisis efectuados en relación con este asunto, conllevaron a las siguientes conclusiones consolidadas:

- a) la publicación OMM-Nº 258 debería proporcionar las directrices de referencia aplicables generalmente a un ámbito internacional, y hasta donde sea posible, adaptable al contexto nacional, en particular para su uso por las unidades de formación profesional de los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) o de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) en vías de desarrollo;
- b) la publicación debería concentrarse en lograr: un sistema flexible de clasificación con dos o tres categorías principales del personal; y un programa de estudios de referencia que permita a cada instructor organizar de forma específica los cursos de formación de las diferentes asignaturas según las necesidades y posibilidades particulares de sus SMN o SMHN;
- c) la graduación en un programa de meteorología a nivel universitario de forma totalmente consolidada, o con una cualificación equivalente, debería de proporcionar el criterio básico para diferenciar a los Meteorólogos titulados (anteriormente, personal de la Clase I) de los Técnicos en Meteorología (anteriormente, personal de las Clases II, III y IV). A partir de la calificación inicial de principiante, se necesitará una enseñanza y formación profesional permanentes a lo largo de la carrera para el consiguiente desarrollo profesional;
- d) los Meteorólogos y los Técnicos en Meteorología deberían progresar para alcanzar grados superiores de acuerdo con las etapas que se determinen a nivel nacional para cada carrera profesional, por ejemplo, según los modelos correspondientes a una carrera en un servicio civil nacional. Un técnico en meteorología podría ser reclasificado como meteorólogo después de completar un programa de estudios de meteorología a nivel universitario o por medio de una formación equivalente;
- e) la nueva edición de la OMM-Nº 258 debería constar de dos volúmenes separados: un volumen I de 'Meteorología' y un volumen II de 'Hidrología'. El volumen I tendría que ocuparse de aquellas materias que son fundamentales y relativamente invariables en el tiempo (serán las que constituyan el núcleo esencial de los

programas de estudios para la instrucción inicial del personal de meteorología); y en segundo lugar, habría de abarcar los principales requisitos de aptitud para el trabajo, con el fin de proporcionar el conocimiento pertinente y las habilidades que se requieren en las distintas áreas operativas.

Consultas posteriores Con objeto de realizar una primera evaluación, entre junio y julio de 2000 se distribuyó una edición preliminar de este volumen a todos los Miembros de la OMM, a los Centros Regionales de Formación en Meteorología (CRFM), a los miembros del Grupo de Expertos del Consejo Ejecutivo sobre Enseñanza y Formación Profesional, a las Comisiones Técnicas de la OMM, a varias instituciones docentes, a agencias especializadas, a profesores de reconocido prestigio y a expertos en la materia. Las respuestas recibidas fueron cuidadosamente analizadas, y se realizaron los esfuerzos necesarios para integrar las diversas sugerencias en esta nueva versión.

Con respecto a la nueva clasificación del personal, la mayor parte de los que respondieron alabaron su flexibilidad; algunos Miembros y CRFM expresaron su interés en revisar su propia clasificación de personal para estar más en conformidad con el nuevo sistema de la OMM.

Respecto a los nuevos programas de estudios, mientras una mayoría de encuestados dieron la bienvenida a la flexibilidad global, hubo unas pocas reservas sobre el nivel de detalle y alcance. Se sugirió que:

- a) se deberían detallar más los diferentes programas de estudios, sobre todo los de las especializaciones meteorológicas;
- b) se tendrían que reforzar los requisitos científicos básicos, en particular los que hacen referencia a las matemáticas y a las ciencias informáticas;
- c) Con programas de estudios muy flexibles, se corre el riesgo de que se anime a reducir la formación profesional inicial de los meteorólogos.

Atendiendo a estas preocupaciones, se presentará un curso de formación detallado, separadamente, en formato de publicación del Departamento, que estará disponible para todos los Miembros de la OMM. Se da por hecho que los instructores interesados extraerán y adaptarán a esta publicación las materias del curso que les resulten más adecuadas para sus propios objetivos de formación.

1.2 CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Esta sección describe el modelo de clasificación de la OMM aprobado por el Consejo Ejecutivo de la OMM en su quincuagésima reunión (Ginebra, 1998), y refrendado por el Congreso de la Organización en su decimotercera reunión (Ginebra, 1999). En contraste con la clasificación tradicional de la OMM, este nuevo modelo clasifica al personal empleado en meteorología e hidrología operativa según un único esquema consolidado.

Propósitos de la nueva clasificación Los objetivos del nuevo sistema de la OMM de clasificación del personal de meteorología e hidrología operativa son:

- a) proporcionar un marco de referencia internacional para el común entendimiento de las cualificaciones básicas exigidas a las personas que desempeñen las funciones meteorológicas e hidrológicas establecidas en el Convenio de la OMM;
- b) facilitar el desarrollo de cursos de formación de referencia para la enseñanza y formación profesional del personal de meteorología e hidrología operativa que realiza estas funciones;
- c) ayudar a los SMHN de cada país, particularmente los que están en vías de desarrollo, a:
 - elaborar sistemas de clasificación de personal que se adapten a sus necesidades particulares;

	<ul style="list-style-type: none"> • desarrollar programas de formación profesional aplicables a sus propias estructuras de clasificación y necesidades.
Categorías de personal	<p>Se identifican dos grandes categorías de personal: los profesionales titulados superiores y los técnicos. En el caso del personal de meteorología e hidrología, estas categorías se definen como sigue:</p> <p>a) <i>Personal de meteorología</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Meteorólogo: persona que posee una titulación superior a nivel universitario o equivalente, que ha adquirido un nivel apropiado de conocimientos en matemáticas, física, química y ciencias informáticas, y que ha completado el Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M). • Técnico en Meteorología: persona que ha completado el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (PIB-TM). <p>b) <i>Personal de hidrología</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hidrólogo: persona que posee una titulación superior a nivel universitario o equivalente y que ha completado el Paquete de Instrucción Básica para Hidrólogos (PIB-H). • Técnico en Hidrología: persona que ha completado el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Hidrología (PIB-TH).
Promoción en la carrera profesional	<p>Dentro de las dos categorías de personal, dependiendo de las circunstancias nacionales, las personas normalmente promocionarán desde posiciones de menor responsabilidad bajo cierta supervisión, a posiciones de mayor responsabilidad y menor supervisión. Algunos individuos ascenderán a las posiciones más altas, con responsabilidades de supervisión y liderazgo. Cualquier promoción se basa en la experiencia acumulada, en la culminación de una apropiada enseñanza y formación profesional permanentes y en la aptitud demostrada.</p> <p>Las designaciones para el trabajo, a los niveles de principiante, intermedio y superior, se utilizarán para referirse a los tres niveles genéricos de promoción en la carrera profesional dentro de cada categoría principal de personal.</p>
Relación con la clasificación previa	<p>Con fines meramente orientativos, a continuación se describen los aspectos generales de la relación entre la clasificación previa y el nuevo modelo de categorización:</p> <p>a) <i>Personal de meteorología</i></p> <p>La nueva categoría de Meteorólogo es equivalente a la Clase I anterior. Las nuevas subcategorías de Técnico en Meteorología a nivel superior, medio y principiante son, <i>grosso modo</i>, equivalentes a las anteriores Clases II, III y IV, respectivamente.</p> <p>b) <i>Personal de hidrología</i></p> <p>La nueva categoría de Hidrólogo es equivalente a la anterior categoría de hidrólogo profesional. Las nuevas subcategorías de Técnico en Hidrología a nivel superior, medio y principiante son, <i>grosso modo</i>, equivalentes a las anteriores categorías de técnico superior, técnico medio y observador hidrológico, respectivamente.</p> <p>Sin embargo, no es recomendable utilizar estas asociaciones cualitativas para establecer cualquier equivalencia formal entre las clases anteriores y las categorías actuales de personal.</p>
1.3	<p>EL PERSONAL DE METEOROLOGÍA</p> <p>Esta sección describe brevemente las principales implicaciones del nuevo modelo de clasificación para el caso del personal de meteorología.</p>
Cualificación inicial de los Meteorólogos	<p>Cualificación inicial de los Meteorólogos Los tres requisitos de cualificación para los Meteorólogos pueden alcanzarse por medio de la culminación de alguno de los dos programas siguientes (véase también la figura 1.1):</p>

a) *Título universitario superior en meteorología*

Antes de comenzar el PIB-M se necesita un requisito previo de conocimientos adecuados en matemáticas, física y química, al nivel exigido por el sistema de admisión en las correspondientes facultades universitarias.

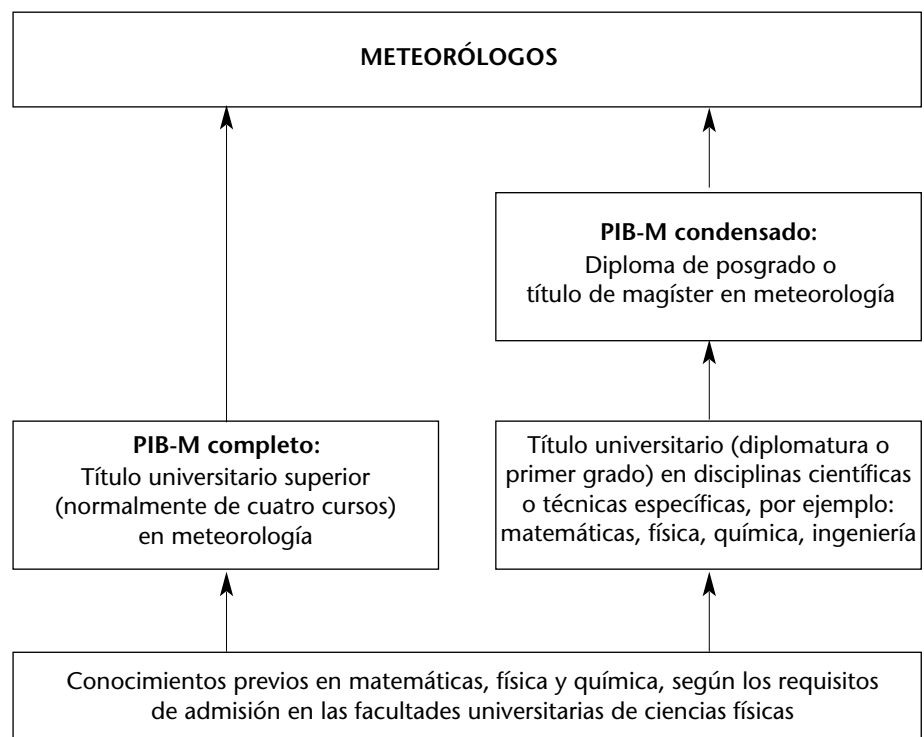
Normalmente, el programa del PIB-M requeriría cuatro cursos académicos, pero el período real puede variar entre las diversas instituciones académicas. Habitualmente, la primera mitad del programa estará centrada en la enseñanza de las ciencias fundamentales, mientras que la segunda mitad estará dedicada sobre todo a la enseñanza de la meteorología, que puede estar especializada en tres disciplinas principales: el Tiempo, el Clima y el Medio Ambiente.

Los principales componentes de este PIB-M completo son:

- i) Las materias empleadas en las matemáticas y en las ciencias físicas: matemáticas y ciencias informáticas, física y química, al nivel de las materias 'Fundamentales' de las facultades de ciencias físicas. Las materias complementarias necesarias son: la comunicación y las técnicas de exposición y los lenguajes internacionales de comunicación.
- ii) Las materias obligatorias dentro de las ciencias atmosféricas: meteorología física, meteorología dinámica, meteorología sinóptica (objeto principal de la especialidad sobre el Tiempo), la climatología (objeto principal de la especialidad sobre el Clima), y la química atmosférica (objeto principal de la especialidad sobre el Medio Ambiente).
- iii) Las materias optativas de especialización en meteorología: meteorología aeronáutica, meteorología agrícola, química atmosférica, predicción y vigilancia del clima, meteorología mesoescalar y pronóstico del tiempo, meteorología por radar, meteorología por satélite, meteorología y climatología tropical, meteorología urbana y contaminación atmosférica; en la sección 3.4 se detallan otras áreas adicionales.

Además de los requisitos básicos para completar los apartados i) y ii), los estudiantes que deseen obtener una especialización rápida, también pueden completar uno de los temas optativos que se relacionan en iii). La acreditación del grado final puede detallar la especialización adquirida.

Figura 1.1
Diagrama de flujo principal en la enseñanza para la cualificación inicial de Meteorólogos



b) *Diploma de posgrado o título de magíster en meteorología*

Se necesita un título universitario superior en disciplinas científicas o técnicas específicas, tales como las matemáticas, la física, la química, la electrónica o la ingeniería en ciencias de la tierra, junto con el conocimiento de las matemáticas, la física y la química al nivel del PIB-M completo.

Los componentes de instrucción de este programa PIB-M condensado son, en esencia, similares a los del PIB-M completo, pero su desarrollo puede ser considerablemente más rápido, particularmente cuando los estudiantes ya poseen los conocimientos mínimos exigidos de matemáticas, física y química. Normalmente, un PIB-M condensado requeriría uno o dos cursos académicos.

Cualificación inicial de los Técnicos en Meteorología

Los Miembros de la OMM han utilizado diversas técnicas de enseñanza y formación profesional para cualificar a sus Técnicos en Meteorología: desde la enseñanza formal en una escuela técnica de formación profesional o facultad universitaria, con programas específicos de formación meteorológica, a la simple formación profesional y/o en el trabajo para la realización de observaciones y medidas meteorológicas.

Para convertirse en un Técnico en Meteorología hay que completar el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (PIB-TM). Este requisito puede lograrse al completar uno de los dos programas siguientes (véase también la figura 1.2):

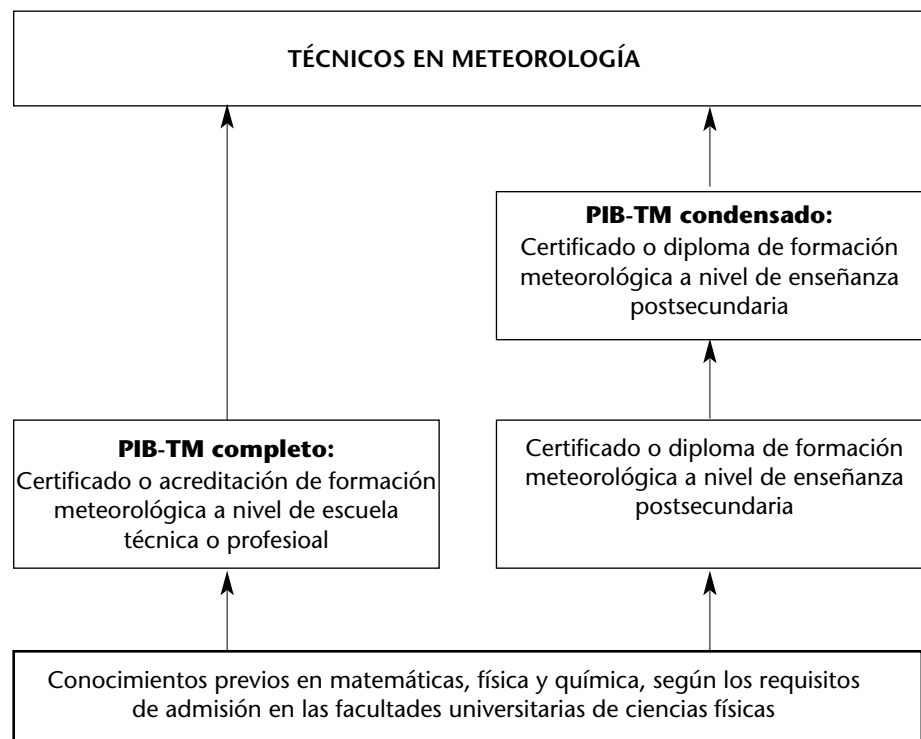
a) *Certificado o acreditación de formación meteorológica a nivel técnico o profesional*

Después de completar la enseñanza en la escuela general, primaria u obligatoria, existe un requisito de enseñanza continua en una escuela técnica o profesional, donde el programa de instrucción incluya al menos un semestre de formación meteorológica. Esta instrucción debería de complementarse con un amplio período de prácticas realizando observaciones y medidas meteorológicas, y trabajando con la tecnología de la información y las comunicaciones.

Las principales componentes del programa PIB-TM completo son:

- i) Materias utilizadas en las ciencias básicas: matemáticas, física, y química al nivel de la enseñanza secundaria. Técnicas generales de comunicación.

Figura 1.2
Diagrama de flujo principal en la enseñanza para la cualificación inicial de Técnicos en Meteorología



- ii) Materias obligatorias en el campo de la meteorología general: física general y meteorología dinámica, elementos de meteorología sinóptica y climatología, instrumentos meteorológicos y métodos de observación.
- iii) Materias optativas en el campo de la meteorología operativa: observaciones y medidas sinópticas, otras observaciones y medidas especializadas, teledetección atmosférica y meteorología aeronáutica para técnicos.

- b) *Certificado o diploma de formación meteorológica a nivel de enseñanza postsecundaria*
En el caso de satisfacer un requisito de conocimientos previos en matemáticas, física y química al nivel de la enseñanza secundaria (con un mínimo de 12 años de escolaridad), será suficiente completar un PIB-TM condensado. Los componentes de este programa son esencialmente los mismos que en el PIB-TM completo, pero su desarrollo puede ser más rápido. Generalmente, un PIB-TM condensado puede llevar entre algunos meses y un año, dependiendo del grado de cualificación deseado.

Niveles de carrera profesional para los Meteorólogos

Los futuros meteorólogos, una vez concluido el programa PIB-M, ingresan en el mundo profesional y, tras un período de orientación y de formación profesional en el propio empleo, van asumiendo de forma gradual sus funciones operativas en el análisis y la predicción del tiempo, en la vigilancia y predicción del clima, y en otras actividades pertinentes. Algunos meteorólogos se verán inmersos en tareas de asesoramiento, dirección, toma de decisiones y gestión; otros, participarán en actividades de investigación y desarrollo o de enseñanza, etc. Las responsabilidades genéricas de los tres niveles de carrera profesional se pueden resumir así:

Nivel inicial o de principiante

Los meteorólogos principiantes básicamente desempeñan funciones rutinarias, que son realizadas bajo supervisión y, más a menudo, en colaboración con otros. Resulta deseable alcanzar un nivel de autonomía individual dentro de una serie establecida de responsabilidades.

Nivel intermedio

Los meteorólogos de nivel intermedio llevan a cabo una amplia gama de actividades que se realizan en una gran variedad de contextos, siendo algunas de ellas complejas y no rutinarias. Se requiere capacidad para aplicar el conocimiento y la pericia de forma integrada así como disponer de la sagacidad necesaria para la solución de problemas; resultan importantes la autonomía personal y la responsabilidad, incluida la de vigilar y supervisar el trabajo de los demás. También es de esperar que sepan dirigir y gestionar los servicios operativos locales e idear soluciones creativas e imaginativas para hacer frente a problemas técnicos y administrativos.

Nivel superior

Los meteorólogos de nivel avanzado o superior han de contar con aptitudes que conllevan la aplicación de un importante número de principios básicos y de técnicas complejas, a través de una amplia, y a menudo imprevisible, gama de contextos. Se requiere una capacidad para transferir de forma notable conocimientos y habilidades en tareas y situaciones nuevas, así como una sustancial autonomía personal. Con frecuencia, la responsabilidad es muy importante para el trabajo de otros, y en particular para tareas de análisis y diagnóstico, planificación y ejecución, control y evaluación, formación y actualización de la formación. Tienen a su cargo un servicio o división y planifican, coordinan y gestionan su unidad respectiva en colaboración con socios o personas que desempeñan cargos similares.

Niveles de carrera profesional para los Técnicos en Meteorología

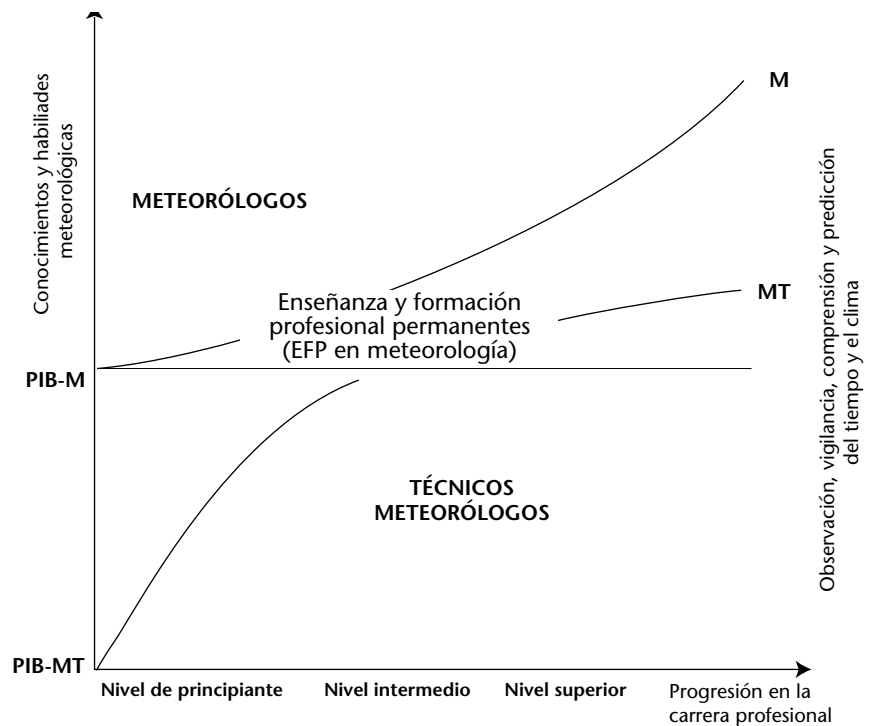
Las funciones de los Técnicos en Meteorología incluyen la realización de observaciones del tiempo, el clima y otras relacionadas con el medio ambiente; también han de ayudar a los predictores del tiempo en las tareas de preparación y difusión de los análisis, predicciones, avisos meteorológicos, así como con toda la información, productos y servicios conexos. Los SMN habitualmente emplean a muchos otros tipos de técnicos, como técnicos en mecánica, electricidad y electrónica, para instalar y mantener equipos como son los receptores de superficie de las observaciones aerológicas, las estaciones meteorológicas automáticas, los radares meteorológicos o los equipos de telecomunicaciones. Las responsabilidades genéricas de los tres niveles de carrera profesional se pueden resumir como sigue:

Nivel inicial o de principiante Los técnicos en el nivel de principiante se encargan básicamente de funciones rutinarias y previsible, llevadas a cabo bajo supervisión y, muy a menudo, en cooperación con otros; por lo general, no se requiere la toma de decisiones en el desarrollo de su trabajo. Suelen especializarse en labores específicas (por ejemplo, las observaciones de superficie, los sondeos en altitud, las medidas de la radiación, el proceso de datos operativos, etc.).

Nivel intermedio Los técnicos de nivel intermedio, además de realizar funciones convencionales, también pueden ser requeridos para llevar a cabo actividades no rutinarias que implican una cierta autonomía personal en el contexto de unos requisitos y criterios explícitos. La responsabilidad de supervisar a otros también le puede ser asignada a algunos técnicos de este nivel. Suelen trabajar bajo la supervisión técnica de Meteorólogos o de Técnicos en Meteorología de nivel superior.

Nivel superior Los técnicos de nivel superior han de contar con aptitudes en una amplia gama de actividades laborales complejas, a nivel técnico e incluso a nivel profesional, que deben ser realizadas en una variedad de contextos y con un sustancial grado de responsabilidad personal, incluyendo la de supervisar el trabajo de otros Técnicos en Meteorología. Tienen que ser capaces de tomar decisiones técnicas así como de solucionar los diferentes problemas técnicos que se presenten en su propia área especializada de actividad.

Figura 1.3
Promoción en la carrera profesional de Meteorólogos y Técnicos en Meteorología



Habilidades colectivas y transferibles Tanto la cualificación inicial como el consiguiente desarrollo profesional de los Meteorólogos son, esencialmente, diferentes al caso de los Técnicos en Meteorología. Las dos curvas de la Figura 1.3 ilustran el recorrido probable de la carrera profesional de ambas categorías de personal.

El diagrama pone de manifiesto que, justo por encima del nivel PIB-M, las trayectorias del técnico de nivel intermedio/superior y del meteorólogo principiante/intermedio, muestran un nivel aparentemente similar de conocimientos y habilidades en meteorología. En la práctica, ciertamente, algunos técnicos del nivel intermedio/superior pueden realizar tareas que son similares o se solapan con las de meteorólogos del nivel principiante/intermedio. Sin embargo, mientras para los técnicos el énfasis ha de ponerse en el conocimiento operativo y en las habilidades prácticas, en los meteorólogos ha de estar más orientado hacia grados de conocimiento y comprensión más profundos.

El hecho de que el recorrido del TM se encuentra “limitado” se refiere, sobre todo, a las restricciones en el conocimiento teórico que establece el programa PIB-TM. Sin embargo, los Técnicos en Meteorología pueden convertirse en meteorólogos al adquirir una enseñanza y formación profesional adicionales (es decir, obteniendo el correspondiente título universitario superior y los requisitos convencionales del PIB-M). Cabe esperar que ambas categorías emprendan una enseñanza y formación profesional permanentes (incluido el auto-aprendizaje), para actualizar y desarrollar su competencia profesional.

Los Meteorólogos y los Técnicos en Meteorología deberían de actuar de forma conjunta y en equipo más a menudo, dentro de sus SMN, donde no solo necesitan ser competentes en su trabajo, sino que también tienen que saber adaptarse a las condiciones cambiantes, así como desarrollar sus carreras profesionales. También han de disponer de la suficiente extensión y profundidad en los conocimientos, en el entendimiento y en la experiencia según se requiera, todo ello acompañado de una capacidad de adaptación, flexibilidad e independencia en el trabajo.

Obviamente, estar en posesión de los conocimientos básicos apropiados y de las debidas habilidades técnicas representa la característica fundamental para ser competente, pero también es necesario ser capaz de:

- hacer frente a las limitaciones y riesgos físicos, siguiendo los procedimientos de higiene y seguridad establecidos;
- mantener una comunicación eficaz y trabajar de forma eficiente con los demás;
- adoptar una actitud constructiva en la resolución de problemas en las tareas no rutinarias;
- gestionar varios asuntos diferentes a la vez;
- desarrollar uno mismo su propio aprendizaje y desempeño profesional;
- adquirir las nuevas habilidades, conocimientos y capacidad de comprensión que demandan los cambios en los productos, la tecnología y la práctica en el trabajo; y
- comprender cómo el trabajo personal de cada uno contribuye a satisfacer los compromisos nacionales e internacionales.

Esta publicación no pretende definir lo que se ha denominado ‘habilidades colectivas y transferibles’, dado que ello dependerá en gran medida del tipo y nivel de trabajo, de los requisitos específicos de cada organización, y del alcance de responsabilidad de cada persona en su propio desempeño y desarrollo profesional.

Alcance y profundidad de las ciencias de la atmósfera

Los requisitos de aptitud de la profesión meteorológica

La brecha existente entre las especialidades académicas y las especializaciones profesionales

La primera sección de este capítulo nos ofrece una breve visión de las disciplinas meteorológicas fundamentales, que se señalan más para facilitar el diseño estructural de los programas de estudios que para diferenciar las propias materias en sí mismas. La segunda sección describe los principales requisitos de aptitud para el trabajo en las áreas de actividad de un Servicio Meteorológico Nacional típico (SMN). La presentación proporciona un primer paso para identificar los requisitos en función del conocimiento y las habilidades. Es probable que un lector interesado (como, por ejemplo, un profesor o instructor) desee ajustar las aptitudes para el trabajo que se sugieren de acuerdo con unas misiones y funciones más específicas de su SMN. La última sección trata superficialmente la brecha que existe entre las especialidades académicas y los campos de especialización que se requieren en las profesiones relacionadas con la meteorología.

El siguiente paso se llevará a cabo en los capítulos 3 y 4, donde los programas de estudios de referencia de los Paquetes de Instrucción Básica para Meteorólogos y para Técnicos en Meteorología (PIB-M/TM) estarán orientados, con la mayor extensión posible, de acuerdo con el conocimiento y las habilidades que se exigen en el nivel de principiante. Posteriormente, los ejemplos del capítulo 7 resaltarán los requisitos adicionales de aptitud para el trabajo que posibilitan la práctica real del trabajo individual en el nivel operativo actual.

2.1 **ALCANCE Y PROFUNDIDAD DE LAS CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA** Como ciencia física que es, la meteorología estudia esencialmente la física, la química y la dinámica de la atmósfera, y también se ocupa de muchos de los efectos directos que la atmósfera ocasiona en la superficie de la Tierra, en los océanos y en la vida en general. Sus objetivos finales son los de comprender y predecir lo mejor posible los fenómenos atmosféricos, desde la escala local a la planetaria, y desde unos segundos, minutos y horas hasta varios días, semanas y estaciones del año (e incluso décadas y siglos). Para el propósito de esta publicación, los términos ‘ciencias atmosféricas’ y ‘meteorología’ tienen el mismo significado

Matemáticas, física y química Se precisa tener un conocimiento integral de matemáticas, física y química para que los estudiantes comprendan la relación entre los fenómenos atmosféricos y la naturaleza de la materia, conforme expresan los principios físicos básicos. En consecuencia, al organizar los programas de instrucción básica en meteorología, deben tomarse las medidas pertinentes relativas a incluir los cursos de repaso necesarios sobre matemáticas aplicadas a la física, poniendo especial énfasis en los conceptos y métodos básicos indispensables para los estudios de dinámica de fluidos y de termodinámica.

Al igual que con las matemáticas, puede ser necesario organizar los cursos de repaso pertinentes de física y química. Existe, sin embargo, una importante diferencia entre el estudio de las ciencias atmosféricas y el estudio común de la física o de la química que, con gran frecuencia, se centra en los procesos individuales para poner de manifiesto las propiedades fundamentales de la materia. En contraste, el estudio de las ciencias de la atmósfera concierne a un sistema grande y complejo, donde no es posible comprender por completo los efectos e interacciones si se consideran de forma separada de su ambiente. El objetivo final es comprender, tanto cualitativa como cuantitativamente, el funcionamiento coherente del sistema en su conjunto. Por consiguiente, los pertinentes cursos de repaso de física y química deberían proporcionar los conocimientos sólidos necesarios para una cabal comprensión de las ciencias atmosféricas

Disciplinas meteorológicas básicas Las disciplinas meteorológicas básicas, diferenciadas más como estados de la ciencia que por la propia materia de que tratan, pueden designarse como sigue:

- la meteorología física, que incluye la química atmosférica y el estudio de la calidad del aire;
- la meteorología dinámica, que incluye la Predicción Numérica del Tiempo (PNT);
- la meteorología sinóptica, que incluye la meteorología mesoescalar y la predicción del tiempo; y
- la climatología, que incluye tanto la descripción estadística tradicional como los nuevos enfoques de estudio dinámico y de interpretación del clima, así como también la predicción climática

Meteorología física La meteorología física se ocupa de la explicación científica de los fenómenos atmosféricos. Resulta esencial conocer y comprender en profundidad los principios físicos básicos que rigen la termodinámica y la teoría de la radiación electromagnética. Esto proporcionará la base necesaria para el estudio de materias como: la estructura física y la composición química de la atmósfera; la radiación solar y terrestre; la física y química de los aerosoles; los procesos de la capa límite; la microfísica de nubes y la precipitación; la electricidad atmosférica; los procesos físicos que se consideran en la dinámica de pequeña escala (como, por ejemplo, la turbulencia) y en la atmósfera media y superior; y los fundamentos de la tecnología de la teledetección.

Meteorología dinámica La meteorología dinámica trata del estudio de los movimientos atmosféricos como soluciones de las ecuaciones fundamentales de la hidrodinámica y de la termodinámica o de otros sistemas de ecuaciones apropiadas a situaciones especiales, como en el caso de la teoría estadística de la turbulencia. Se requiere una sólida formación en matemáticas superiores y en dinámica de fluidos, que proporcione la base científica necesaria para comprender el papel físico que juegan los movimientos atmosféricos en la determinación del tiempo y del clima

en todas las escalas: planetaria, sinóptica, mesoescalar y microescalar. Es este conocimiento, sobre todo, el que posibilita la metodología práctica en las predicciones del tiempo y del clima utilizando métodos dinámicos

Meteorología sinóptica

La meteorología sinóptica ha estado ligada, tradicionalmente, al estudio y análisis de la información del tiempo, tomada de forma concurrente, para identificar los sistemas meteorológicos a escala sinóptica, para diagnosticar su estructura y para anticipar, desde el punto de vista cualitativo, su evolución en el futuro. La meteorología sinóptica de hoy en día se ocupa de analizar y predecir el tiempo desde la escala mesoescalar hasta la planetaria (como, por ejemplo, en los 'regímenes de tiempo'); y su sofisticada base técnica incluye bases de datos operativas, conjuntos normalizados de mapas y diagramas meteorológicos de diagnóstico transcritos de forma automática, productos de PNT, y también otros productos y material auxiliar. La interpretación tradicional de las situaciones sinópticas se ha visto fortalecida por modernas herramientas de diagnóstico (como, por ejemplo, las imágenes de satélite y de radar) y por los últimos modelos conceptuales (como, por ejemplo, el de la cinta transportadora, el concepto de vorticidad potencial o el análisis basado en el vector Q). La marcada distinción que solía existir entre los predictores sinópticos y los meteorólogos de la dinámica aplicada se ha hecho bastante difusa.

Con la creciente aplicación de métodos objetivos, en particular del continuo desarrollo de la teledetección, de las técnicas sofisticadas de asimilación de datos, y de la aplicación operativa de la predicción por conjuntos, la contribución de los predictores humanos ya no es dominante. Sin embargo, los predictores experimentados aún pueden realizar ciertas interpretaciones subjetivas de utilidad que proporcionan un valor añadido a los productos numéricos objetivos (por ejemplo, al combinar la evaluación de la incertidumbre de una predicción realizada mediante técnicas de predicción por conjuntos con las necesidades y características específicas del usuario, incluidas las limitaciones derivadas de asumir riesgos). En la relación con los usuarios serán necesarias una buena presentación y ciertas habilidades de comunicación

Climatología

La climatología, según el Vocabulario Meteorológico Internacional de la OMM (OMM-Nº 182), es el 'estudio del estado físico medio de la atmósfera y de sus variaciones estadísticas en el espacio y en el tiempo, tal como se reflejan en el comportamiento meteorológico en un período de muchos años'. En esta definición se halla implícita la limitación del concepto de clima al medio atmosférico, un hecho que refleja genuinamente el surgimiento y el desarrollo histórico de la climatología. Sin embargo, durante las últimas décadas los científicos dedicados al estudio de la atmósfera se han dado cuenta de que el sistema climático no ha de incluir únicamente la atmósfera, sino también las partes pertinentes del sistema geofísico más amplio, que ejerce una influencia sobre la atmósfera mayor cuanto más extenso es el período de tiempo considerado.

Los climatólogos de hoy en día, al analizar los procesos meteorológicos, estudian progresivamente el papel de los procesos físicos y químicos que tienen lugar dentro de los océanos y a lo largo y ancho de la gran diversidad de regímenes de la superficie del planeta. La integración de datos y el conocimiento de la meteorología, la oceanografía y la hidrología se hacen esenciales. El clima se percibe como 'la estadística a largo plazo que describe el sistema meteorológico acoplado entre la atmósfera, el océano y la tierra, promediado en un período de tiempo apropiado' (*National Academy Press*, 1998).

Al considerar la descripción pasada, presente y futura del sistema climático en su conjunto, la climatología moderna ha obtenido un mayor alcance. Además, esto no afecta exclusivamente a la evolución natural del clima sino también a los cambios potenciales en el clima global y regional inducidos por el conjunto de actividades humanas que han modificado tanto las concentraciones de gases de efecto invernadero y de aerosoles en la atmósfera como la configuración de la

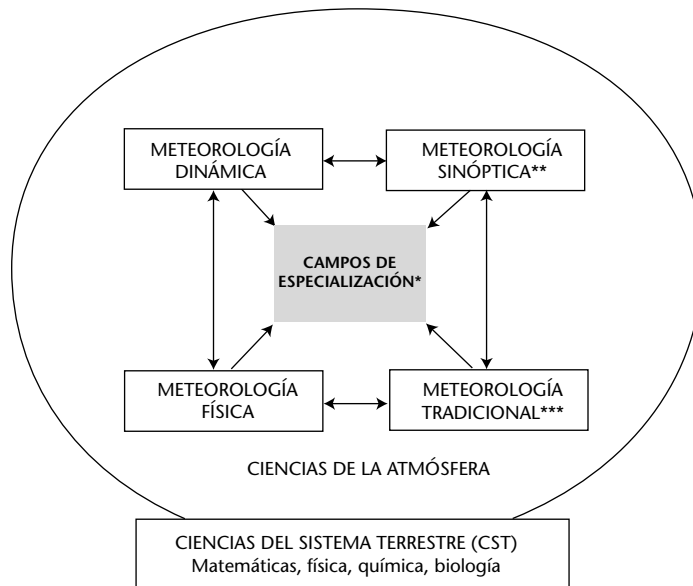
cubierta vegetal terrestre. El objetivo es lograr la máxima comprensión posible de los fundamentos dinámicos, físicos y químicos del clima y de su evolución, con el fin de predecir la variabilidad y el cambio climáticos desde unas estaciones del año hasta decenios, y aún para períodos de tiempo más largos

Las ciencias del sistema terrestre

Dentro de las disciplinas anteriores, coexisten y se desarrollan diversas subdisciplinas o especialidades relativas a determinados temas de estudio e investigación, o de aplicaciones específicas. Al mismo tiempo, los límites entre las diversas disciplinas y subdisciplinas van desapareciendo gradualmente, y el conjunto de las ciencias atmosféricas está cada vez más relacionado con otras geociencias (véase también la figura 2.1).

Figura 2.1
Las disciplinas meteorológicas fundamentales en el contexto de las Ciencias del Sistema Terrestre (CST)

- * Las áreas comunes de especialización se discuten en las secciones 3.3 y 3.4.
- ** La meteorología sinóptica debería incluir la meteorología mesoescalar y la predicción del tiempo.
- *** El creciente alcance de la ciencia climatológica ya se reconoció en la discusión precedente sobre climatología



La tendencia es la de avanzar hacia unas Ciencias del conjunto del Sistema Terrestre (CST), lo que implica un enfoque integrado del estudio de la Tierra para explicar su dinámica, su evolución y el cambio global. En esta aproximación, la Tierra se considera como un sistema único de componentes que interactúan entre sí, y que incluye:

- la geosfera: los elementos físicos de la superficie de la Tierra, la corteza y el interior; los procesos pertinentes incluyen la deriva de los continentes, las erupciones volcánicas, los terremotos y los procesos del suelo en los que intervienen el calor y el agua;
- la hidrosfera: el agua y el hielo que se encuentran en la superficie de la Tierra o en sus proximidades; también, el vapor de agua de las nubes, los casquetes de hielo y los glaciares, y el agua de océanos, ríos, lagos y acuíferos; entre los procesos que tienen lugar pueden citarse el flujo de ríos, la evaporación, la lluvia y la contaminación de aguas;
- la atmósfera: la capa delgada de gas o el aire que rodea la Tierra; entre los procesos pertinentes están los vientos, el tiempo meteorológico, el intercambio de gases con las formas de vida y la contaminación atmosférica;
- la biosfera: el acervo y la diversidad de los organismos vivos en la Tierra; los procesos que tienen lugar incluyen la vida y muerte, la evolución y la extinción, en particular, la evolución de la vegetación y su papel en el ciclo hidrológico y en la composición de los gases atmosféricos.

Las CST no solamente abarcan los procesos naturales, con su compleja esencia trífica, sino también los efectos de los cambios inducidos por el hombre en el medio ambiente global. El objetivo es obtener una comprensión científica del sistema terrestre completo, saber cómo se han desarrollado las partes que lo componen y

de qué forma han interactuado entre sí, cómo funcionan, y, especialmente, cómo se prevé que evolucionen a lo largo de todas las escalas de tiempo. Considerando las estrechas conexiones que existen entre el alcance de las CST y los estudios del clima contemporáneo, se anima a los educadores a incluir en sus programas de PIB-M cursos de introducción en las CST, que permitirán a los estudiantes observar el sistema climático desde una perspectiva más amplia

La formación profesional se viene definiendo, de forma gradual, en función del resultado del proceso formativo (lo que puede hacer el alumno), más que del esfuerzo invertido (lo que se enseña al alumno). Esta aproximación conduce al concepto de aptitud profesional: la habilidad de llevar a cabo las actividades dentro de un área de ocupación para los niveles de rendimiento que se esperan en el trabajo. Por lo tanto, el resultado del proceso de formación profesional debería ser una persona que haya demostrado tener las aptitudes requeridas ante determinadas normas de realización del trabajo.

2.2 LOS REQUISITOS DE APTITUD DE LA PROFESIÓN METEOROLÓGICA

La formación profesional se viene definiendo, de forma gradual, en función del resultado del proceso formativo (lo que puede hacer el alumno), más que del esfuerzo invertido (lo que se enseña al alumno). Esta aproximación conduce al concepto de aptitud profesional: la habilidad de llevar a cabo las actividades dentro de un área de ocupación para los niveles de rendimiento que se esperan en el trabajo. Por lo tanto, el resultado del proceso de formación profesional debería ser una persona que haya demostrado tener las aptitudes requeridas ante determinadas normas de realización del trabajo.

Formación en competencia para el trabajo

En principio, cualquier estándar de desempeño de trabajo debería incluir información sobre:

- las funciones a realizar (cada una de ellas se expresará en términos de tareas específicas);
- los niveles de conocimiento y comprensión que se exigen; los requisitos de habilidad y experiencia;
- los criterios de producción para que las funciones individuales se culminen de manera exitosa.

Esta sección está orientada a las funciones que se realizan en los trabajos habituales de meteorología; el objetivo es el de identificar las aptitudes fundamentales para obtener la base sobre la que se asientan los niveles de conocimiento y comprensión profesional requeridos (que se describen en los capítulos 3 y 4). Tanto los requisitos de habilidad y de experiencia como los criterios de producción tienen que definirse de forma que se tenga en cuenta la situación nacional, no solo en términos de condiciones relativas al tiempo y al clima, sino de prácticas de empleo. Estos aspectos, por ser demasiados específicos, no se considerarán con detalle.

Por lo general, la misión de un SMN típico es:

- observar, vigilar y predecir el tiempo y el clima del país;
- ofrecer servicios meteorológicos y afines en apoyo de las necesidades nacionales;
- atender los compromisos internacionales pertinentes que se derivan de la aplicación del Convenio de la OMM.

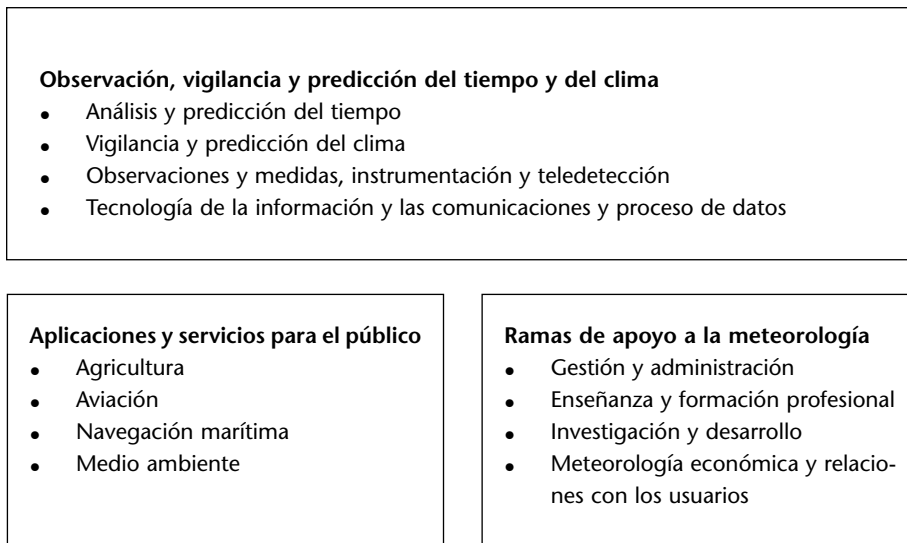
(Hay que destacar que en algunos países existe también una amplia comunidad externa a los SMN que contribuye al logro de estos cometidos).

La ejecución práctica de esta misión requiere una amplia gama de actividades organizadas en un gran número de tareas, que a su vez se pueden agrupar en una cantidad menor de unidades técnicas específicas, y estas pueden definirse como ramas o áreas de actividad. En la figura 2.2 se muestra un modelo sencillo de estas ramas.

Figura 2.2

Ramas genéricas de actividad en un SMN típico

Nota: dada la diversidad en la misión y estructura de los SMN de todo el planeta, es inevitable que exista una considerable variación en la forma de agrupar las actividades y en las denominaciones de las diferentes ramas. Lo que se pretende es ilustrar la amplia gama de competencias requeridas para el personal de los SMN en su conjunto



Entre estas ramas genéricas hay importantes diferencias con relación al número de personas empleadas y sus requisitos de trabajo. Existen también ciertas actividades transversales que apuntalan estas ramas, como es el caso de la Predicción Numérica del Tiempo (PNT) o de la detección mediante el uso de radar y satélite, no mostradas explícitamente en esta figura; la mayor parte de los SMHN utilizan el resultado de estas actividades, pero es posible que no dispongan de los recursos técnicos y humanos para llevarlas a cabo dentro de sus propios Servicios.

En los tres apartados siguientes se describirán las tareas típicas y los requisitos generales de aptitud profesional para el personal empleado en las diversas ramas de actividad. La exposición no es ni integral, ni exclusiva ni tiene carácter de normativa, dado que las competencias deben de estar definidas de tal manera que atiendan las necesidades locales. Así pues, se necesita un alto grado de flexibilidad al considerar los requisitos de aptitud que se dan a continuación.

Observación, vigilancia y predicción del tiempo y del clima

Las funciones operativas y los requisitos de aptitud del personal empleado en las ramas profesionales que se ocupan del tiempo y del clima estarían, normalmente, al nivel de Meteorólogos titulados y/o de Técnicos en Meteorología de nivel superior. En las ramas tecnológicas de observaciones y medidas, instrumentación, tecnología de la información y las comunicaciones y proceso de datos, el trabajo está cada vez más automatizado y el personal tradicional va desapareciendo. Tanto Meteorólogos como Técnicos en Meteorología deberían familiarizarse con los métodos de observación e instrumentos básicos y ser capaces de utilizar procesadores de textos informáticos y productos de software de uso común.

Análisis y predicción del tiempo

Los objetivos que aborda esta rama de actividad consisten en: la vigilancia permanente del tiempo a lo largo de un área geográfica asignada; la elaboración y distribución de predicciones meteorológicas generales y específicas, incluidos los avisos o advertencias meteorológicas con particular énfasis en la seguridad y el bienestar públicos. Los trabajos individuales típicos incluyen los de predictor meteorológico operativo (subalterno, de campo o principal), predictor agrícola, predictor aeronáutico, predictor marino y predictor de la calidad del aire o medioambiental. Las funciones operativas y los requisitos de aptitud para el trabajo incluyen:

- Procesos y fenómenos atmosféricos. Conocer y comprender los procesos y fenómenos atmosféricos fundamentales desde una escala planetaria hasta una escala local; conocer los fenómenos meteorológicos específicos de la región y comprender las principales particularidades que, a nivel de la mesoescala local, presenta la dinámica atmosférica en el área asignada.

- Análisis y vigilancia del tiempo. Analizar e interpretar mapas sinópticos, diagramas y gráficos; integrar todos los datos disponibles para producir un diagnóstico consolidado; llevar a cabo el seguimiento, en tiempo real, del tiempo atmosférico, utilizando sobre todo imágenes de vigilancia por radar y de satélite; seguimiento continuo de la evolución real del tiempo, y en particular, de las situaciones de tiempo severo en el área asignada.
- Predicción del tiempo. Conocer y ser capaz de aplicar los principios, los métodos y las técnicas de predicción meteorológica; comprender el funcionamiento de los modelos de la PNT, sus puntos fuertes y sus puntos débiles.
- Post-proceso de los productos de la PNT. Realizar el post-proceso establecido de los productos de la PNT y proporcionar valor añadido a los modelos o a las predicciones de referencia allí donde sea conveniente; identificar aquellos procesos que son importantes en las diferentes escalas y pertinentes en áreas concretas de aplicación. Generar campos de predicción e interpretarlos en función de futuros escenarios de los elementos meteorológicos apropiados; evaluar su relevancia y precisión frente a la evolución real del tiempo.
- Predicciones específicas para usuarios. Elaborar y distribuir, a nivel regional o local, predicciones específicas dirigidas a determinados usuarios; verificar las predicciones corrientes; identificar errores y corregir las predicciones erróneas cuando sea necesario; emitir avisos meteorológicos; proporcionar servicios de emergencia fidedignos.
- Necesidades de los usuarios. Comprender las necesidades de los usuarios y las limitaciones derivadas de asumir un riesgo; asistir y aconsejar a estos en la toma de decisiones técnicas que sean sensibles al tiempo.

Mientras esta lista hace referencia a una rama genérica en materia de análisis y predicción del tiempo, en la sección 7.1 se ofrece un ejemplo de requisitos reales de aptitud en la citada rama.

Vigilancia y predicción del clima

Los objetivos de esta rama consisten en: documentar, vigilar y evaluar las características del clima en el área geográfica designada (en un contexto regional o global); preparar y difundir resúmenes y predicciones del clima, habitualmente para períodos de tiempo estacionales; elaborar y distribuir advertencias climáticas. Los trabajos individuales típicos incluyen los de climatólogo operativo, microclimatólogo, agrometeorólogo y meteorólogo medioambiental. Las funciones operativas y los requisitos de competencia profesional incluyen:

- Principios físicos y dinámicos. Comprender los principios físicos y dinámicos que gobiernan el funcionamiento del sistema climático terrestre, desde un contexto global hasta escalas nacionales y locales; conocer y ser capaz de aplicar los métodos y las técnicas del análisis y la predicción del clima.
- Fenómenos meteorológicos específicos de la región y sus efectos. Conocer y entender las características específicas del clima y de los fenómenos meteorológicos de la región así como su configuración subregional detallada; comprender los efectos normales del clima sobre diversos sectores económicos y, en particular, la vulnerabilidad de las actividades humanas a los episodios severos relacionados con el clima.
- Seguimiento de datos climáticos. Realizar un seguimiento de datos climáticos; utilizar las imágenes de satélite para identificar las configuraciones características en la evolución de los sistemas atmosféricos; recopilar los registros climáticos y realizar otras operaciones rutinarias.
- Proceso de datos climáticos. Ejecutar el proceso apropiado (estadístico y dinámico) de datos para bosquejar configuraciones climáticas y su variabilidad; interpretar los datos climáticos; evaluar la evolución de las configuraciones, anomalías y tendencias, e interpretarlas en función del escenario futuro de los elementos climáticos pertinentes; preparar y distribuir predicciones específicas para determinados usuarios, incluyendo avisos de episodios climáticos severos.

- Modelos de Circulación General (MCG). Comprender el funcionamiento de los MCG; utilizar, si están disponibles, los productos actuales de predicción del clima de los grandes centros climáticos.
- Efectos del cambio climático. Utilizar la integración a largo plazo de los modelos climáticos para una serie de escenarios de emisión, junto con los registros nacionales del clima y las técnicas de adaptación regional, para preparar advertencias sobre los posibles efectos del cambio climático.

En la sección 7.2 se expone un ejemplo de requisitos reales de aptitud en esta rama.

*Observaciones y medidas;
instrumentación*

Esta rama tiene como objetivos: producir datos de observación desde un punto de vista operativo de los servicios relacionados con el tiempo y el clima; operar y administrar la red; especificar y normalizar los instrumentos y métodos de observación; calibrar, mantener y reparar instrumentos. Los trabajos individuales típicos de esta rama incluyen los de observador meteorológico, técnico de radiosondeo, técnico de instrumentación y técnico de EMA (Estación Meteorológica Automática). Las funciones operativas y los requisitos imprescindibles de aptitud incluyen:

- Observaciones de superficie. Realizar observaciones de superficie: observar y registrar los parámetros que conforman un mensaje meteorológico; codificar las observaciones en el formato estándar; transmitir la información codificada.
- Sondeos en altitud. Efectuar sondeos en altitud; llevar a cabo medidas de la radiación y de otras variables meteorológicas; codificar las observaciones en el formato estándar; transmitir la información codificada.
- Observación del tiempo. Analizar las observaciones en el área local y estar en disposición de identificar posibles cambios significativos del tiempo en la estación y en sus alrededores; conocer y comprender los fenómenos meteorológicos característicos de la región; estar atento ante la probable aparición de episodios meteorológicos que cabe esperar que afecten a la estación.
- Alertas meteorológicas. Comprender las exposiciones verbales básicas de contenido meteorológico y las predicciones del tiempo hasta el punto de identificar cambios en la evolución esperada en la estación; alertar al predictor de servicio y a los usuarios externos de los cambios observados en el tiempo dentro del área local.
- Difusión de productos. Distribuir los datos e informaciones; difundir los mensajes a los usuarios; emitir informes rutinarios y no rutinarios de conformidad con la práctica normal de trabajo; responder a las preguntas de los usuarios.
- Mantenimiento de equipos. Llevar a cabo el mantenimiento rutinario de los equipos de observación y de oficina; operar y mantener las estaciones meteorológicas automáticas, cuando sea necesario.

En la sección 7.3 se expone un ejemplo de requisitos de aptitud reales.

*Tecnología de la Información
y las Comunicaciones (TIC) y
proceso de datos*

Los objetivos de esta rama son: reunir y procesar los datos de observación recibidos; crear conjuntos de datos que se utilizan en el análisis y predicción del tiempo; archivar conjuntos de datos específicos; difundir productos a los usuarios; realizar labores de mantenimiento de la TIC. Los trabajos individuales típicos de esta rama incluyen los de técnico en meteorología operativa, administrador informático de datos meteorológicos e ingeniero de desarrollo de sistemas. Las funciones operativas y los requisitos de aptitud profesional incluyen:

- *Hardware y software.* Reconocer los componentes básicos del hardware y del software; comprender los sistemas operativos básicos, particularmente los sistemas de transmisión y de cálculo.
- *Proceso de datos.* Aplicar los métodos y las técnicas estándar para el proceso, control de calidad y análisis de error de las distintas fuentes de datos de entrada, de las observaciones procedentes de las estaciones de superficie

convencionales y automáticas y de las observaciones de altitud, así como de los datos obtenidos a partir de las imágenes de radar y de satélite.

- *Generación de datos meteorológicos.* Conocer las operaciones generales que se utilizan en la generación de los campos de las variables meteorológicas, incluyendo posiblemente la asimilación de los datos provenientes de distintos tipos de sensores y plataformas.
- *Manipulación de datos meteorológicos.* Manipular y procesar los datos meteorológicos, incluyendo la recopilación, organización, administración y protección de la información; capacidad para trabajar con el sistema de conmutación de mensajes.
- *Sistemas internacionales de telecomunicaciones.* Conocer el objeto del sistema internacional de telecomunicaciones meteorológicas y los reglamentos de la OMM que organizan este sistema.
- *Desarrollo de los sistemas de TCI.* Contribuir al desarrollo y/o perfeccionamiento de los sistemas de tecnología de la información y las comunicaciones.

En la sección 7.4 se detalla un ejemplo de requisitos reales de aptitud profesional en esta rama.

Aplicaciones meteorológicas y servicios para el público

Por lo general, estas ramas fomentan los estudios meteorológicos y ofrecen servicios dirigidos a incrementar la seguridad y el bienestar públicos y la productividad de la economía nacional con respecto a los factores meteorológicos y climáticos. Normalmente, estas ramas no están directamente vinculadas a la elaboración de pronósticos meteorológicos o predicciones climáticas de carácter operativo, pero pueden utilizar las predicciones que resulten pertinentes y adaptarlas (agregando valor añadido) a fines muy concretos. Al mismo tiempo, una buena parte de las actividades que habitualmente se refieren a los Servicios Meteorológicos para el Público se llevan a cabo por parte de las ramas profesionales consideradas en la sección previa; véase también la Guía de Prácticas de Servicios Meteorológicos para el Público (OMM–Nº 834).

Algunas de las funciones operativas y de los requisitos de aptitud que se describen a continuación pertenecen al nivel de Meteorólogo; otras corresponden al nivel de Técnico en Meteorología

Meteorología agrícola

El objeto de esta rama es el de definir y aplicar el conocimiento de la interacción que existe entre los factores meteorológicos, climatológicos e hidrológicos y los sistemas biológicos, para el uso práctico de la agricultura, incluyendo la horticultura, la ganadería y la silvicultura. Los trabajos individuales típicos incluyen los de meteorólogo agrónomo profesional, técnico en meteorología agrícola e ingeniero agrónomo. Las funciones operativas y los requisitos de aptitud incluyen:

- Ciencias agrícolas y biológicas. Conocer los conceptos básicos de las ciencias agrícolas y biológicas; comprender los mecanismos de adaptación de las plantas y de los animales al clima.
- Impactos de la meteorología y de los factores del clima. Comprender la relación existente entre el crecimiento y desarrollo de los cultivos, y el rendimiento de las cosechas, con los distintos factores del clima; comprender las consecuencias que los episodios meteorológicos y climáticos severos ocasionan sobre la agricultura y la silvicultura; conocer el impacto de las condiciones meteorológicas y climáticas en la propagación de plagas de insectos y enfermedades en las plantas.
- Observación y proceso de datos. Llevar a cabo las observaciones de meteorología agrícola; realizar el rutinario proceso de datos; calcular la fotosíntesis neta y el consumo de agua en los cultivos; determinar las demandas de riego.
- Teledetección y SIG. Utilizar imágenes de satélite en banda multispectral y otros productos de teledetección, así como las herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG), para observar los parámetros de la superficie y de radiación solar.

- Modelos de cosechas. Conocer los fundamentos de los modelos dinámicos de simulación, su aplicación y su adaptación; calibrar y utilizar modelos meteorológicos de cosechas y modelos empíricos estadísticos para la predicción fenológica y del rendimiento de cosechas.
- Asesoramiento y otros productos agrícolas. Preparar proyecciones específicas de meteorología agrícola; proporcionar productos y servicios a medida especializados de meteorología agrícola; asistir a la industria agrícola en la producción económica de artículos de consumo y en la reducción de riesgos; mantener un estrecho contacto con los usuarios finales con miras a que estén permanentemente informados de los servicios que los meteorólogos les pueden ofrecer.
- Planificación estratégica. Promover aplicaciones estratégicas para contribuir a una planificación agrícola sostenible; llevar a cabo evaluaciones de los recursos agroclimáticos en varias escalas; identificar estrategias de adaptación al (posible) cambio climático.

En la sección 7.5 se expone un ejemplo de requisitos reales de aptitud.

Meteorología aeronáutica

Esta rama se ocupa del estudio, el análisis y el pronóstico de la influencia de la atmósfera, en particular la que conlleva fenómenos meteorológicos adversos, en la operación de las aeronaves. Los efectos a considerar incluyen: la visibilidad reducida y la presencia de nubes bajas en los aeródromos, la cizalladura del viento, la turbulencia (que incluye la turbulencia en aire claro), el engelamiento, las tormentas, los ciclones tropicales, los vientos y las temperaturas en altitud, las corrientes en chorro y la tropopausa, y las cenizas volcánicas. Los trabajos individuales típicos incluyen los de meteorólogo aeronáutico y técnico en meteorología aeronáutica. Las funciones operativas y los requisitos de aptitud para el trabajo incluyen:

- Fenómenos meteorológicos. Comprender los fenómenos meteorológicos que entrañan peligro para la aviación, así como su análisis y predicción; comprender qué parámetros meteorológicos resultan cruciales para la seguridad y las operaciones regulares de los grupos de usuarios de la aviación.
- Claves meteorológicas. Conocer todas las claves meteorológicas aeronáuticas y el conjunto de criterios que se aplican para las advertencias y los grupos de cambio en los pronósticos TAF y TREND; seguir las normativas estándar contenidas en los Reglamentos Técnicos de la OMM; conocer los principios y directrices de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) en relación con la recuperación de costes; colaborar de forma operativa con las unidades de los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS).
- Organizaciones internacionales. Comprender el funcionamiento y la utilización de productos del Sistema Mundial de Pronósticos de Área (WAFS); comprender el funcionamiento de la Observación de los Volcanes en las Aerovías Internacionales (IAVW) y el servicio de asesoramiento que ofrecen los Centros Consultivos sobre Cenizas Volcánicas (VAAC).
- Vigilancia meteorológica. Realizar una vigilancia permanente de los fenómenos meteorológicos pertinentes para la aviación y comprender la evolución de los que se observen en el aeródromo; llevar a cabo las observaciones y medidas requeridas.
- Predicción del tiempo. Conocer y aplicar los métodos, técnicas y otras herramientas numéricas estándar para la predicción de nubes bajas, vientos (incluyendo rachas), niebla y visibilidad reducida, tormentas, precipitación fuerte, granizo y ciclones tropicales; conocer y aplicar los algoritmos y métodos usuales de pronóstico de engelamiento, ondas de montaña y turbulencia (incluyendo la turbulencia en aire claro).
- Interpretación de imágenes de satélite y de radar. Saber interpretar las imágenes de satélite y de radar, incluido el análisis de la evolución de sistemas convectivos, sistemas frontales y ciclones tropicales, y la localización de nieblas y stratus, topes de cumulonimbus activos, ondas gravitatorias en

nubes del género cirrus y corrientes en chorro; detectar englamamiento potencial en capas nubosas, ceniza volcánica y cizalladura del viento.

- Responsabilidades de los predictores locales. Desempeñar de forma competente las responsabilidades de predictor 'local', incluyendo la emisión de mensajes de aviso de aeródromo, mensajes SIGMET y AIRMET.
- Informes aéreos especiales. Poder identificar, en los informes aéreos especiales, los fenómenos meteorológicos pertinentes; evaluar estos informes y, si procede, emitir el correspondiente mensaje SIGMET.

En la sección 7.6 se muestran ejemplos de requisitos reales de aptitud en el campo de la meteorología aeronáutica.

Meteorología marina

La misión de esta rama consiste en poner a disposición de los usuarios marinos situados en el mar o en la costa tanto la información meteorológica marina como la información oceanográfica conexas que precisen, con intención de maximizar la seguridad de las operaciones marítimas y de promover la eficacia y el ahorro económico de las actividades marinas. El objetivo es el de contribuir a la exploración eficiente y a la explotación óptima de los recursos costeros y marinos (vivos y no vivos) y a la protección del medio ambiente marino. Los servicios afectados pueden estar especializados en zonas de alta mar, en áreas del litoral costero o a cierta distancia de la costa, y en puertos y fondeaderos de navíos. Los trabajos individuales típicos incluyen a los observadores marinos a bordo de buques, a los marinos y navegantes mientras se encuentran en el mar y en las escuelas de navegación, a los Agentes Meteorológicos de Puertos (AMP), y al personal meteorológico encargado de las funciones de observación, predicción y climatología con propósitos marinos. Las funciones operativas y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Fenómenos meteorológicos.* Comprender los fenómenos meteorológicos adversos para las operaciones marinas; conocer los criterios sobre tempestades y otras advertencias.
- *Observaciones.* Llevar a cabo las observaciones y medidas meteorológicas de superficie; realizar mediciones de altitud y medidas oceanográficas subsuperficiales; conocer las pertinentes claves meteorológicas y oceanográficas (por ejemplo, SYNOP, SHIP, DRIBU, BATHY, TESAC); estar al corriente de las actividades de los AMP, de los buques de observación voluntaria y de los buques de observación ocasional.
- *Teledetección.* Saber interpretar los datos de teledetección obtenidos a partir de imágenes de satélite y de boyas a la deriva y ancladas; determinar las características de las masas de agua, el comportamiento de las olas y de las corrientes oceánicas, y la situación meteorológica.
- *Climatología marina.* Preparar resúmenes climatológicos marinos; proporcionar los datos climáticos que necesitan los diseñadores y operadores de instalaciones de exploración y explotación que trabajan a cierta distancia de la costa.
- *Predicción.* Conocer las técnicas de predicción meteorológica basadas en métodos empíricos, estadísticos, analógicos y dinámicos; saber cómo y dónde obtener productos marinos y predecir los que estarán disponibles a partir de modelos numéricos regionales como el de olas, el de topografía del nivel del mar, los de temperaturas superficiales y subsuperficiales, o el de termoclinas; emitir avisos de vientos fuertes, mares agitados, visibilidad reducida, precipitaciones fuertes, acumulaciones de hielo, mareas de tempestad, tsunamis que afectan a puertos y seiches anormales.
- *Provisión de servicios de predicción y de asesoramiento experto.* Ofrecer servicios orientados a situaciones que se dan en alta mar (por ejemplo, las operaciones de búsqueda y rescate, la optimización meteorológica de rutas y la industria pesquera); proporcionar servicios para las áreas del litoral costero o a cierta distancia de la costa; ofrecer servicios destinados a atender las necesidades de puertos y fondeaderos (por ejemplo, para el manejo y manipulación de la carga, proyectos industriales, actividades comerciales, litigios y seguros, rompehielos, actividades relacionadas con las embarcaciones de recreo y operaciones para

combatir la contaminación del medio ambiente marino). Estar familiarizado con los modelos marinos de dispersión de la contaminación.

En la sección 7.7 se ofrece un ejemplo de requisitos reales de aptitud.

Meteorología medioambiental

El objeto de esta rama es utilizar la información meteorológica (sobre el tiempo, el clima y la calidad del aire) y los avances de la ciencia al respecto, para cuestiones medioambientales tales como la contaminación atmosférica y de las aguas, el cambio climático, la disminución de la capa de ozono, o la radiación solar dañina, de una forma tal que pretenda optimizar el uso de los recursos naturales y fortalecer la salud y la seguridad humanas. La meteorología medioambiental también concierne a diversos procesos que tienen lugar en la atmósfera y a la relación de esta con los medios sólidos y líquidos de la Tierra, con los ecosistemas naturales y con el espacio exterior. Los trabajos individuales típicos incluyen los de meteorólogo medioambiental, meteorólogo forense, meteorólogo urbano o biometeorólogo. Las funciones operativas y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Impactos del tiempo y del clima.* Comprender el impacto, la extensión y el potencial de los efectos meteorológicos y climáticos sobre la vida, la sociedad y el medio ambiente en general; comprender los efectos que el uso de la tierra y otras influencias antropogénicas originan sobre el tiempo y el clima.
- *Métodos y técnicas.* Conocer y comprender los principios, los métodos y las técnicas que se utilizan en la física y química atmosféricas y su aplicación a la protección de la calidad del aire, al diseño urbano y a la construcción; estudiar los problemas medioambientales en las grandes ciudades; comprender los fundamentos generales, los métodos y las técnicas que se emplean en otras geociencias; poseer un enfoque interdisciplinario de ‘agrupación de conocimientos’.
- *Datos de satélite.* Utilizar datos procedentes de imágenes de satélite para vigilar el efecto y la distribución de inundaciones, la localización de incendios forestales, penachos de humo, y nubes de polvo, ozono y ceniza volcánica.
- *Políticas y asesoramiento en materia de planificación.* Contribuir al desarrollo de políticas de planificación y a la adopción de decisiones sobre asuntos medioambientales; ofrecer consejo experto en política y toma de decisiones sobre los diversos problemas operativos en los que los usuarios y clientes tratan de utilizar (o de limitar) de la mejor forma posible la influencia de los factores meteorológicos.
- *Meteorología forense.* Proporcionar información meteorológica y asesoramiento para casos legales (por ejemplo, en la determinación de la secuencia de acontecimientos en los que intervino el tiempo y el clima y que está sujeta a litigio).
- *Políticas medioambientales.* Tener conocimiento de las políticas medioambientales más importantes sobre desarrollo científico, técnico y económico; y sobre la salud pública y el turismo; facilitar la aplicación de los enfoques integrados para el desarrollo sostenible, la gestión y el uso racional de los recursos medioambientales.

En la sección 7.8 se ilustran los requisitos de competencia en el trabajo para el meteorólogo medioambiental.

Ramas de apoyo a la meteorología

El personal empleado en las ramas de apoyo a la meteorología puede que no necesite tener una cualificación meteorológica básica (como, por ejemplo, las personas que trabajan en el área de gestión o de relaciones con los usuarios), o, por el contrario, puede que sí que requiera poseer algo más que una cualificación meteorológica básica (es el caso, por ejemplo, de quienes desempeñan su trabajo en el área de la enseñanza o de la investigación). Sin embargo, resulta deseable disponer de un cierto conocimiento general de meteorología incluso en las ramas administrativas o de relaciones con los usuarios.

Gestión y administración

Los objetivos de esta rama son: supervisar, guiar y dirigir con objeto de optimizar el uso de los recursos humanos, técnicos y financieros disponibles; representar al propio SMN en los ruedos nacionales e internacionales. Los trabajos individuales típicos incluyen los de gestor operativo e inspector de la red. Las funciones operativas y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Fundamentos de la gestión.* Conocer y comprender los principios de la gestión y de la administración cuando se aplican a una institución científica y técnica (como, por ejemplo, un SMN).
- *Gestión del rendimiento.* Conocer la organización de las actividades operativas que se llevan a cabo; establecer y priorizar los objetivos; realizar un seguimiento del rendimiento en función de las actividades previstas; anticiparse a los problemas y desarrollar planes de contingencia; adoptar decisiones eficaces y considerar soluciones alternativas.
- *Gestión de recursos.* Gestionar los recursos humanos y financieros de manera eficaz; gestionar los cambios de un modo proactivo; administrar el tiempo; posibilitar que el equipo de trabajo desarrolle su experiencia, planifique su carrera profesional y mejore su rendimiento continuamente.
- *Equipo de trabajo.* Participar de forma positiva en las actividades de equipo; desarrollar relaciones de cooperación con clientes internos y externos; comprender sus necesidades.
- *Liderazgo.* Ofrecer una capacidad de liderazgo; elegir los métodos de comunicación apropiados y comunicarse de forma eficaz; saber motivar a los demás; demostrar sensibilidad ante las necesidades de los demás y lograr su compromiso; responder positivamente a la innovación.
- *El tiempo y el clima.* Estar al corriente de los fenómenos meteorológicos específicos de la región y de la climatología regional.

El papel de los gestores y de los administradores en la planificación y ejecución de los programas permanentes de desarrollo profesional para el personal de los SMN es esencial: véanse las secciones 5.1 y 5.5.

Enseñanza y formación profesional

Los objetivos de esta rama son: llevar a cabo y facilitar la formación profesional y el desarrollo del personal para los trabajos que se realizan en la actualidad y los que puedan desempeñarse en el futuro; formar a los usuarios (incluido el público en general) en la utilización de los productos y servicios meteorológicos. Los trabajos individuales típicos que se identifican dentro de esta rama incluyen los de formador profesional en meteorología, instructor, científico, y profesor. Las funciones operativas y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Requisitos de formación profesional.* Identificar las necesidades organizativas en materia de formación profesional y desarrollo; identificar las necesidades individuales de aprendizaje; planificar y diseñar estrategias de formación profesional en los SMN.
- *Diseño de la formación profesional.* Diseñar los programas de formación profesional y desarrollo, así como el material de enseñanza y aprendizaje.
- *Suministro de formación profesional.* Gestionar la puesta en marcha y ejecución de los programas de formación profesional y desarrollo; comprender y utilizar los nuevos enfoques pedagógicos de la enseñanza y formación profesional, incluidas las modernas herramientas de presentación; facilitar el aprendizaje individual y por grupos.
- *Evaluación de la formación profesional.* Revisar el progreso y la eficacia de la formación profesional; evaluar los logros, incluidos los individuales de aptitud y competencia para el trabajo.
- *Conocimiento meteorológico.* Conocer y comprender los fenómenos meteorológicos específicos de la región; mejorar continuamente el conocimiento de las CST.

Nótese que el capítulo 5 trata específicamente de los métodos y estrategias relativas a la enseñanza y formación profesional permanentes en los SMN

Investigación y desarrollo

Los objetivos de esta rama son los de llevar a cabo la investigación y el desarrollo aplicados para asegurar un permanente fortalecimiento de las operaciones y servicios en el futuro, y desarrollar nuevas ideas en la ciencia meteorológica o en la tecnología. Los trabajos individuales típicos incluyen los de investigador en

meteorología, científico aplicado, y meteorólogo de desarrollo de sistemas. A su vez, las funciones operativas y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Especialización profesional.* Comprender su propia especialización al nivel de profundidad de un experto o asesor nacional; demostrar habilidades en el aprendizaje de toda la vida; aplicar la metodología científica; investigar; llevar a cabo tareas de investigación experimental; obtener hallazgos o descubrimientos científicos; realizar labores de búsqueda, identificación y selección de la información.
- *Conocimiento informático.* Conocer, comprender y utilizar un conjunto de paquetes informáticos y de habilidades básicas en programación de ordenadores para las diferentes arquitecturas informáticas.
- *Aplicación de la investigación y el desarrollo.* Asimilar los resultados de la investigación en el entorno operativo; desarrollar puntualmente nuevos productos, procedimientos y técnicas; asimismo, llevar a cabo investigaciones dentro del ámbito de los problemas y de las aplicaciones que tienen relación con la atmósfera en el contexto del sistema terrestre.
- *Creatividad y resolución de problemas.* Poner de manifiesto una forma de pensar crítica e independiente; reconocer y estimular la creatividad, el análisis innovador y la resolución de los problemas de los demás; demostrar un alto grado de innovación en el análisis de problemas y utilizar la ciencia y la tecnología de una manera inteligente para solucionarlos.
- *Tiempo y clima.* Conocer y comprender el tiempo y el clima, desde los fenómenos meteorológicos inducidos a nivel local hasta las configuraciones globales del clima.
- *Enseñanza, formación profesional y docencia.* Ayudar, cuando sea necesario, a la puesta en marcha y ejecución de los programas de enseñanza y formación profesional permanentes.

Meteorología económica y relaciones con los usuarios

En el contexto de los avances científicos y tecnológicos dentro y a través de las ciencias atmosféricas existe una multitud de campos de especialización, que puede examinarse bajo diferentes ópticas; por ejemplo, poniendo más énfasis en el desarrollo científico o en los aspectos de aplicación práctica.

En consecuencia, puede efectuarse una distinción entre el personal especializado en el trabajo y los especialistas o individuos que, a través del estudio y de la experiencia, desarrollan unos profundos conocimientos o habilidades en una determinada especialidad. Un especialista no sólo conoce y comprende un tema particular, o una materia concreta de un tema, sino que también desarrolla esa materia o tema. Este no es necesariamente el caso de la especialización habitual en el trabajo, donde al personal se le exige, sobre todo, la aplicación de forma apropiada de los conocimientos convencionales de una determinada especialidad. Por ejemplo, un predictor del tiempo no necesita conocer las parametrizaciones de la PNT al nivel de un especialista, pero debe saber interpretar y utilizar las predicciones de humedad a partir de los modelos operativos.

Además, mientras algunos campos de especialización son esencialmente ‘meteorológicos’ (por ejemplo, la PNT, o la nubosidad y precipitación), otras especialidades pueden ‘tomar prestados’ conocimientos de otras disciplinas no meteorológicas. Por ejemplo, el programa de estudios de climatología urbana puede incluir no solo temas meteorológicos (por ejemplo, la química atmosférica o la capa límite), sino también materias relativas a diseño urbano, transporte, construcción de edificios, arquitectura, etc.

La cuestión crucial es la brecha que existe entre las especialidades académicas, tal y como se describen en los libros de texto convencionales, y las especializaciones profesionales que, en la práctica, requiere la meteorología. En consecuencia, al diseñar la formación profesional especializada para el trabajo, es necesario agrupar paquetes específicos de las materias pertinentes tomadas de más de una de las

disciplinas convencionales. Por tanto, los instructores locales tendrían que determinar los programas de estudios y el nivel de profundidad del tratamiento de los distintos temas, de acuerdo con las necesidades de aptitud para el trabajo que se definan de forma específica para sus alumnos.

Aunque no puede proporcionarse ninguna directriz 'externa' eficaz en este tema concreto, el lector interesado puede utilizar las funciones operativas y las aptitudes para el trabajo que se han descrito con anterioridad, como requisitos de referencia al planificar los programas de estudios fundamentales para el conocimiento básico y las habilidades que se esperan del personal meteorológico (véanse las secciones 3.3 y 3.4 del capítulo siguiente para ampliar información).

2.3

LA BRECHA EXISTENTE ENTRE LAS ESPECIALIDADES ACADÉMICAS Y LAS ESPECIALIZACIONES PROFESIONALES

En el contexto de los avances científicos y tecnológicos dentro y a través de las ciencias atmosféricas existe una multitud de campos de especialización, que puede examinarse bajo diferentes ópticas; por ejemplo, poniendo más énfasis en el desarrollo científico o en los aspectos de aplicación práctica.

En consecuencia, puede efectuarse una distinción entre el personal especializado en el trabajo y los especialistas o individuos que, a través del estudio y de la experiencia, desarrollan unos profundos conocimientos o habilidades en una determinada especialidad. Un especialista no sólo conoce y comprende un tema particular, o una materia concreta de un tema, sino que también desarrolla esa materia o tema. Este no es necesariamente el caso de la especialización habitual en el trabajo, donde al personal se le exige, sobre todo, la aplicación de forma apropiada de los conocimientos convencionales de una determinada especialidad. Por ejemplo, un predictor del tiempo no necesita conocer las parametrizaciones de la PNT al nivel de un especialista, pero debe saber interpretar y utilizar las predicciones de humedad a partir de los modelos operativos.

Además, mientras algunos campos de especialización son esencialmente 'meteorológicos' (por ejemplo, la PNT, o la nubosidad y precipitación), otras especialidades pueden 'tomar prestados' conocimientos de otras disciplinas no meteorológicas. Por ejemplo, el programa de estudios de climatología urbana puede incluir no solo temas meteorológicos (por ejemplo, la química atmosférica o la capa límite), sino también materias relativas a diseño urbano, transporte, construcción de edificios, arquitectura, etc.

La cuestión crucial es la brecha que existe entre las especialidades académicas, tal y como se describen en los libros de texto convencionales, y las especializaciones profesionales que, en la práctica, requiere la meteorología. En consecuencia, al diseñar la formación profesional especializada para el trabajo, es necesario agrupar paquetes específicos de las materias pertinentes tomadas de más de una de las disciplinas convencionales. Por tanto, los instructores locales tendrían que determinar los programas de estudios y el nivel de profundidad del tratamiento de los distintos temas, de acuerdo con las necesidades de aptitud para el trabajo que se definan de forma específica para sus alumnos.

Aunque no puede proporcionarse ninguna directriz 'externa' eficaz en este tema concreto, el lector interesado puede utilizar las funciones operativas y las aptitudes para el trabajo que se han descrito con anterioridad, como requisitos de referencia al planificar los programas de estudios fundamentales para el conocimiento básico y las habilidades que se esperan del personal meteorológico (véanse las secciones 3.3 y 3.4 del capítulo siguiente para ampliar información).

CAPÍTULO 3

PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA METEORÓLOGOS (PIB-M)

Materias necesarias de ciencias matemáticas y físicas

Materias obligatorias de ciencias de la atmósfera

Campos optativos de especialización en meteorología

Otros campos de especialización

Después del PIB-M

Ejemplo de curso de formación de meteorología dinámica

Este capítulo describe el Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M) en función de un programa de estudios de referencia, es decir, de la relación de temas más importantes que, en conjunto, proporcionan tanto los fundamentos necesarios para iniciarse en la profesión, como también la base para el futuro desarrollo profesional. Cabe resaltar que esta relación de materias (apartados *a*), *b*), *c*), etc. de cada disciplina) no constituye ni un 'programa de estudios' ni una lista de 'cursos'. En todo caso, debería desarrollarse localmente un programa de estudios apropiado a partir de las materias recomendadas en el PIB-M, por parte de los profesores de la facultad con experiencia en las disciplinas pertinentes, teniendo en cuenta los recursos disponibles y las necesidades de los interesados, por ejemplo los SMN. El programa de cursos real debería concretar la materia efectiva que ha de enseñarse para cada uno de los temas centrales de fondo *a*), *b*), *c*), etc., de la disciplina correspondiente.

Como se señaló en el tercer epígrafe del apartado 1.1, en una publicación adicional del Departamento se ofrecerán ejemplos detallados de curso de formación para cada disciplina; en el anexo a este capítulo se ilustra este curso de formación detallado para el caso particular de la meteorología dinámica.

El nivel de profundidad en la instrucción y la extensión de la cobertura de las materias del PIB-M deberían ser similares a los que se utilizan en las facultades de ciencias físicas, matemáticas aplicadas o ingenierías. Algunas materias no solo necesitan formación en el aula de enseñanza sino también la experiencia de la participación activa en los laboratorios apropiados y la realización de experimentación práctica sobre el terreno.

3.1 **MATERIAS
NECESARIAS DE CIENCIAS
MATEMÁTICAS Y FÍSICAS**

Los tres primeros grupos de esta sección se refieren a los requisitos previos y paralelos de materias científicas básicas que son esenciales para cualquier estudio en profundidad sobre temas relacionados con la meteorología. El último grupo concierne a materias complementarias en la comunicación oral y escrita incluyendo el posible uso de una lengua extranjera; hay que señalar, sin embargo, que habitualmente se incluyen estas materias dentro de los requisitos universitarios generales para completar el grado de Licenciado.

- | | |
|----------------------------|---|
| Matemáticas | <ul style="list-style-type: none"> a) Álgebra lineal y cálculo vectorial. b) Cálculo diferencial e integral. c) Ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales. d) Teoría de la probabilidad y estadística. e) Tecnología de la información y las comunicaciones. f) Métodos numéricos. |
| Física | <ul style="list-style-type: none"> a) Fundamentos de mecánica. b) Termodinámica básica. c) Teoría ondulatoria. d) Movimiento de fluidos. e) Turbulencia en fluidos. f) Fundamentos de radiación electromagnética; electromagnetismo. |
| Química | <ul style="list-style-type: none"> a) Química física básica. b) Termodinámica química. c) Soluciones acuosas. d) Introducción a la fotoquímica. |
| Requisitos complementarios | <ul style="list-style-type: none"> a) Comunicación y técnicas de presentación. b) Lenguas internacionales de comunicación (por ejemplo, las lenguas oficiales de la OMM). |

3.2 **MATERIAS
OBLIGATORIAS DE
CIENCIAS DE LA
ATMÓSFERA**

En cualquier programa PIB-M es obligatorio completar las materias de meteorología física y de meteorología dinámica de esta sección, ya que proporcionan el conocimiento meteorológico fundamental y el grado de comprensión necesario para realizar desarrollos más específicos de las tres corrientes o disciplinas principales de la carrera: el Tiempo, el Clima y el Medio Ambiente.

Puede considerarse una cierta flexibilidad para los temas necesarios de meteorología sinóptica, climatología y química atmosférica, en función de la disciplina a que se aspire:

- En la disciplina de 'Tiempo', habrá que poner un mayor énfasis en la meteorología sinóptica, en particular, en el pronóstico del tiempo a nivel mesoescalar, y un menor énfasis en la climatología.
- En la disciplina de 'Clima', se dará mayor énfasis a la climatología, en particular, a la predicción estacional, y menor énfasis a la meteorología sinóptica.
- En la disciplina de 'Medio Ambiente', el mayor énfasis lo recibirán la química atmosférica, los procesos en la capa límite y las interacciones entre el suelo, la vegetación y la atmósfera, y el menor énfasis recaerá en la meteorología sinóptica y en la climatología.

Se recuerda que los requisitos para la meteorología física y dinámica en la disciplina de 'Medio Ambiente' serán, básicamente, los mismos que en las disciplinas de 'Tiempo' y de 'Clima'.

- | | |
|---------------------|--|
| Meteorología física | <ul style="list-style-type: none"> a) Radiación en la atmósfera. b) Acústica, óptica y electricidad de la atmósfera. c) Balance energético global. d) Nubes y precipitaciones; ciclo hidrológico. e) Termodinámica de la atmósfera. |
|---------------------|--|

- f) Capa límite y turbulencia; micrometeorología.
 - g) Sistemas de satélites.
 - h) Radar meteorológico.
 - i) Introducción a la química atmosférica; contaminación urbana.
 - j) Trabajo de laboratorio y ejercicios prácticos.
- Meteorología dinámica
- a) Dinámica de fluidos básica.
 - b) Aproximaciones hidrostática y geostrófica.
 - c) La vorticidad y las ecuaciones termodinámicas de la energía.
 - d) Movimiento cuasigeostrófico.
 - e) Ondas atmosféricas; inestabilidad baroclínica y barotrópica.
 - f) Energética de la circulación general.
 - g) Dinámica de la estratosfera; física y química.
 - h) Predicción numérica del tiempo.
 - i) Trabajo de laboratorio y ejercicios prácticos.
- Meteorología sinóptica
- a) Nociones sobre observaciones y medidas meteorológicas.
 - b) Relaciones entre los campos de viento, de presión y de temperatura.
 - c) Sistemas sinópticos de latitudes medias.
 - d) Ciclogénesis y frontogénesis.
 - e) Sistemas de tiempo tropical.
 - f) Circulaciones atmosféricas mesoescalares.
 - g) Vigilancia meteorológica en tiempo casi real, predicción inmediata.
 - h) Predicción del tiempo.
 - i) Trabajo de laboratorio y ejercicios prácticos.
- Climatología
- a) Introducción a las ciencias del sistema terrestre.
 - b) Datos climáticos.
 - c) Climatología descriptiva; estadística y teoría de la probabilidad.
 - d) Clasificación del clima.
 - e) Física y química del sistema climático.
 - f) Dinámica del clima.
 - k) Cambio climático.
 - h) La climatología y las estaciones del país.
 - i) Trabajo de laboratorio y ejercicios prácticos.

3.3 CAMPOS OPTATIVOS DE ESPECIALIZACIÓN EN METEOROLOGÍA

Em principio, puede considerarse que los apartados de los campos de especialización que se describen en esta sección sobrepasan los requisitos normales de un PIB-M completo (esto es, del programa de licenciatura en meteorología). Algunos estudiantes sin titulación superior podrían aspirar, sin embargo, a profundizar su formación profesional básica, mediante una especialización inicial, que los prepararía más fácilmente para ciertos trabajos específicos. Con un PIB-M condensado (o sea, un Diploma de postgrado o un programa de grado Magíster en meteorología), las materias obligatorias de la sección anterior se cubrirían en un período de tiempo mucho más corto que en el caso del PIB-M completo. A su vez, el estudio integral de una especialización meteorológica en particular resulta esencial para los estudiantes que asisten a cualquier PIB-M condensado.

Así pues, la profundidad y el alcance a la hora de estudiar cualquier campo de especialización pueden ser distintos en los programas PIB-M completo o condensado. En este sentido, las presentaciones de esta sección no son ni normativas ni integrales, y las instituciones docentes tienen plena libertad para adaptar los programas de estudios de referencia que se sugieren a sus propias necesidades expresadas de modo que puedan, por ejemplo, ser coherentes con la misión y las necesidades básicas de los SMN pertinentes, o según los requisitos específicos de trabajo. Además, se anima a las instituciones docentes implicadas a explorar el auténtico mundo laboral y a evaluar las expectativas de trabajo, no solo dentro de los SMN, sino también en relación con una más amplia gama de profesiones de los ámbitos hidrológico, meteorológico, oceanográfico y muchas otras relacionadas con el medio ambiente, tanto en el sector público como en el privado. En consecuencia, estas instituciones deberían ofrecer

oportunidades adecuadas para especializaciones profesionales iniciales en los temas 'de mayor actualidad' según lo que demande el mercado real de trabajo en meteorología y en otras disciplinas medioambientales relacionadas.

Es preciso destacar que el hecho de completar las materias de las ciencias básicas y de las disciplinas meteorológicas mencionadas en las secciones 3.1 y 3.2, constituye el requisito previo esencial necesario para cualquier campo de especialización de esta (y de la siguiente) sección.

- | | |
|--|---|
| Meteorología aeronáutica | <ul style="list-style-type: none"> a) Engelmiento en aeronaves. b) Turbulencia. c) Otros fenómenos adversos. d) Aspectos meteorológicos de la planificación del vuelo. e) Definiciones. f) Procedimientos de los servicios meteorológicos en la navegación aérea internacional. g) Servicios de tránsito aéreo. h) Aeródromos. i) Operación de aeronaves. j) Servicios de información aeronáutica. k) Telecomunicaciones aeronáuticas. l) Documentación de la OMM. m) Documentación de la OACI. |
| Meteorología agrícola | <ul style="list-style-type: none"> a) Fisiología vegetal. b) Interrelaciones biometeorológicas. c) Balance energético en la superficie. d) Balance hídrico. e) Observaciones y medidas; proceso de datos. f) Predicciones operativas. g) Asesoramiento para la planificación. h) Cómo prevenir el impacto de las condiciones meteorológicas adversas. |
| Química atmosférica | <ul style="list-style-type: none"> a) Evolución de la atmósfera; composición química y estructura vertical. b) Atenuación de la radiación solar por los gases y aerosoles de la atmósfera. c) Absorción y emisión de la radiación terrestre de onda larga. d) Componentes químicos de la troposfera. e) Aerosoles atmosféricos. f) Química de las nubes y de la precipitación. g) Ciclos químicos de la troposfera. h) Química de la estratosfera. i) Calidad del aire y salud humana. |
| Vigilancia y predicción del clima | <ul style="list-style-type: none"> a) El sistema climático. b) Vigilancia del clima; redes climatológicas; fundamentos. c) Circulación general de la atmósfera. d) Interacción entre el mar y la atmósfera; el ciclo hidrológico y el efecto de las características terrestres. e) Fuentes de la predictibilidad del clima. f) Métodos de predicción estadística. g) Métodos de predicción dinámica. h) El cambio climático y los aspectos humanos. i) Incertidumbres de las proyecciones climáticas comunes. j) Predicción estacional. |
| Meteorología mesoescalar y predicción del tiempo | <ul style="list-style-type: none"> a) Nociones sobre la mesoescala y la función del predictor. b) Características mesoescales de los ciclones de latitudes medias. c) Circulaciones y fenómenos mesoescales 'no convectivos'. d) Circulaciones y fenómenos mesoescales convectivos. |

- e) Las nubes y la precipitación en los modelos numéricos operativos.
 - f) Conjunto de productos operativos de la PNT.
 - g) Vigilancia meteorológica; predicción inmediata.
 - h) Predicción de fenómenos meteorológicos específicos; servicios meteorológicos para el público.
 - i) Predicciones a gran escala y medio plazo.
 - j) Análisis y verificación de predicciones.
- Meteorología por radar
- a) Fundamentos del radar meteorológico.
 - b) Señales meteorológicas.
 - c) Espectros Doppler de las señales meteorológicas.
 - d) Proceso de las señales meteorológicas.
 - e) Observación del tiempo.
 - f) Medidas de precipitación.
 - g) Observación de vientos, tormentas y fenómenos relacionados.
 - h) Observación de buen tiempo.
 - i) Aplicaciones; ejemplos de dispositivos y productos.
- Meteorología por satélite
- a) Evolución de la meteorología por satélite.
 - b) Naturaleza de la radiación.
 - c) Absorción, emisión, reflexión y difusión.
 - d) Balance radiativo.
 - e) Ecuación de la transferencia radiativa.
 - f) Temperatura de superficie.
 - g) Detección de nubes.
 - h) Técnicas para determinar parámetros atmosféricos.
 - i) Técnicas para determinar movimientos atmosféricos.
 - j) Órbitas de satélites.
- Meteorología y climatología tropical
- a) Nociones de meteorología tropical.
 - b) Circulación a gran escala.
 - c) Circulaciones a escala sinóptica.
 - d) Meteorología del monzón.
 - e) El Niño/Oscilación Austral (ENOA).
 - f) La convección y los sistemas mesoescalares convectivos.
 - g) Ciclones tropicales.
- Meteorología urbana y contaminación atmosférica
- a) Nociones sobre la atmósfera urbana.
 - b) Vigilancia de la meteorología y de la climatología urbana.
 - c) Radiación térmica.
 - d) Capa límite atmosférica; aplicación de conceptos básicos.
 - e) Penachos flotantes; dispersión de contaminantes del aire.
 - f) Aplicación de conceptos en la meteorología de la capa límite.
 - g) Predicciones de la contaminación urbana.
 - h) Efectos de los contaminantes sobre la salud.
- 3.4 OTROS CAMPOS DE ESPECIALIZACIÓN
- Además de los campos de especialización verdaderamente ‘meteorológicos’ que se han mencionado con anterioridad, existen otros campos relacionados con la meteorología, como son la biometeorología, la hidrometeorología, la meteorología marina, la tele-detección avanzada, así como los métodos numéricos de la modelización matemática en las ciencias atmosféricas, o la meteorología económica y la gestión. En esta sección se expondrán brevemente los programas de cursos de referencia de estas especializaciones que afectan a disciplinas conexas, sobre todo para los Meteorólogos postgraduados.
- Biometeorología y salud humana
- a) Alcance de la biometeorología humana.
 - b) Adaptación biofísica; balance energético entre el cuerpo humano y el medio ambiente.
 - c) Adaptación biofísica; vestuario y vivienda.
 - d) Epidemiología y fisiología humana medioambiental.

- | | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> e) Confortabilidad climática; enfriamiento eólico y ausencia de confortabilidad por el calor. f) Vigilancia de los recursos bioclimáticos. |
| Meteorología de la capa límite | <ul style="list-style-type: none"> a) Física de la capa límite. b) Turbulencia atmosférica. c) Parametrizaciones de la capa límite planetaria. d) Transporte volumétrico de contaminantes. e) Modelización del transporte con modelos de ecuaciones primitivas. |
| Nubes y precipitaciones; modificación artificial del tiempo | <ul style="list-style-type: none"> a) Aerosoles atmosféricos. b) Formación de nubes. c) Procesos de precipitación. d) Convección en un cumulonimbus. e) Supresión del granizo. f) Disipación de la niebla; modificación de la precipitación. g) Tecnología de la modificación artificial del tiempo. |
| Meteorología económica; mercadotecnia y gestión | <ul style="list-style-type: none"> a) Información meteorológica; productos y servicios. b) Usuarios y beneficiarios de la información meteorológica. c) Introducción a la estadística econométrica. d) Verificación de predicciones; marco de referencia conceptual. e) Métodos de verificación. f) Estimación de beneficios económicos utilizando modelos de decisión. g) Fundamentos de los modelos estándar de coste-pérdida; el valor económico de las predicciones. h) Extensión del modelo estándar de coste-pérdida; aplicaciones de los modelos de decisión. i) Técnicas de estimación de beneficios económicos. j) Comercialización de los productos y servicios meteorológicos. |
| Hidrología general e hidrometeorología | <ul style="list-style-type: none"> a) Desarrollo de la hidrología. b) Precipitación. c) Evaporación y evapotranspiración. d) Recursos de aguas subterráneas. e) Recursos de aguas superficiales. f) Balance hídrico. g) El ciclo hidrológico; la hidrometeorología. |
| Oceanografía general y meteorología marina | <ul style="list-style-type: none"> a) Nociones de oceanografía física. b) Introducción a la dinámica del océano. c) Corrientes inducidas por el viento; transferencia de la turbulencia; circulación termohalina. d) Las olas en la superficie; oscilaciones de la interfase aire-mar. e) Mareas. f) Balance de calor del océano. g) Interacción entre el mar y la atmósfera. h) Plataformas e instrumentos de medida. i) Aplicaciones meteorológicas. |
| Meteorología de la alta y media atmósfera | <ul style="list-style-type: none"> a) Subregiones de la alta atmósfera. b) Radiación solar en la alta atmósfera; 'meteorología' espacial. c) Química de la alta atmósfera; ozono estratosférico. d) Transferencia radiativa. e) Mareas atmosféricas; fenómenos geomagnéticos; la ionosfera. f) Dinámica de la estratosfera y de la mesosfera. |

Métodos numéricos de modelización matemática

- a) Método básico de las diferencias finitas.
- b) Sistemas de ecuaciones.
- c) Métodos espectrales y otros.
- d) Métodos semilagrangianos.
- e) Condiciones de contorno.

3.5 DESPUÉS DEL PIB-M

La culminación del PIB-M es solo el primer paso en el desarrollo profesional de los individuos que siguen una carrera en meteorología. Las actualizaciones rutinarias y la formación profesional de repaso serán consiguientemente imprescindibles para mantenerse en contacto con el desarrollo continuo de las ciencias atmosféricas y de los rápidos avances tecnológicos.

La progresión en la carrera profesional de los niveles de posición intermedia y superior necesita una experiencia práctica demostrada y una instrucción especializada adicional que amplíe los grados de conocimiento y comprensión científicos ofrecidos por el PIB-M. Algunas posiciones de nivel superior, por ejemplo en la investigación y desarrollo, requieren normalmente estudios a nivel formal de postgrado en meteorología o en un campo relacionado. Otras posiciones, especialmente las de gestión en los niveles intermedio y superior, pueden requerir grados avanzados en administración de negocios, economía o mercadotecnia, complementados con una base técnica en meteorología.

Sin embargo, además de la formación formal e informal, para la progresión en la carrera profesional es imprescindible un individuo que demuestre continuamente una competencia técnica cada vez mayor en el trabajo, y que también dé muestras de liderazgo, voluntad y capacidad de adquirir habilidades fuera de la meteorología, evidencias de habilidades en la gestión, y la voluntad de tener más responsabilidades

ANEXO

EJEMPLO DE CURSO DE FORMACIÓN DE METEOROLOGÍA DINÁMICA

- Dinámica de fluidos básica* Campos escalares y vectoriales; teoremas de Gauss y de Stokes; cinemática de campos de flujo; derivada material; velocidades de cambio eulerianas y lagrangianas; conservación de la masa, del momento lineal y de la energía. Ecuaciones de Navier-Stokes. Sistemas de referencia en rotación; ecuaciones del movimiento expresadas en coordenadas esféricas; aproximaciones preliminares a las ecuaciones expresadas en coordenadas esféricas; parámetro de Coriolis; geometría del plano tangente; aproximaciones de los planos f y β .
- Aproximaciones hidrostática y geostrófica* Análisis escalar de los sistemas meteorológicos macroescalares de las latitudes medias. Número de Rossby; equilibrio hidrostático y geostrófico; flujo inercial; flujo ciclostrofico; viento del gradiente y equilibrio del viento del gradiente en un vórtice circular estacionario. Cizalladura vertical del viento geostrófico; viento térmico; coordenadas de presión y altura geopotencial.
- La vorticidad y las ecuaciones termodinámicas de la energía* Teorema de la circulación de Bjerknes; función de corriente y potencial de velocidades; teorema de Helmholtz; trayectorias y líneas de corriente; coordenadas naturales. Vorticidad y ecuación de la vorticidad; relación entre las vorticidades absoluta y relativa; mecanismos principales de generación y variación de la vorticidad. Formulación meteorológica del Primer Principio de la Termodinámica; forzamiento diatérmico en las atmósferas media e inferior; movimiento adiabático; conservación de la temperatura potencial.
- Ondas atmosféricas; inestabilidad baroclínica y barotrópica* Aproximación de Boussinesq; frecuencia (empuje ascensional) de Brunt-Väisälä; teorema de Taylor-Proudman; aproximación cuasigeostrofica. Ecuación de la tendencia del geopotencial. Ecuación omega; movimiento vertical; cancelación entre los términos de forzamiento; interpretación alternativa; diagnóstico del movimiento vertical utilizando el vector Q . Conservación de la vorticidad potencial cuasigeostrofica en flujos adiabáticos sin rozamiento. Ecuación general de la vorticidad potencial de Ertel-Rossby; anomalías de la vorticidad potencial en los procesos de ciclogénesis; papel del calentamiento diatérmico como fuente o sumidero de vorticidad potencial; interacciones no lineales; aproximación con valores iniciales, principio de invertibilidad; utilización de la ecuación del viento del gradiente como condición de equilibrio para determinar el campo de viento y de masa a partir de la distribución de vorticidad potencial.
- Energética de la circulación general* Comportamiento cuasilineal de los movimientos atmosféricos; teoría de las pequeñas perturbaciones; ecuación clásica de ondas; relaciones de dispersión; velocidades de fase y de grupo. Tipos de ondas simples: la acústica y las ondas de sonido; ondas gravitatorias en aguas someras; ondas gravitatorias internas (empuje ascensional); ondas de inercia-gravedad, oscilaciones de inercia. Ondas barotrópicas (de Rossby); propagación hacia el oeste; efecto beta; dispersión fuerte. Inestabilidad baroclínica; modelos de Eady y de Charney; influencia estabilizadora del efecto beta en las ondas largas y de la estabilidad estática en las ondas cortas. Inestabilidad barotrópica; criterio de Rayleigh-Kuo para una corriente zonal básica con cizalladura meridional horizontal; distribución estable e inestable del campo de vorticidad absoluta.
- Dinámica de la estratosfera; física y química* Energías cinética, potencial e interna; relación entre las energías potencial e interna en un flujo cuasiestático; energía potencial disponible; teoremas de conservación. Ecuaciones de la energía para una atmósfera confinada en un canal zonal en un plano f , con paredes laterales rígidas. Conversión de la energía potencial

disponible en energía cinética; generación de energía potencial disponible. Tratamiento de la energía potencial disponible y de la energía cinética en sus formas zonal y turbulenta, y su interacción. Impulso total; dinámica de las circulaciones zonalmente simétricas. Papel selectivo de las distintas escalas de los movimientos atmosféricos; generación, conversión y transferencia de energía en función del número de ondas. Introducción a la predicción del tiempo y del clima; no linealidad, complejidad, caos, y atractores extraños.

*Dinámica de la estratosfera;
física y química*

Interacciones dinámicas entre la estratosfera y la troposfera, ondas planetarias cuasiestacionarias y ultralargas; ondas planetarias que se propagan verticalmente. Energética de la estratosfera inferior; calentamiento brusco estratosférico; ondas en la estratosfera ecuatorial; ondas de Kelvin y ondas mixtas de Rossby-gravedad; oscilación cuasibienal; capa de ozono; balance de calor en la estratosfera. Transporte de productos químicos; la circulación troposfera-estratosfera de Brewer-Dobson (ecuador-polos) y la circulación estratosfera-mesosfera en los solsticios (polos de verano e invierno). 'Nubes estratosféricas polares' antárticas; fotólisis de los clorofluorocarbonos fabricados por el hombre (CFC) debido a la radiación ultravioleta; mezcla de procesos químicos, dinámicos y de transporte que originan agujero(s) en la capa de ozono estratosférico.

*Predicción numérica del
tiempo (PNT)*

Diferencias finitas y errores de truncamiento, exactitud, consistencia, estabilidad, convergencia, diferenciación respecto al tiempo y al espacio. Solución numérica de las ecuaciones de Laplace, Poisson y Helmholtz utilizando métodos de iteración; técnicas de relajación. Introducción a los métodos espectrales, armónicos esféricos, métodos de transformación, aproximación semilagrangiana. Modelos de ecuaciones primitivas: variables del modelo; inclusión de los efectos de la humedad y de la radiación; condiciones de contorno e iniciales. Análisis objetivo y asimilación de datos; método de la interpolación óptima, métodos variacionales; inicialización dinámica, inicialización no lineal del modo normal; asimilación de datos en 4-D. Modelos operativos comunes: modelos globales, regionales y locales; ecuaciones del modelo; sistemas de coordenadas y formulación numérica; parametrización de los procesos físicos. Predicciones por conjuntos; variaciones internas imprevisibles. Aplicación de productos de modelos a la predicción de parámetros rutinarios y acontecimientos específicos; deficiencias y fuentes de error en los modelos; el papel del predictor humano.

*Sugerencias para el trabajo de
laboratorio y ejercicios
prácticos*

Demostración física de los conceptos dinámicos: teorema de Bernoulli, vorticidad, números de Reynolds, de Rossby, de Richardson y de Burger. Ondas y turbulencia. Corrientes de densidad, térmicas y penachos convectivos, convección celular en una capa estable de fluido, giro ascendente de un fluido en rotación, ondas baroclínicas en anillos giratorios calentados, ondas superficiales de gravedad y ondas barotrópicas de Rossby. Información y tecnología de las comunicaciones y sistemas de proceso de datos; arquitectura informática, visualización, y trabajo en red; técnicas y lenguajes de programación. Métodos numéricos, errores de redondeo, fórmulas de diferencias finitas, método trapezoidal de integración, sistemas lineales tridiagonales; ecuaciones de difusión 1-D y de advección 1-D. Conservación de la vorticidad potencial cuasigeostrófica, ecuación omega cuasigeostrófica, aproximación del vector Q para campos de movimiento vertical, inestabilidad baroclínica y modelo de Eady. Solución numérica de la ecuación de la vorticidad barotrópica. Métodos euleriano, lagrangiano y espectral, proceso vectorial y en paralelo; aplicación de la asimilación de datos, PNT; otras simulaciones por ordenador.

CAPÍTULO 4

PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA TÉCNICOS EN METEOROLOGÍA (PIB-TM)

Materias necesarias de las ciencias básicas

Materias obligatorias de meteorología general

Materias optativas de meteorología operativa

Después del PIB-TM

Ejemplo de curso de formación de meteorología aeronáutica:
nivel de técnico

Los Técnicos en Meteorología pueden realizar una amplia variedad de tareas, que incluyen las de llevar a cabo y transmitir las observaciones y medidas del tiempo y del clima; efectuar el mantenimiento rutinario de los equipos de observación; asistir a los Meteorólogos en la preparación de análisis y predicciones; responder a cuestiones rutinarias para informar a usuarios y clientes, etc. Habitualmente, los SMN también utilizan el servicio de otro género de técnicos para instalar, mantener y mejorar los sofisticados sistemas de observación y también los equipos de información y tecnología de las comunicaciones; sin embargo, sus cualificaciones iniciales serían diferentes a las de los Técnicos en Meteorología.

Este capítulo describe el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (PIB-TM). Se relacionan los temas fundamentales (apartados *a*), *b*), *c*), ... de cada disciplina) que son imprescindibles para adquirir el conocimiento y las habilidades necesarias para el trabajo en el nivel inicial o de principiante. En una publicación adicional del Departamento se ofrecerán ejemplos detallados de programas de cursos para cada una de las materias fundamentales de cada disciplina. En el anexo de este capítulo se ilustra un ejemplo de curso de formación de meteorología aeronáutica.

El nivel de instrucción y la profundidad de cobertura de las materias del PIB-TM tendrían que ser equivalentes a los utilizados en la enseñanza postsecundaria o en las escuelas técnicas que preparan a individuos para carreras tales como las de técnicos en electrónica, mecánica o química. Muchas de las materias requerirán tanto la formación en el aula como la experiencia de la participación activa en el laboratorio y/o la experimentación práctica sobre el terreno

- 4.1 **MATERIAS NECESARIAS DE LAS CIENCIAS BÁSICAS** Cualquier individuo que se inicia en el programa PIB-TM debería haber completado la enseñanza general, elemental u obligatoria, y tendría que poseer una formación básica en matemáticas y ciencias físicas que incluyese álgebra elemental, geometría plana simple y trigonometría, así como también física y química generales. Si la educación adquirida no ha proporcionado esta base de conocimientos, el individuo debería emprender, entonces, las tareas de preparación necesarias antes de comenzar el programa PIB-TM.

Esta sección perfila las materias imprescindibles en matemáticas, ciencias físicas e informática que se necesitan para desarrollar la base general de conocimientos y las habilidades que cabe esperar de cualquier técnico en meteorología. La culminación de esas materias resulta también esencial para permitir la correcta instrucción meteorológica y formación profesional en el empleo que se desea adquirir con el PIB-TM apropiado.

- Matemáticas
- a) Repaso de álgebra, geometría y trigonometría elementales.
 - b) Introducción al cálculo diferencial e integral.
 - c) Estadística elemental.
 - d) Introducción a la tecnología de la información

- Física
- a) Mecánica básica.
 - b) Naturaleza de los fluidos; calor.
 - c) Acústica y óptica.
 - d) Electricidad y magnetismo

- Química
- a) Conceptos básicos de química.
 - b) Elementos de bio y geoquímica.

- Habilidades de comunicación
- a) Expresión y habilidades de comunicación: trabajo de curso y actividades prácticas para desarrollar la exposición oral y escrita y las habilidades de comunicación

- 4.2 **MATERIAS OBLIGATORIAS DE METEOROLOGÍA GENERAL** Las materias que se describen en este capítulo ofrecen una visión general de la meteorología en su conjunto, además de una introducción a los métodos de observación y medida y a la instrumentación. Estas materias, obligatorias en cualquier programa PIB-TM, están orientadas para facultar a los alumnos en el desempeño satisfactorio al nivel inicial o de principiante en el trabajo.

- Introducción a la física y a la meteorología dinámica
- a) El Sol, la Tierra y la radiación electromagnética.
 - b) Introducción a la termodinámica de la atmósfera.
 - c) Humedad atmosférica; proceso de condensación.
 - d) Movimientos atmosféricos; flujo geostrofico.
 - e) Elementos de óptica y electricidad atmosféricas.

- Elementos de meteorología sinóptica y de climatología
- a) Observación de la atmósfera y de los océanos de la Tierra.
 - b) Tecnología de la información; proceso de datos operativos.
 - c) Masas de aire; ciclones y anticiclones.
 - d) Introducción al método de análisis sinóptico.
 - e) Climatología general; aplicaciones rutinarias.
 - f) Medidas climatológicas.
 - g) Organización de la meteorología.

- Instrumentos meteorológicos y métodos de observación
- a) Nociones de observación e instrumentación meteorológicas.
 - b) Realización de las observaciones.
 - c) Control de calidad, cifrado y transmisión de observaciones.
 - d) Operación y mantenimiento de la instrumentación.
 - e) Estaciones de observación automáticas.

- 4.3 **MATERIAS OPTATIVAS OPTATIVAS DE METEOROLOGÍA OPERATIVA** Las opciones que se enumeran a continuación conciernen a los conocimientos fundamentales para la especialización en el nivel inicial de trabajo. Cada alumno elegirá una opción, que pasará, por consiguiente, a ser obligatoria para aquél. Se sobreentiende que las clases se verán acompañadas y/o seguidas de amplias prácticas de laboratorio y

sobre el terreno, supervisadas por instructores con experiencia en las disciplinas pertinentes, sin menoscabo de los requisitos futuros de trabajo del alumno.

- | | |
|--|---|
| Observaciones y medidas sinópticas | <ul style="list-style-type: none"> a) Temperatura de la superficie; presión; humedad; viento. b) Precipitación; evaporación; visibilidad; nubes; niebla. c) Insolación y radiación. d) Hidro, lito, foto y electrometeoros; tiempo pasado y presente. e) Observaciones del aire en altitud. |
| Otras observaciones y medidas especializadas | <ul style="list-style-type: none"> a) Observaciones y medidas marinas. b) Observaciones agrometeorológicas y biológicas. c) Medidas de química atmosférica. |
| Teledetección atmosférica | <ul style="list-style-type: none"> a) Satélites meteorológicos. b) Radar meteorológico. c) Lidar y sodar. d) Espectrofotómetro de ozono. e) Sondeos especiales; cohetes meteorológicos. |
| Meteorología aeronáutica para técnicos | <ul style="list-style-type: none"> a) Técnicas de observación. b) Fenómenos adversos. c) Aspectos meteorológicos de la planificación del vuelo. d) Informe, cifrado y distribución de la información meteorológica. e) Definiciones. f) Procedimientos de los servicios meteorológicos para la aviación internacional. g) Servicios de tránsito aéreo. h) Operación de aeronaves. i) Telecomunicaciones aeronáuticas. j) Documentación de la OMM. k) Documentación de la OACI. |

4.4

DESPUÉS DEL PIB-TM

El PIB-TM proporciona la base necesaria para iniciar una carrera técnica en la meteorología. Los individuos que siguen este desarrollo de la carrera necesitarán actualizaciones periódicas y una formación profesional de repaso junto con una instrucción formal especializada añadida que asiente y extienda los grados de conocimiento y de comprensión adquiridos con el PIB-TM. Esta instrucción también podría implicar temas complementarios orientados a materias tales como la cultural general, la comunicación oral y escrita y las habilidades de presentación, incluyendo puntualmente comunicación en una de las lenguas internacionales comúnmente usadas.

También se contempla que la instrucción formal de los técnicos de nivel intermedio y/o avanzado pueda incluir materias propias de los campos de especialización ya descritos en el Capítulo 3 para el PIB-M, pero adaptados al conocimiento del nivel de técnicos y a las necesidades prácticas de las instituciones donde estos trabajan (como los SMN). Por ejemplo, muchas materias de los programas de estudios del PIB-M de meteorología agrícola, biometeorología, meteorología marina, meteorología económica, meteorología urbana y contaminación del aire, modificación artificial del tiempo, etc., pueden ser adaptadas fácilmente al caso de la formación en el nivel de técnicos. Naturalmente, el tratamiento de esos temas se centrará principalmente en la aplicación más que en aspectos teóricos.

Por último, además de la instrucción formal e informal, la progresión en la carrera profesional de los técnicos de nivel superior requiere que el individuo demuestre una aptitud técnica en el trabajo cada vez mayor, y una voluntad de adquirir más responsabilidad (por ejemplo, en el diseño, puesta en marcha o supervisión de redes, en los sistemas y estándares de observación, y en otras actividades que resulten pertinentes).

ANEXO

EJEMPLO DE CURSO DE FORMACIÓN DE METEOROLOGÍA
AERONÁUTICA: NIVEL DE TÉCNICO

(Basado en un extracto de la publicación OMM–Nº 258, tercera edición, revisado por N. Gordon, Presidente de la Comisión de Meteorología Aeronáutica de la OMM y T. Fox, Director de Meteorología Aeronáutica de la OACI)

Las observaciones con fines aeronáuticos son sustancialmente diferentes de las llevadas a cabo con fines sinópticos. Las observaciones sinópticas pretenden ser representativas del tiempo en un área extensa, y se realizan regularmente en horarios espaciados en intervalos de varias horas. Las observaciones meteorológicas con fines aeronáuticos se efectúan para satisfacer los requisitos de operatividad aeronáutica, y pretenden ser representativas del tiempo en un aeródromo o de los parámetros meteorológicos particulares en áreas limitadas adyacentes o próximas a las pistas. Desde el punto de vista rutinario, estas observaciones se realizan con mayor frecuencia que las observaciones sinópticas, al igual que ocurre desde una perspectiva no rutinaria con objeto de cubrir cambios significativos en el tiempo y para satisfacer los requisitos de los pilotos y de los servicios de tránsito aéreo.

El programa de estudios que se presenta a continuación complementará el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (PIB-TM) proporcionado en las secciones 4.1 y 4.2 del Capítulo 4. Los cuatro primeros apartados se refieren al conocimiento meteorológico; los cinco siguientes apartados, al conocimiento de la aviación; y los dos últimos apartados, a la documentación reglamentaria básica y publicaciones conexas de la OMM y de la OACI. Los técnicos en meteorología aeronáutica necesitan tener un conocimiento sólido de:

Técnicas de observación Dirección y velocidad del viento en superficie, incluyendo cambios y variaciones. Visibilidad y alcance visual en la pista, incluyendo variaciones espaciales y temporales en las observaciones del AVP, por medios visuales o por uso de instrumentos automáticos tales como el transmisómetro y el dispersómetro de dispersión avanzada. Cantidad, altura y tipo de las nubes, y sus variaciones espaciales y temporales; visibilidad vertical, observaciones mediante instrumentos automáticos como el ciclómetro. Mediciones de la presión con el objeto de determinar el QFE y el QNH.

Fenómenos adversos Englamamiento de aeronaves; conocimiento elemental de los tipos de englamamiento; formación, velocidades de acreción y asociación del englamamiento con las nubes, precipitación engelante, ascensos orográficos y frontales. Turbulencia: conocimientos elementales de la turbulencia junto al suelo relacionada con la topografía, estabilidad de masas de aire, nubes, frentes y tormentas. Conocimiento elemental de la turbulencia en altura (TAC) y su conexión con las corrientes en chorro. Cizalladura del viento. Ceniza volcánica.

Aspectos meteorológicos de la planificación del vuelo Bases meteorológicas del vuelo isobárico; requisitos meteorológicos de temperaturas y vientos en ruta; pronósticos del tiempo y de aeródromo. Interpretación de pronósticos de área, de ruta y de terminal, y preparación de material para llevar a cabo exposiciones verbales a las tripulaciones de vuelo.

Informe, cifrado y distribución de la información meteorológica Conocimiento completo de las claves meteorológicas internacionales relacionadas con las observaciones, tales como METAR, SPECI, SYNOP, PILOT y TEMP, y con los pronósticos aeronáuticos, tales como TAF y ROFOR. Conocimiento de los procedimientos para la distribución de información meteorológica en el aeródromo, incluyendo las necesidades especiales de las unidades de ATC. Conocimiento de los procedimientos para la preparación de formularios en lenguaje claro de mensajes meteorológicos.

- Definiciones** Informe meteorológico, observación. Visibilidad, alcances visuales en la pista. Altitud, elevación, altura, elevación del aeródromo, nivel de vuelo y nivel de transición. Mínimos meteorológicos de aeródromo, pista de vuelo por instrumentos, área de aterrizaje. Pronóstico de aterrizaje, pronóstico de aeródromo, predicción, pronóstico de área GAMET, SIGMET y AIRMET (información), exposición verbal meteorológica, informe aéreo regular y especial. Explotador, representante local del explotador, piloto al mando.
- Procedimientos de los servicios meteorológicos para la aviación internacional** Organización del servicio meteorológico y, en particular, de las funciones de los distintos tipos de oficinas meteorológicas. Estaciones meteorológicas aeronáuticas y sus funciones, observaciones e informes regulares locales y especiales, informes en las claves METAR y SPECI. Vigilancia meteorológica. Observaciones requeridas por las aeronaves y procedimientos relativos a la distribución de tierra a tierra de estas observaciones. Introducción a las responsabilidades de la OACI y de la OMM en el campo de la meteorología aeronáutica.
- Servicios de Tránsito Aéreo (ATS)** Peticiones de servicios meteorológicos, incluyendo tipos de información meteorológica requerida por las distintas unidades de los servicios de tránsito aéreo y la actualización de esta información por medio de dispositivos duplicados en las unidades de ATS, o por transmisión inmediata de datos efectuada por la oficina o estación meteorológica. Familiaridad con los requisitos especiales relativos a las operaciones en las Categorías II y III, particularmente con respecto a la información sobre el alcance visual en la pista y la base de las nubes, así como cualquier otro requisito local específico de los usuarios aeronáuticos sobre información meteorológica.
- Operación de aeronaves** Planificación del vuelo. Obligaciones de los funcionarios de operaciones de vuelo en el ejercicio de control de operaciones. Ayudas a la navegación y al aterrizaje. Efectos de la densidad del aire, engelamiento, turbulencia, viento, cizalladura del viento y ceniza volcánica en el rendimiento de las aeronaves. Procedimientos de reglaje del altímetro, atmósfera tipo. Características de rendimiento incluyendo consumo de combustible de las aeronaves de aviación civil; características de las aeronaves a hélice, turbo-hélice y a turbo-reacción y, si procede, supersónicas. Efectos de los distintos fenómenos meteorológicos sobre las operaciones aeronáuticas y los servicios en tierra de los aeródromos.
- Telecomunicaciones aeronáuticas** Conocimiento elemental de la organización general de las telecomunicaciones aeronáuticas, buen conocimiento práctico del funcionamiento del servicio fijo aeronáutico (particularmente, la RSFTA y la ATN), y de cualesquiera emisiones especiales y/o redes regionales de telecomunicación aplicables a la región interesada, por ejemplo AMBEX y ROBEX. Tal conocimiento debería incluir: encabezamiento de mensajes, dirigir mensajes, prioridades de los mensajes y cualquier procedimiento regional apropiado. Los técnicos en meteorología deberían estar al corriente de las abreviaturas de la OACI usadas en mensajes enviados mediante los Servicios Fijos Aeronáuticos (SFA). Deberían saberse de memoria las abreviaturas utilizadas con más frecuencia.
- Documentación de la OMM** *Reglamento Técnico* (OMM–Nº 49), Vol. II — Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional. *Manual de Claves* (OMM–Nº 306). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos* (OMM–Nº 8). *Informes meteorológicos* (OMM–Nº 9).
- Documentación de la OACI** Anexo 3 — *Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional. Procedimientos Suplementarios Regionales* (Doc. 7030). *Procedimientos para los Servicios de la Navegación Aérea — Abreviaturas y Códigos de la OACI* (PANS-ABC, Doc. 8400). *Indicadores de Lugar* (Doc. 7910). *Manual de Métodos Meteorológicos Aeronáuticos* (Doc. 8896). *Manual de Métodos para la Observación y la Información del Alcance Visual en la Pista* (Doc. 9328). *Manual sobre Coordinación entre los Servicios de Tránsito Aéreo, el Servicio de Información Aeronáutica (SIA) y los Servicios de Meteorología Aeronáutica* (Doc. 9377) y *Planes Relevantes de Navegación Aérea* (ANP y FASID).

Nota: Algunas administraciones de aviación civil autorizan a los empleados del ATS, en circunstancias específicas, a realizar observaciones meteorológicas en un aeródromo. Según se señala en el Anexo I de la OACI (Licencias al Personal), los programas de estudios de formación de los empleados del ATS involucrados deberían complementarse con las partes que correspondan del programa de estudios del técnico en meteorología aeronáutica que se describe en los apartados *a)* a *d)* reseñados con anterioridad.

CAPÍTULO 5

ENSEÑANZA Y FORMACIÓN PROFESIONAL PERMANENTES (EFP)

Introducción

Conceptos básicos

¿Cómo obtener lo máximo de la EFP?

Métodos de la EFP

Algunas tendencias en la EFP

Comentarios finales

Para comprender la importancia de la EFP es necesario considerar, en primer lugar, cómo y por qué cambian las organizaciones, y cómo puede gestionarse este cambio. Esto conduce al concepto de 'organización del aprendizaje'. Lo fundamental de este concepto está en la emancipación de las personas y en la necesidad que tienen de buscar oportunidades de aprendizaje. El consiguiente cambio en la cultura solo es posible si existe un compromiso pleno de tal reordenación a través de toda la organización.

Cada vez es más evidente que las organizaciones solo obtienen éxito si emplean al máximo la creatividad y el potencial de aprendizaje de las personas que integran cada organización. Para llevar esto a cabo, es necesario aportar un enfoque estratégico a la identificación de las necesidades de formación profesional y de desarrollo. También los procedimientos y los sistemas necesitan estar en disposición de asegurar que la organización tenga un compromiso claro de formación y desarrollo, que lleve a cabo programas de formación y desarrollo apropiados, que adopte las medidas oportunas para poner en marcha tales planes y que evalúe la eficacia de las actividades.

En este capítulo, conceptos tales como formación profesional, desarrollo y desarrollo profesional permanente se utilizarán para ilustrar las formas en las que las personas que integran una organización, tal como un SMN, pueden mejorar su rendimiento y desarrollar sus carreras profesionales. Sin embargo, estos conceptos deberían considerarse en el contexto del aprendizaje de toda la vida: el proceso por el cual las personas continúan participando de actividades formales e informales de aprendizaje a lo largo de toda su vida laboral.

5.1 INTRODUCCIÓN El cambio es un proceso natural en todas las organizaciones. Ciertamente, sin cambio es difícil que una organización pueda continuar teniendo éxito.

Factores que afectan a los SMN Los cambios que afectan a los SMN pertenecen a tres grandes categorías:

- Cambios asociados con la evolución de la tecnología que permiten hacer mejor 'las cosas de siempre' (o sea, con mayor eficacia y eficiencia) y que ahora puedan realizarse 'cosas nuevas' que antes resultaba imposible llevar a cabo.
- Cambios que provienen de nuestra mejor comprensión de los procesos físicos que tienen lugar en el sistema terrestre, lo que refuerza el desarrollo de nuevos productos y servicios.
- Cambios asociados con el marco político, económico y jurídico en el que funcionan los SMN.

Los siguientes constituyen ejemplos concretos de los factores que influyen en el modo de funcionamiento de los SMN:

- El creciente uso de la tecnología para proporcionar tanto observaciones terrestres como desde el espacio; estas observaciones están aumentando en calidad y en cantidad.
- La mejor comprensión de los procesos que tienen lugar en la atmósfera y en los océanos, y una mayor destreza en el uso de modelos numéricos para predecir el tiempo hasta con diez días de antelación aproximadamente y para simular el sistema climático constituido por la atmósfera y el océano.
- La mejor utilización de las estaciones de trabajo para presentar y manipular la información meteorológica.
- La creciente aplicación de nuevos datos, nuevos modelos y nuevas técnicas de investigación y de predicción para ofrecer servicios meteorológicos beneficiosos para el usuario.
- El aumento de la presión, por parte de numerosos gobiernos, para comercializar y/o recuperar costes.
- El suministro, cada vez mayor, de servicios meteorológicos por el sector privado.
- La creciente participación de los servicios regionales dentro de un mismo país (a nivel de estados o de provincias, por ejemplo) en la red de observación y en el suministro de servicios meteorológicos para los usuarios finales.
- La creciente cooperación interdisciplinaria entre las ciencias de la Tierra.

Debería destacarse que, en las últimas décadas, ha habido un incremento en el ritmo con el que los SMN han necesitado cambiar, como resultado de los rápidos desarrollos en la tecnología de la información y las telecomunicaciones y del fenómeno de la globalización.

Ya que el cambio es natural e inevitable, tanto para las organizaciones como para las personas, sería deseable que se planificase y se gestionase más que como una mera respuesta ante una crisis. Esto requiere una cultura de aprendizaje y de desarrollo dentro de la organización. El resultado es una línea de trabajo flexible y sensible que sea capaz de responder al cambio de forma positiva y que también contribuya activamente a crear el cambio.

La organización del aprendizaje Una organización que sepa gestionar el cambio, para que siempre se encuentre en armonía con la tecnología cambiante y con el entorno en el que funciona, obtendrá beneficios estratégicos. La necesidad de una organización para cambiar de este modo ha conducido al concepto de la 'organización del aprendizaje'. Algunas de las características de una organización del aprendizaje son las siguientes:

- Los individuos buscan oportunidades de aprendizaje.
- La formación profesional se centra en aprender.
- La norma es la emancipación de los individuos.
- Se fomenta el trabajo en equipo.

- Se eliminan las reglas burocráticas.
- Se facilita la retroalimentación en el rendimiento.
- Se toleran los errores en interés del aprendizaje.

La conversión en una organización del aprendizaje requiere, a menudo, un cambio completo de la mentalidad. Ciertamente, puede que necesite reordenarse la totalidad de la estructura y del funcionamiento de la organización. Hay que reconocer, sin embargo, que esto no puede llevarse a cabo satisfactoriamente sin un pleno compromiso para el proceso a través de toda la organización.

Hay muchos factores que deben analizarse si una organización quiere convertirse en una organización del aprendizaje. Estos factores tratan de cuestiones tales como la estrategia y la visión de futuro, la práctica ejecutiva y administrativa, la estructura del trabajo, y el flujo de la información. Con referencia a la formación profesional y al desarrollo, podrían plantearse las siguientes preguntas:

- La organización, ¿es proactiva a la hora de identificar los requisitos futuros de habilidades y de ofrecer la enseñanza y formación profesional necesarias para cumplir esos requisitos?
- La organización, ¿anima y promueve actividades planificadas de desarrollo profesional?
- La identificación de las necesidades de formación y de desarrollo profesional, ¿está integrada en el proceso de evaluación de la organización?

Parece poco dudoso que, en estos tiempos de cambio e incertidumbre, los SMN puedan beneficiarse de responder 'sí' a estas preguntas y avanzar hacia su conversión en una organización del aprendizaje.

Enfoque estratégico de la formación profesional y el desarrollo

En 1993 la Real Sociedad de Artes del Reino Unido elaboró un informe denominado 'La Compañía del Futuro'. De este informe conviene destacar que:

- El centro de gravedad en el éxito comercial ya se está desplazando desde la posición de explotación de los activos físicos de una compañía a la ejecución de la creatividad y del potencial de aprendizaje de todas las personas con quienes tiene contacto.
- La enseñanza y formación profesional se está considerando menos como motivo de gasto y más como condición previa para el éxito competitivo.

Además, hay que resaltar que las compañías necesitan esforzarse en el desarrollo y utilización del pleno potencial de sus empleados con el fin de:

- Anticiparse y responder al cambio en los modelos de empleo y en las expectativas de las personas.
- Apoyar y motivar a los individuos para que desarrollen sus capacidades.
- Adaptar sus estructuras organizativas para posibilitar el uso eficaz de la contribución de las personas.

Si este análisis es correcto, resulta esencial incorporar un enfoque estratégico en la planificación de la EFP. Esto es tan aplicable a un SMN como a una compañía comercial.

Podría lograrse una buena práctica en la enseñanza y formación profesional permanentes de los empleados si los SMN:

- Tienen un compromiso claro con el desarrollo de la carrera profesional de sus empleados.
- Planifican el desarrollo de sus empleados.
- Ponen en marcha acciones para desarrollar a sus empleados.
- Evalúan las actividades de desarrollo.

La tabla 5.1 proporciona una indicación de la forma en que una organización puede demostrar que sigue una buena práctica en la enseñanza y formación profesional permanentes de sus empleados.

Estas consideraciones ponen de relieve que la EFP ha de situarse dentro de un contexto organizativo. Sin embargo, para el éxito a largo plazo, debería de existir una asociación que considere la totalidad de los objetivos y aspiraciones del individuo, así como los requisitos de la organización. La enseñanza y formación profesional permanentes de los individuos requiere dirección, apoyo y reconocimiento desde el interior de la propia organización.

<i>Principio</i>	<i>Indicador</i>
<p>Compromiso Existe el compromiso desde las instancias jerárquicas superiores de desarrollar a todos los empleados para lograr los objetivos organizativos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La organización ha considerado que los empleados de todos los niveles contribuirán al éxito de la organización. • Esta circunstancia les ha sido comunicada de forma efectiva a los empleados.
<p>Planificación Las necesidades y los planes de formación profesional y desarrollo de todos los empleados se revisan de forma regular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un plan escrito identifica los recursos a utilizar para satisfacer las necesidades de formación profesional y desarrollo. • Se establecen los objetivos de las acciones de formación profesional y desarrollo a nivel de la propia organización, del individuo y de equipo.
<p>Acción La acción se lleva a cabo para desarrollar y formar a los individuos tanto en la incorporación a la organización como a lo largo y ancho de su trayectoria laboral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los nuevos empleados se introducen de forma efectiva en la organización, y a todos los nuevos empleados que acceden a un puesto de trabajo se les ofrece la formación y el desarrollo que necesitan. • A todos los empleados se les anima a atender las necesidades de formación y desarrollo relacionadas con su trabajo.
<p>Evaluación La inversión en formación profesional y desarrollo se evalúa para asegurar el logro y mejora de la eficacia en el futuro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El responsable de gestión comprende el elevado coste que supone el desarrollo y formación de sus empleados. • Las acciones se llevan a cabo para poner en marcha las mejoras en la formación y el desarrollo que se identificaron como resultado de la evaluación.

Tabla 5.1 — Indicadores de si una organización está siguiendo la práctica correcta de la EFP

5.2	CONCEPTOS BASICOS	Con la finalidad de describir el papel de la EFP es importante que se comprenda el significado de conceptos tales como enseñanza, enseñanza formal o reglada y no formal, formación profesional o competencia.
	Enseñanza y Formación Profesional Permanentes (EFP)	Las siguientes definiciones podrían resultar ser útiles, aunque no son las únicas.
	<i>Educación</i>	Proceso de aprendizaje en el que la transferencia del conocimiento y el desarrollo del pensamiento crítico constituyen los principales objetivos. De forma progresiva el proceso educativo va centrando su atención en el proceso por el que el alumno llega a conocer, comprender y ser capaz de aplicar los grados de conocimiento y comprensión acumulados en un campo particular de estudio.
		Parte de este aprendizaje se adquiere de forma no estructurada y caótica, y depende del entorno sociocultural en el que viven las personas. En ocasiones esto se conoce como 'enseñanza informal'. En el caso de los niños, buena parte de esto ocurre en el seno familiar pero hay también muchas influencias externas. Aunque la enseñanza informal

es un proceso permanente, tiene su mayor influencia en el comportamiento durante la infancia. Es independiente del trabajo o de la profesión del individuo.

La enseñanza que forma parte de un proceso planificado y sistemático puede dividirse en 'enseñanza formal o reglada' y 'enseñanza no formal'.

Enseñanza institucional Es la enseñanza que se ofrece en un sistema regulado y altamente estructurado (por ejemplo, en escuelas e instituciones académicas).

Enseñanza no institucional Es la enseñanza que se ofrece después de que un individuo ha dejado la enseñanza institucional y/o ha asumido responsabilidades de adulto. La enseñanza permanente consiste sobre todo en enseñanza no formal, aunque en ocasiones la enseñanza institucional o formal puede desempeñar algún papel.

Enseñanza permanente El aprendizaje que se ofrece después de que un individuo ha dejado la enseñanza institucional y ha ingresado en un empleo y/o asume responsabilidades de adulto, en las que la transferencia de conocimiento constituye el principal de los objetivos.

La enseñanza permanente puede ofrecerse de muchas formas distintas (por ejemplo, cursos de corta duración, seminarios, talleres de trabajo, congresos) y normalmente apunta hacia las necesidades específicas del individuo y/o del organismo en el que trabaja. Una vez que se han definido diversos aspectos sobre la enseñanza, resulta apropiado definir la formación profesional

Formación profesional Un proceso planificado de aprendizaje directo enfocado en el logro de objetivos de rendimiento específicos asociados con un cierto empleo. La formación profesional puede modificar el conocimiento, las habilidades y las actitudes. La formación profesional a menudo se concentra en impartir habilidades técnicas y de pericia (es decir, la habilidad de llevar a cabo una tarea establecida de una forma determinada). El conocimiento más allá de lo esencial requiere la realización de tareas que, con frecuencia, tienen consideraciones secundarias.

En realidad, a menudo resulta difícil establecer una clara diferencia entre la enseñanza permanente y la formación profesional, de modo que es apropiado considerarlas como dos aspectos complementarios de la forma en que puede lograrse una optimización del rendimiento en el lugar de trabajo mediante el aprendizaje apropiado. Consiguientemente, la combinación de las dos será la que se conozca como la EFP.

Formación profesional	Desarrollo
Imparte conocimientos, habilidades e ideas específicas que permiten al individuo un mejor rendimiento.	Anima o estimula el crecimiento y el potencial de un individuo.
Acontecimiento o conjunto de acontecimientos únicos con un punto final determinado.	Proceso continuo en el que no se ha fijado un punto final.
Se realiza, sobre todo, fuera del trabajo (por ejemplo, en un entorno de aprendizaje controlado en un tiempo y lugar específicos).	Se logra, en su mayor parte, en el propio trabajo (por ejemplo, a través de la experiencia, el entrenamiento y la práctica).
Controlado y bajo la dirección del instructor.	Controlado y bajo la dirección del propio individuo.
Habitualmente vinculado con una organización específica más que con las necesidades individuales.	Específico para el individuo y sus necesidades y habilidades.
A menudo se trata de un acontecimiento de grupo.	A menudo se trata de un acontecimiento 'individual'.

Tabla 5.2 — Las características de la formación profesional y el desarrollo

Normalmente, la EFP está orientada a ayudar a un individuo a adquirir toda la competencia o aptitud que se requiere en un determinado empleo, o a ofrecer al individuo la competencia necesaria para asumir nuevas responsabilidades o para progresar en su carrera profesional.

Competencia Es la habilidad para realizar las actividades, dentro de un área de ocupación, a los niveles de rendimiento que se esperan en el trabajo.

Formación profesional y desarrollo El concepto de ‘desarrollo’ se está utilizando cada vez con más frecuencia. Aunque abarca la EFP, también incluye el concepto de las personas que alcanzan su pleno potencial

Desarrollo Es el proceso que anima o estimula el crecimiento y potencial de una persona. Se refiere tanto al desarrollo profesional (transformando conocimientos y habilidades) como al desarrollo personal (modificando actitudes y rasgos). Las características de la formación profesional y el desarrollo se detallan en la tabla 5.2.

En una organización saludable y activa es importante que se reconozca debidamente el papel de la formación profesional y el desarrollo. Sin el desarrollo de las personas, una organización no hará un uso eficaz de su componente más importante: los individuos que trabajan en esa organización.

El Desarrollo Profesional Permanente (DPP) es el proceso por el cual las personas desarrollan sus habilidades a lo largo de su vida laboral.

Formación profesional permanente (DPP) Adquisición planificada de conocimientos, experiencias y habilidades, y el desarrollo de las cualidades personales necesarias para la ejecución de las funciones profesionales a lo largo de toda la vida laboral.

Un componente importante del DPP es, a menudo, el desplazamiento meticulosamente planificado de las personas de un puesto a otro dentro de la organización, para desarrollar diferentes tipos de conocimientos, comprensión y habilidades por medio de las experiencias de participación activa. Este proceso puede estar institucionalizado en las organizaciones a través de políticas de desarrollo apropiadas para el personal.

Resulta evidente que el DPP y la EFP están estrechamente relacionados y, probablemente, no merece la pena tratar de diferenciarlos entre sí. Hay dos aspectos del DPP que son especialmente beneficiosos para el individuo y para la organización:

- Los individuos adquieren habilidades y conocimientos actualizados que resultan de gran valor en su trabajo actual.
- Los individuos adquieren habilidades transferibles que son valiosas para el desarrollo de su carrera profesional y de cara a su movilidad.

El aprendizaje de toda la vida es una extensión del concepto del DPP.

Aprendizaje de toda la vida El proceso por el que los individuos continúan participando de las actividades de aprendizaje formal e informal a lo largo de toda su vida laboral. Un aspecto esencial del aprendizaje de toda la vida es el de reconocer la necesidad de desarrollo personal así como también de desarrollo profesional enfocado hacia el trabajo. El objetivo global es que cada individuo se esfuerce en alcanzar su pleno potencial tanto en su vida personal como en la profesional

5.3 ¿CÓMO OBTENER LO MÁXIMO DE LA EFP?

La EFP es de importancia tanto para las organizaciones como para las personas que las integran.

Importancia de la EFP Para una organización puede resultar valioso invertir en la EFP debido a que:

- Compensa la deficiencia existente en las habilidades básicas cuando no se dispone de personal con la experiencia adecuada.
- Conduce a una mejora en la eficiencia y en la eficacia.
- Permite nuevas prácticas de trabajo o la introducción de nuevas tecnologías.
- Modifica la cultura de la organización.
- Proporciona un mecanismo para actualizar regularmente las habilidades del personal.
- Induce los métodos de trabajo y la cultura organizativa a los nuevos empleados.
- Eleva la moral del personal y la satisfacción en el trabajo.
- Permite que el personal aprecie cómo encaja su trabajo dentro de unas actividades empresariales más amplias de la organización.

Sin embargo, la organización necesita gestionar las actividades de la EFP para asegurar que:

- Las actividades de la EFP tengan en cuenta por completo las necesidades de formación profesional y los objetivos comerciales de la organización.
- Se evalúe el coste de la EFP, aunque debería reconocerse que la EFP conduce a beneficios que son muy difíciles de expresar en términos económicos (por ejemplo, el aumento de la motivación).

Para un individuo, la EFP es importante ya que puede:

- Salvar la brecha existente entre la enseñanza reglada y la adquisición de las aptitudes necesarias para el trabajo.
- Mejorar el nivel de competencia; desarrollar habilidades de relaciones personales y de tipo administrativo.
- Permitir una mayor contribución a la empresa.
- Aumentar las ganancias.
- Conducir a la propia superación.
- Proporcionar un nuevo reto y una mayor satisfacción en el trabajo.
- Ampliar su experiencia más allá del trabajo actual, favorecer una movilidad hacia diferentes áreas de trabajo, y mejorar sus perspectivas laborales.
- Ofrecer una acreditación profesional.

La figura 5.1 ilustra el impacto de la EFP en el conocimiento y en las habilidades de un individuo. Sin la EFP, el conocimiento y las habilidades necesarias para desempeñar de forma eficaz un empleo disminuirán y el rendimiento sufrirá.

En general, la EFP conduce a aumentar la motivación de las personas. Esto puede ser beneficioso para la organización, ya sea en términos de un incremento directo de la eficiencia y de la eficacia o elevando la moral, lo que puede ocasionar beneficios indirectos para la organización. Sin embargo, es esencial que la organización

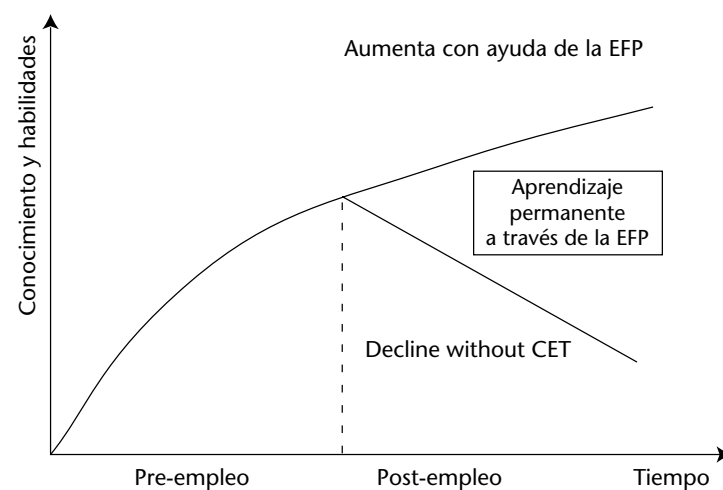


Figura 5.1
Impacto del aprendizaje de toda la vida a través de la EFP en el conocimiento y las habilidades que se necesitan durante el empleo

haga uso de las, cada vez mayores, habilidades adquiridas por medio de las actividades de la EFP. Si esto no ocurre, puede tenerse como resultado la frustración y el desánimo.

¿Cómo llevar a cabo con éxito las actividades de la EFP?

El éxito de las actividades de la EFP depende de:

- La capacidad de aprendizaje de cada individuo.
- La motivación de cada individuo que, a su vez, puede depender de su compromiso personal, de los incentivos o de la presión externa.
- La elección de las actividades de EFP y de las técnicas de apoyo.
- El apoyo para la realización de actividades de EFP dentro de la propia organización.
- La identificación manifiesta de las necesidades del individuo y de la organización.

Esto pone de relieve, una vez más, que las actividades de EFP deberían de considerarse dentro de un contexto organizativo.

Al considerar su desarrollo por medio de la EFP, todo individuo debería plantearse varias cuestiones:

- ¿Dónde estaba?
- ¿Dónde estoy ahora?
- ¿Dónde quiero estar?
- ¿Por qué quiero ir allí?
- ¿Cómo conseguiré llegar?
- ¿Qué apoyo necesito?
- ¿Cómo sabré cuándo he llegado?

Las respuestas a estas preguntas deberían determinar cómo y cuándo se han llevado a cabo las actividades de EFP.

5.4 MÉTODOS DE LA EFP

Para que la EFP sea más eficaz es importante que el método de impartirla sea apropiado por:

- Para que la EFP sea más eficaz es importante que el método de impartirla sea apropiado por:
- Las preferencias de aprendizaje del individuo.
- Los objetivos de aprendizaje del programa.

El cumplimiento de estos requisitos debería asegurar que se han alcanzado los objetivos de aprendizaje y que el individuo se encuentra altamente motivado.

Aspectos generales

Hay cuatro factores generales a considerar cuando se acuerda un programa de EFP para un individuo; se trata de los siguientes:

- La localización. Puede ocurrir que la actividad de EFP más apropiada no se encuentre disponible a nivel local. Esto significa que, en ocasiones, el coste se convierte en un factor decisivo a la hora de decidir cómo debería llevarse a cabo la EFP.
- El seguimiento. Se necesita adoptar una decisión acerca del nivel de seguimiento que necesita un individuo involucrado en actividades de EFP. La decisión dependerá del tipo de actividad de EFP y de las cualidades y experiencia personal del individuo.
- La tecnología educativa. Se necesita un alto nivel de tecnología educativa para algunas actividades de EFP. Por consiguiente, hay que tener en cuenta la disponibilidad de recursos costosos y el nivel de experiencia del individuo.
- La acreditación. Algunas actividades de EFP pueden conducir a una acreditación o cualificación profesional formal. Esto puede resultar muy deseable,

pero puede incurrirse en considerables gastos adicionales. Por lo tanto, conviene adoptar una decisión sobre si los beneficios adicionales que se derivan de la acreditación (que, habitualmente, son difíciles de cuantificar), pueden justificar el coste adicional.

Existe una amplia gama de métodos que pueden utilizarse para impartir la enseñanza y formación profesional permanentes. Los métodos disponibles incluyen los siguientes (por orden alfabético):

- Aprendizaje basado en vídeos. Formación profesional proporcionada por la utilización de vídeos.
- Clases asistidas. Programa asistido de clases para un individuo.
- Conferencia/seminario. Asistencia a congresos, seminarios o talleres de trabajo para beneficiarse del conocimiento de otros.
- Cursos. Formación profesional de un grupo dirigido por un instructor.
- Documentación de autoformación. Formación profesional estructurada ofrecida por libros o manuales.
- Enseñanza asistida por ordenador. Uso interactivo del material de enseñanza disponible en un ordenador.
- Entrenamiento. El instructor da un resumen inicial y otro final en relación con las actividades en el empleo.
- Observación. Observando a un colega realizar una tarea particular.
- Pasantía o estancia temporal. Desplazamiento planificado a un trabajo de forma temporal.
- Simulación. Un individuo realiza su trabajo mediante una situación hipotética asociada a su trabajo.

La elección de cada método dependerá de:

- El resultado que se desee obtener de la formación profesional.
- Los puntos fuertes y débiles de cada método.
- La disponibilidad de recursos de formación.
- El estilo de aprendizaje preferido por cada individuo.
- El tiempo disponible para completar la formación.

La tabla 5.3 proporciona una indicación de si los métodos de formación profesional son eficaces para modificar la actitud, el conocimiento o la habilidad, y si la formación se imparte dentro o fuera del trabajo; ciertamente, hay ventajas y desventajas asociadas con cada forma de impartir la EFP. En la Tabla 5.4 se describen esas características.

Método	Actitud	Conocimiento	Habilidad	Forma de impartirlo
Aprendizaje basado en vídeos	No	Sí	No	Fuera del trabajo
Clases asistidas	Sí	Sí	No	Fuera del trabajo
Conferencia/seminario	No	Sí	No	Fuera del trabajo
Cursos	Sí	Sí	Sí	Fuera del trabajo
Documentación de autoformación	No	Sí	No	Fuera del trabajo
Enseñanza asistida por ordenador	No	Sí	No	Fuera del trabajo
Entrenamiento	Sí	Sí	Sí	En el trabajo
Observación	No	Sí	Sí	En el trabajo
Pasantía	Sí	Sí	Sí	En el trabajo
Simulación	Sí	No	Sí	Fuera del trabajo

Tabla 5.3 — Impacto de los distintos métodos de EFP en la actitud, el conocimiento y las habilidades, y la forma habitual de impartirlos

Método	Características
Aprendizaje basado en vídeos	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser una forma rápida de aprender. • Puede utilizarse tanto por un individuo como por un grupo de personas. • Los vídeos pueden ser caros y de calidad variable.
Lectura dirigida	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuadas para adquirir nuevos conocimientos. • Necesitan el apoyo de otras actividades para desarrollar las habilidades en el uso de los conceptos aprendidos. • Se trata esencialmente de una actividad 'individual', que puede no resultar atractiva a las personas que prefieren interrelacionarse con otras y aprender en grupo.
Conferencia/seminario	<ul style="list-style-type: none"> • De mayor valor al complementar otras actividades de EFP. • Los participantes tienden a permanecer pasivos. • Puede tratarse de una experiencia estimulante y enriquecedora.
Cursos	<ul style="list-style-type: none"> • Son útiles cuando varias personas tienen la misma necesidad de formación. • Deben tener en cuenta la presión temporal y los compromisos de trabajo de todos los participantes. • Han de programarse por adelantado. • Pueden desplazar temporalmente al individuo de su lugar de trabajo.
Documentación de autoformación	<ul style="list-style-type: none"> • Útil para adquirir conocimientos. • Para ser eficaz el material necesita estar bien estructurado y tener en cuenta la forma de aprender de las personas. • A menudo se requiere asistencia para utilizar el material.
Enseñanza asistida por ordenador	<ul style="list-style-type: none"> • Puede contener tanto información normativa como ilustrativa. • La enseñanza puede llevarse a cabo en el momento y al ritmo que al individuo le interese. • Los ordenadores y los programas informáticos pueden ser caros. • Necesita el apoyo de otras actividades para desarrollar las habilidades en el uso de los conceptos aprendidos. • El contenido puede no reflejar la estructura y las necesidades de la organización.
Tutoría	<ul style="list-style-type: none"> • Una buena forma de practicar nuevas habilidades en el trabajo. • El éxito depende de la eficacia de las sesiones, con y sin explicación oral, con anterioridad y posterioridad a la ejecución de una tarea. • Se requiere el apoyo del instructor. • El individuo tiene que estar preparado para discutir abiertamente áreas en las que el rendimiento no sea el adecuado.
Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Una buena forma para estudiar las aplicaciones prácticas en el trabajo de los conceptos teóricos. • Útil cuando un individuo quiere ver cómo se pone en práctica un nuevo concepto antes de aplicarlo en su propio trabajo. • Es esencial que exista un entendimiento mutuo entre el individuo y 'el observado'. • El observado no debe sentirse amenazado o incómodo.
Pasantía	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ofrecer una buena experiencia para ampliar los horizontes. • Los objetivos tienen que estar claramente definidos. • Es necesaria la inducción eficaz.
Simulación	<ul style="list-style-type: none"> • Una buena forma de exponer casos prácticos y problemas reales que ocurren en el trabajo. • Puede utilizarse para probar la aplicación del aprendizaje sin riesgos para la vida real. • Las simulaciones complicadas tardan mucho tiempo en prepararse y ejecutarse. • Requieren la asistencia de, al menos, otra persona.

Tabla 5.4 — Características de los distintos métodos para impartir la EFP

¿Cómo impartir la EFP?

Existe una amplia gama de métodos que pueden utilizarse para impartir la enseñanza y formación profesional permanentes. Los métodos disponibles incluyen los siguientes (por orden alfabético):

- *Aprendizaje basado en vídeos.* Formación profesional proporcionada por la utilización de vídeos.
- *Clases asistidas.* Programa asistido de clases para un individuo.
- *Conferencia/seminario.* Asistencia a congresos, seminarios o talleres de trabajo para beneficiarse del conocimiento de otros.
- *Cursos.* Formación profesional de un grupo dirigido por un instructor.
- *Documentación de autoformación.* Formación profesional estructurada ofrecida por libros o manuales.
- *Enseñanza asistida por ordenador.* Uso interactivo del material de enseñanza disponible en un ordenador.
- *Entrenamiento.* El instructor da un resumen inicial y otro final en relación con las actividades en el empleo.
- *Observación.* Observando a un colega realizar una tarea particular.
- *Pasantía o estancia temporal.* Desplazamiento planificado a un trabajo de forma temporal.
- *Simulación.* Un individuo realiza su trabajo mediante una situación hipotética asociada a su trabajo.

La elección de cada método dependerá de:

- El resultado que se desee obtener de la formación profesional.
- Los puntos fuertes y débiles de cada método.
- La disponibilidad de recursos de formación.
- El estilo de aprendizaje preferido por cada individuo.
- El tiempo disponible para completar la formación.

La Tabla 5.3 proporciona una indicación de si los métodos de formación profesional son eficaces para modificar la actitud, el conocimiento o la habilidad, y si la formación se imparte dentro o fuera del trabajo; ciertamente, hay ventajas y desventajas asociadas con cada forma de impartir la EFP. En la Tabla 5.4 se describen esas características.

5.5

ALGUNAS
TENDENCIAS
EN LA EFP

Cualquier programa de EFP que se desarrolle dentro de un SMN debería de tener en cuenta:

- Las necesidades y la cultura de la organización.
- La brecha existente entre las aptitudes de los individuos y las que necesitarán en el futuro.
- La disponibilidad y la propiedad de los distintos métodos de impartir la EFP.

En consecuencia, no es posible definir un único programa de EFP que sirva para todos los SMN. Sí es posible, sin embargo, identificar algunas tendencias en el desarrollo de esos programas.

Proyectos de formación
profesional

Los programas de EFP se basan cada vez más en un análisis de las necesidades de formación profesional de la organización. Aunque esta puede resultar una tarea difícil de llevarse a cabo, tiene la ventaja de asegurar que el programa de EFP posea una fuerte consistencia y que esté vinculado a los objetivos estratégicos de los SMN. Los resultados del análisis y de la identificación de las actividades apropiadas de la EFP suelen contemplarse en un Proyecto de Formación Profesional. Por ejemplo, el Proyecto de Formación Profesional podría indicar que los objetivos estratégicos de los SMN son:

- Aumentar la habilidad de los predictores para actuar como asesores meteorológicos.

- Aumentar el conocimiento de los sistemas mesoescalares.
- Garantizar que se haga un uso eficaz de los nuevos sistemas de satélite y de radar.
- Aumentar la utilización de Internet para el suministro de servicios de predicción.
- Mejorar la precisión en la predicción de episodios meteorológicos de tiempo violento.

El Proyecto de Formación Profesional también define la estrategia a seguir y las acciones concretas asociadas con la puesta en marcha de la estrategia. Además, convendría realizar de forma habitual una evaluación de los recursos que se necesitan. Por ejemplo, la estrategia puede ser la de ofrecer a todos los predictores una formación profesional sobre los nuevos sistemas de satélite y de radar dentro de los dos próximos años. La acción asociada puede ser la de desarrollar la enseñanza asistida por ordenador para su uso en las oficinas de predicción. Alternativamente, la decisión podría ser la de que los predictores asistan a un curso de corta duración en esta materia, ya sea de forma centralizada o en la misma oficina de predicción.

Cursos de corta duración

En el pasado ha habido una tendencia a tener cursos básicos de larga duración, con la esperanza en que esta formación prepararía al personal para una gran variedad de puestos de trabajo dentro de los SMN, y en que el conocimiento y las habilidades adquiridas no quedarían obsoletas rápidamente. Hoy en día, sin embargo, el nivel de exigencias que tienen los SMN y el desarrollo de la ciencia meteorológica están cambiando rápidamente. También los altos costes de la formación profesional básica están siendo escudriñados en función de las presiones financieras que tienen que soportar los SMN. Una respuesta ante estas presiones es:

- Limitar la formación profesional básica a la adquisición de las aptitudes necesarias para un determinado trabajo tanto en la actualidad como en un futuro cercano.
- Instituir un programa de EFP que permita a los empleados actualizarse y desarrollar sus aptitudes cuando sea necesario. Este programa, por lo general, consta de un conjunto de cursos de corta duración orientados a áreas específicas de competencia; por ejemplo, la interpretación de productos de PNT, el uso de imágenes de satélite y de radar, y el suministro de predicciones probabilísticas.

Este enfoque de la EFP permite una respuesta muy flexible ante las necesidades cambiantes de los SMN y de sus empleados. Sin embargo, el proceso tiene que ser gestionado de manera eficaz para asegurar que todo el personal que necesita actualizar sus habilidades y conocimientos participe de las actividades apropiadas de EFP. También es preciso adoptar una actitud proactiva a la hora de identificar las nuevas áreas emergentes de actividad a fin de que los programas apropiados de EFP puedan llevarse a cabo.

Cualificación y acreditación profesionales

En estos últimos años ha existido la tendencia de desarrollar cualificaciones profesionales que se acreditan por un organismo evaluador de méritos. Las cualificaciones profesionales se basan en una definición clara de las aptitudes que son necesarias para trabajar en un área particular de empleo: el estándar profesional. En consecuencia, la cualificación implica directamente al empleado y a quien le proporciona el empleo. En el ámbito meteorológico se están definiendo algunas cualificaciones profesionales para los observadores y predictores que se encargan de atender una determinada necesidad nacional.

Normalmente, para obtener una cualificación profesional, un individuo tiene que demostrar que ha adquirido todas las aptitudes definidas en el estándar profesional. Lo ideal es que sea irrelevante la forma en que se han obtenido estas aptitudes: no tiene importancia que procedan de cursos, de clases asistidas, de entrenamiento, etc. Estar en posesión de una cualificación profesional conlleva dos ventajas fundamentales:

- Desde la perspectiva de la formación profesional básica, la cualificación establece una pauta reconocida que puede ser usada por numerosas instituciones docentes o de formación profesional.
- El estándar profesional ofrece un marco de referencia para las actividades de EFP; por ejemplo, podría ofrecerse un curso de corta duración orientado a mantener o fortalecer un determinado conjunto de aptitudes que forman parte del estándar profesional.

Del mismo modo que se desarrollan las cualificaciones profesionales, existe un creciente interés en el establecimiento de esquemas de acreditación por parte de los cuerpos profesionales. En el sector de la meteorología, el cuerpo profesional es, habitualmente, una Sociedad Meteorológica Nacional o una Entidad Profesional a nivel nacional, aunque en algunos casos es el Servicio Meteorológico Nacional quien desempeña este papel. El esquema de acreditación define el estándar, tanto en función de la capacidad profesional como de las cualidades personales que han de satisfacerse. En algunos de estos esquemas existe un requisito que pone de manifiesto un compromiso de desarrollo profesional al estar activamente involucrados en actividades de EFP. Esto quiere decir que la EFP constituye un requisito básico en lugar de tratarse de algo opcional.

Incorporación a la organización e inducción

Un aspecto crucial para poder contar con un personal motivado y competente es la contratación de las personas adecuadas. Además de tener en cuenta los méritos, la inteligencia y la aptitud, hay que evaluar la personalidad y la motivación. Los Servicios Meteorológicos Nacionales necesitan empleados que estén dispuestos y sean capaces de adquirir nuevas habilidades con el propósito de desarrollar sus carreras o de adaptarse a requisitos variables.

Consideremos los requisitos de los predictores. En un principio, el papel fundamental de los predictores era el de utilizar sus conocimientos meteorológicos para pronosticar el tiempo. Sin embargo, cada vez con mayor frecuencia, son los modelos de PNT los que producen las predicciones. Esto significa que el papel del predictor está cambiando, y hoy en día se pone mucho más énfasis en presentar la información en la forma que requieren los usuarios de los servicios, o en actuar como asesor meteorológico. Por consiguiente, se va haciendo cada vez más importante reclutar a predictores que tengan:

- Un buen nivel de don de gentes y de habilidades de comunicación.
- Capacidad de trabajar como miembro de un equipo.
- La habilidad de responder positivamente al cambio.

Si los recién incorporados de predicción tuvieran estas características, debería ser posible tener un programa eficaz de EFP para predictores.

Cabe señalar, también, que una inducción adecuada resulta vital a la hora de adoptar el enfoque correcto del desarrollo profesional desde que comienza la carrera de un individuo en el SMN. La inducción tendría que poner de relieve los derechos y las responsabilidades asociadas al desarrollo profesional y dar una indicación precisa sobre la forma de acceder a las oportunidades disponibles que ofrece la EFP.

Formación de instructores y supervisores

Para que los programas de EFP obtengan la mayor eficacia posible es importante que las personas responsables de la puesta en práctica de dichos programas estén adecuadamente adiestradas. Por ejemplo, los instructores han de poseer conocimientos sobre:

- Los temas que abarca la actividad de la EFP.
- Un acercamiento sistemático a la formación profesional: identificación de las necesidades de formación, planificación de la formación, diseño y distribución de la formación, y evaluación de la formación.

- El modo en que los adultos aprenden y se motivan.

Hubo una tendencia de formar a los instructores centrándose únicamente en el primero de los aspectos antes mencionados, pero ahora se reconoce que las otras dos áreas de conocimiento son vitales. Esto ha influido en la manera de impartir formación a los instructores.

No es solo el instructor profesional el que necesita las habilidades apropiadas. El supervisor está desempeñando, progresivamente, un papel crucial en el encauzamiento y apoyo a las actividades de la EFP. Por consiguiente, los supervisores han de recibir una formación apropiada. Sin ella, se corre el peligro de que los beneficios de la EFP no produzcan un efecto significativo en el rendimiento.

5.6

COMENTARIOS FINALES

La EFP debería examinarse en el contexto del cómo y el porqué cambia una organización. Asimismo, para que la enseñanza y formación profesional permanentes ofrezcan un valor real al individuo y a la organización, se necesita:

- El compromiso integral de toda la organización para la formación profesional y el desarrollo de los individuos.
- Un claro entendimiento del propósito y de las necesidades de la organización y del papel de cada individuo en esa organización.
- Una planificación eficaz de la formación profesional y del desarrollo a fin de tener en cuenta tanto las necesidades del individuo como las de la propia organización.
- Información sobre la forma de acceder a las actividades de formación profesional y desarrollo.
- La adopción de acciones para poner en marcha un proyecto de formación profesional de los individuos.
- Un claro entendimiento de lo que espera obtener cada individuo de las actividades de formación profesional y desarrollo.
- La evaluación de la eficacia de las actividades de formación profesional y desarrollo.

Pueden ser difíciles de lograr, pero del acercamiento a estos objetivos cabría esperar beneficios tanto para el individuo como para la organización.

PARTE B

EJEMPLOS

Ejemplos de paquetes de instrucción básica

Ejemplos de requisitos reales de competencia para el trabajo

El espíritu de ‘flexibilidad de enfoque’ y de ‘adaptación específica’ seguido en la Parte A se invierte, en cierto modo, en esta Parte B, ‘enfocada específicamente’ a ejemplos que tienen lugar en la vida real, si bien estos aún pueden ser ‘adaptados de forma flexible’ a las prioridades locales.

Los cuatro ejemplos del capítulo 6 ilustran el Paquete de Instrucción Básica (PIB) necesario para cualificar a Meteorólogos y Técnicos en Meteorología en el nivel inicial o de principiante. Los directores de los pertinentes centros de formación, los profesores y los instructores pueden inspirarse en estos ejemplos a la hora de diseñar y de poner en marcha sus propios programas educativos para la formación inicial del personal de meteorología.

Los nueve ejemplos del capítulo 7 ponen de relieve los requisitos de competencia para el trabajo en el nivel operativo actual de algunos SMN. Se recuerda que la definición de las competencias para el trabajo constituye tan solo el primer paso de la identificación de los requisitos en función de los conocimientos y de las habilidades. Una vez que se conocen estos requisitos, pueden diseñarse los programas y cursos adecuados para impartir una formación profesional especializada después de los PIB-M y PIB-TM típicos. Es de esperar que las actividades de formación resultantes, mientras se concentren en las necesidades reales de los SMN, tengan en cuenta también las posibles limitaciones de recursos financieros y humanos, así como la disponibilidad de oportunidades y facilidades de formación profesional.

CAPÍTULO 6

EJEMPLOS DE PAQUETES DE INSTRUCCIÓN BÁSICA

Ejemplos de:

Programa de un PIB-M completo:

Título de Licenciado en Ciencias Atmosféricas

Programa de un PIB-M condensado

Diploma de Posgrado en Meteorología

Programa de un PIB-TM completo:

Diploma de Técnico Superior en Meteorología

Programa de un PIB-TM condensado:

Certificado de Observación Meteorológico

Las descripciones de los PIB-M y PIB-TM de los capítulos 3 y 4 únicamente presentan un programa de estudios de referencia para la cualificación inicial del personal de meteorología; los ejemplos reales de PIB de este capítulo podrían facilitar una imagen más completa de la organización eficaz de los correspondientes programas de enseñanza.

El primer ejemplo describe la composición mínima del programa de cursos y las opciones de carrera profesional para un programa de licenciatura en ciencias de la atmósfera de cuatro años de duración. El segundo ejemplo describe un curso de 12 meses para la obtención de un diploma de posgrado en meteorología, dirigido a estudiantes licenciados con una graduación en alguno de los campos seleccionados (por ejemplo, matemáticas, física o química). El tercer ejemplo ilustra un curso completo de cualificación de Técnicos Superiores en Meteorología, de dos años de duración, y el cuarto ejemplo describe un programa de cualificación de Técnicos en Meteorología de nivel intermedio, de cinco meses de duración (por ejemplo, los observadores meteorológicos).

Estos ejemplos pueden inspirar a los instructores y gestores docentes para el desarrollo de sus propios programas de formación básica en meteorología; también pueden resultar útiles para los estudiantes con inquietudes en la exploración de alternativas educativas en el campo de las ciencias atmosféricas. Dependiendo de las circunstancias reales y, en particular, de los requisitos previos de conocimientos básicos de los alumnos, la duración de estos programas puede ser ligeramente distinta a la mencionada en el párrafo anterior. Por ejemplo, un programa de PIB-M condensado puede llevar hasta dos años académicos, en el caso de un título de Magíster, mientras que un programa de PIB-TM completo podría desarrollarse en un año académico, en el caso de estudiantes con una buena formación en matemáticas y en física.

6.1 EJEMPLO DE PROGRAMA DE UN PIB-M COMPLETO

Adaptado por J. T. Snow de la Licenciatura en Ciencias Atmosféricas; Informe Estratégico de la Sociedad Meteorológica de Estados Unidos (AMS, en inglés), 1999, EEUU..

Introducción

Este informe describe los requisitos mínimos necesarios en cuanto a composición del plan de estudios, número y características de los profesores y disponibilidad de facilidades que recomienda la Sociedad Meteorológica de Estados Unidos para un programa de prelicenciatura en las ciencias de la atmósfera. Para los propósitos de este informe, los términos 'ciencias de la atmósfera' y 'meteorología' se consideran equivalentes. El programa se basa en el modelo norteamericano, donde la enseñanza y la formación profesional iniciales de los individuos que aspiran a convertirse en meteorólogos profesionales se completan en una universidad, habitualmente durante un período de cuatro años (ocho semestres de quince semanas). Los graduados de estos programas que ingresan en la función pública, normalmente completan una formación profesional especializada adicional en un centro federal de formación y trabajan durante un período de capacitación bastante largo. Los graduados que obtienen empleo en el sector privado o en los medios de comunicación, por lo general, no reciben una formación adicional una vez que acceden al nivel inicial de trabajo. Por último, numerosos graduados siguen el título de Magíster (que suele requerir dos años de estudio adicionales en un área de especialidad y la realización de una tesis de investigación) antes de buscar un empleo inicial; otros regresan a la universidad con posterioridad, ya con sus carreras profesionales en marcha, para obtener también el título de Magíster y, con ello, reforzar sus trayectorias profesionales. Por consiguiente, el programa descrito en el informe de la AMS está estructurado para preparar a los estudiantes en su iniciación según sus diversos recorridos de carrera.

El objetivo primordial de este informe es el de proporcionar asesoramiento al cuerpo de profesores y a los gestores universitarios que tratan de establecer y de mantener programas de prelicenciatura en las ciencias de la atmósfera. También aporta información que puede ser de ayuda para los estudiantes con inquietudes en la exploración de alternativas educativas en las ciencias de la atmósfera.

Un programa académico contemporáneo en ciencias de la atmósfera ha de proporcionar a los estudiantes una información general fundamental de las ciencias atmosféricas básicas y de las ciencias afines así como de las matemáticas. También debe ofrecer la flexibilidad y holgura necesarias para que los estudiantes puedan prepararse de cara a proseguir toda una variada gama de trayectorias profesionales de carrera.

Las características del programa mencionadas en la siguiente sección son comunes a cualquier carrera de ciencias de la atmósfera. Para iniciarse en algunos caminos específicos de carrera profesional puede ser útil realizar algún curso práctico adicional; en la última sección se ofrecen sugerencias para algunas carreras seleccionadas.

Aunque existen muchas similitudes, el programa de cursos que se describe para la licenciatura difiere en algo del que requiere el Gobierno federal para el trabajo de meteorólogo. Mientras los requisitos federales constituyen unas directrices excelentes de preparación para una carrera de predicción operativa del tiempo, los requisitos académicos universitarios están diseñados para apoyar toda una gama de opciones de carrera.

El plan de estudios que conlleva la titulación genérica de Licenciado en Ciencias con especialización en ciencias de la atmósfera debería contener:

Características de los programas de licenciatura

Entre los objetivos del programa de licenciatura en ciencias de la atmósfera debería de encontrarse alguno de los que se citan a continuación:

- Estudio en profundidad de la meteorología que suponga la culminación de una enseñanza científica.
- Preparación para la formación de licenciado.
- Preparación para el empleo profesional en la meteorología o en un campo estrechamente relacionado.

Cursos ofrecidos

El plan de estudios que conlleva la titulación genérica de Licenciado en Ciencias con especialización en ciencias de la atmósfera debería contener:

- i) Al menos 24 horas-semester de créditos en las ciencias atmosféricas, que incluyen:
 - Doce horas-semester de clases y prácticas de laboratorio en termodinámica de la atmósfera y en meteorología dinámica, sinóptica y mesoescalar, que proporcionen un tratamiento amplio de los procesos atmosféricos en todas las escalas, con el cálculo como requisito previo o añadido.
 - Tres horas-semester de física de la atmósfera, con especial énfasis en la física de las nubes y de la precipitación y en las radiaciones solar y terrestre.
 - Tres horas-semester para medidas, instrumentación y teledetección atmosféricas, incluyendo tanto las clases como las prácticas de laboratorio.
 - Tres horas-semester totales en, al menos, una de las siguientes actividades: un curso sobre algún aspecto de la meteorología aplicada, como pueden ser la meteorología de la contaminación atmosférica, la meteorología aeronáutica, la meteorología agrícola, la hidrología o hidrometeorología, las técnicas de predicción meteorológica, o la climatología aplicada; una pasantía centrada en una carrera de ciencias atmosféricas o en un campo estrechamente relacionado; un proyecto de investigación de prelicenciatura.
 - Tres horas-semester adicionales en materias optativas de ciencias atmosféricas.
- ii) Matemáticas, incluyendo el cálculo y las ecuaciones diferenciales ordinarias, en los cursos diseñados para especialidades ya sea de matemáticas, de ciencias físicas o de ingeniería.
- iii) Un año seguido de clases de física y de prácticas de laboratorio, con el cálculo como requisito previo o añadido.
- iv) Un curso de química orientado a las especialidades de ciencias físicas.
- v) Un curso de informática orientado a las especialidades de ciencias físicas.
- vi) Un curso de estadística orientado a las especialidades de ciencias físicas.
- vii) Un curso de redacción técnica, científica o profesional.
- viii) Un curso orientado fundamentalmente al desarrollo de las habilidades de comunicación oral de los estudiantes.

Los requisitos de los cursos deberían incluir componentes que utilicen los modernos equipos e instalaciones de tipo informático del departamento y/o de la institución.

Como en todos los programas de estudios de ciencias, los estudiantes deberían disponer de la oportunidad y, en consecuencia, tendrían que animarse a complementar los requisitos mínimos exigidos con un trabajo de curso adicional en su especialización y en las áreas de apoyo. Este trabajo complementario de curso puede incluir cursos diseñados para ampliar la visión del estudiante sobre la Tierra y las ciencias medioambientales (por ejemplo, la hidrología, la oceanografía y las ciencias relacionadas con el estudio de la parte sólida de la Tierra) y sobre la administración y adopción de políticas científicas, así como cursos adicionales en las ciencias básicas, las matemáticas y la ingeniería. Asimismo, habría que demandar encarecidamente a los estudiantes que prestaran una considerable atención al trabajo adicional de curso o a otras actividades diseñadas para desarrollar habilidades eficaces de comunicación tanto escrita como oral.

Profesorado

Tendría que haber un mínimo de tres profesores regulares a tiempo completo con una experiencia suficientemente amplia, para dirigir las áreas temáticas que se identificaron

en el apartado i) anterior. El papel del profesorado debería ir más allá de la enseñanza y la investigación para servir de consejo y de guía a los estudiantes con diferentes niveles de formación educativa y cultural.

Instalaciones Debería existir un espacio adecuado para el programa de ciencias atmosféricas y sus estudiantes. Dentro de este espacio se debe disponer de equipos que permitan el acceso a datos meteorológicos en tiempo real y de archivo a través de los sistemas informáticos de adquisición y visualización de datos, y de instalaciones interiores y exteriores apropiadas para la enseñanza de las modernas técnicas de observación y medida de la atmósfera.

Para dar apoyo a los cursos de los apartados i) a viii) descritos anteriormente, el programa de ciencias atmosféricas tendría que ofrecer a los estudiantes unos modernos equipos informáticos, con las aplicaciones de software adecuadas para el diagnóstico de los procesos físicos y dinámicos que tienen lugar en la atmósfera. Alternativamente, los estudiantes deberían tener acceso sin dificultad a las instalaciones institucionales que proporcionen estas capacidades.

Captación y retención de estudiantes Esta sección aconseja sobre los cursos adicionales que podrían ser útiles para aquellos estudiantes que deseen seguir un camino específico de carrera en las ciencias de la atmósfera.

Preparación para carreras seleccionadas de ciencias de la atmósfera Se considera que las carreras que se relacionan ofrecen, en particular, buenas oportunidades para el nivel de entrada actual; sin embargo, tan solo abarcan una pequeña fracción de las oportunidades de empleo profesional en la meteorología. Puesto que este informe se refiere al grado de Licenciado y a los estudiantes, de hecho, ya se les exigen muchos requisitos relativos al curso, únicamente se citan unos pocos cursos adicionales por carrera. No se pretende presentar una lista exhaustiva de todos los cursos que podrían ser útiles para una carrera particular.

Los estudiantes han de tener presente que, en muchos de los cursos que se sugieren, se pueden exigir unos requisitos previos que no se citan aquí y que pueden variar de una institución a otra.

Por regla general, la realización de un período de capacitación en el área de interés y/o la elaboración de un proyecto de investigación de prelicenciatura sobre un tema del área constituyen complementos excelentes para los cursos adicionales que se mencionan a continuación

Carreras relacionadas con la predicción del tiempo Los estudiantes que tienen la intención de seguir este campo de especialización deberían considerar seriamente la inclusión de los siguientes cursos prácticos o actividades en sus programas de estudios:

- i) Tres cursos de meteorología sinóptica y meteorología mesoescalar, incluyendo una introducción a la PNT (estos cursos incluirían cualquiera que se tomase como una parte de los cursos recomendados en los requisitos del apartado i) del epígrafe "Cursos ofrecidos").
- ii) Un curso de técnicas de análisis y predicción operativos del tiempo que incluya prácticas de laboratorio.
- iii) Un curso de teledetección que incluya una componente de laboratorio (este curso también reuniría los requisitos básicos del apartado i) del epígrafe "Cursos ofrecidos").

Carreras relacionadas con la contaminación atmosférica Los estudiantes que tienen la intención de seguir este campo de especialización deberían considerar seriamente la inclusión de los siguientes cursos prácticos o actividades en sus programas de estudios:

- i) Un curso adicional de química (en la mayor parte de los centros universitarios este curso sería una continuación del necesario para completar los requisitos de un curso de química, apartado iv) del epígrafe “Cursos ofrecidos”).
- ii) Un curso de química atmosférica o medioambiental.
- iii) Un curso de turbulencia atmosférica, micrometeorología, o meteorología de la capa límite.
- iv) Un curso de meteorología de la contaminación atmosférica, con cursos tales como los ii) y iii) mencionados anteriormente como requisitos previos.
- v) Un curso relacionado con el análisis de la dispersión de contaminantes y el uso de modelos de calidad del aire.

Carreras relacionadas con el sector de los negocios

Los estudiantes que tienen la intención de seguir una carrera profesional en el sector privado o en el de la meteorología comercial sería aconsejable que adquiriesen algún conocimiento del mundo de los negocios. Los siguientes cursos pueden resultar útiles:

- i) Un curso de mercadotecnia o marketing.
- ii) Un curso sobre fundamentos de gestión.
- iii) Un curso de sistemas de información de la gestión.
- iv) Un curso sobre comportamiento organizativo o uno de gestión de empresas o uno de gestión de pequeñas empresas.

6.2

EJEMPLO DE PROGRAMA DE UN PIB-M CONDENSADO

Adaptado por L. A. Ogallo del programa de estudios para la obtención del Diploma de Posgrado en Meteorología, Universidad de Nairobi, 1999, Kenya

Introducción

El departamento ofrece el curso para la obtención del Diploma de Posgrado en Meteorología, dirigido a estudiantes que poseen una titulación universitaria en áreas distintas de la meteorología, pero que desean hacer de ella su profesión. Los estudiantes admitidos en este programa deberían tener una licenciatura en cualquiera de las siguientes combinaciones:

- Matemáticas y física.
- Matemáticas con física del primer año.
- Matemáticas y química con física del primer año.
- Física y química.

Los cursos ofrecidos en este programa son los mismos que abarca el programa de prelicenciatura en meteorología. En muchos casos, los estudiantes de posgrado pueden compartir las mismas clases con los estudiantes no graduados del segundo, tercer y cuarto año. El curso está estructurado en un total de 15 unidades o asignaturas, divididas a partes iguales entre cada uno de los dos semestres universitarios. La duración del curso es de un año del calendario (12 meses). Los últimos tres meses están dedicados a la realización de un proyecto de trabajo.

Detalle de calificaciones

- a) Para todas las asignaturas al margen del proyecto de trabajo, la evaluación continua puntuará con el 30 por ciento de la calificación total, mientras que los exámenes escritos lo harán con el 70 por ciento restante. Los estudiantes llevarán a cabo proyectos de investigación en campos específicos de la meteorología o de las aplicaciones meteorológicas bajo la supervisión o tutela de uno o varios miembros del personal académico. El proyecto de trabajo se presentará de forma oral ante un grupo de evaluadores que incluirá a un evaluador externo. Las presentaciones orales finales constituyen el 50 por ciento de la nota final. Los estudiantes tendrán que enviar los informes mecanografiados del proyecto, debidamente firmados por su(s) respectivo(s)

- tutor(es). Estos informes serán calificados por dos evaluadores internos como mínimo, y de aquí el estudiante obtendrá el 50 por ciento restante.
- b) La calificación necesaria para aprobar cada asignatura del curso será de un 50 por ciento.
 - c) Para aspirar a la concesión del Diploma de Posgrado en Meteorología, el candidato ha de aprobar al menos 13 de las 15 asignaturas con una nota media igual o superior al 50 por ciento.
 - d) A un candidato que no consiga lo anterior, por tener solamente entre 7 y 12 asignaturas con una media del 50 por ciento, se le permitirá presentarse a exámenes complementarios en las asignaturas que no ha superado.
 - e) A un candidato que no consiga alcanzar los requisitos anteriores se le permitirá repetir el curso, siempre que haya aprobado al menos 6 asignaturas.
 - f) El Diploma se calificará con arreglo a la nota media de las 15 asignaturas, de la forma siguiente:
 - 50-59 por ciento: aprobado.
 - 60-69 por ciento: aprobado con crédito.
 - ≥ 70 por ciento: aprobado con sobresaliente.

Asignaturas fundamentales Las asignaturas fundamentales que hay que cursar para obtener el Diploma de Posgrado en Meteorología, son las siguientes:

SMR 201:	Instrumentos meteorológicos y métodos de observación
SMR 202:	Radiación y óptica atmosférica
SMR 301:	Meteorología dinámica I
SMR 302:	Meteorología tropical I
SMR 303:	Circulación general y climatología
SMR 304:	Meteorología sinóptica y análisis meteorológico
SMR 305:	Aplicaciones de los métodos estadísticos a la meteorología I
SMR 307:	Termodinámica y física de nubes
SMR 308:	Hidrometeorología I
SMR 309:	Agrometeorología I
SMR 401:	Meteorología dinámica II
SMR 402:	Meteorología tropical II
SMR 403:	Proyecto de trabajo
SMR 405:	Aplicaciones de los métodos estadísticos a la meteorología II
SMR 407:	Micrometeorología y contaminación atmosférica

NOTA: cada asignatura equivale a una unidad de crédito.

Instrumentos meteorológicos y métodos de observación

La necesidad de la vigilancia de la atmósfera. Los instrumentos meteorológicos típicos; su utilización, su exactitud y las fuentes de errores en las observaciones meteorológicas. Características y utilidades de las plataformas especiales de observación: satélites, globos de nivel constante, boyas automáticas y cohetes. Observaciones sinópticas del tiempo realizadas desde la superficie terrestre y desde plataformas espaciales. Utilidades de las imágenes de satélite. Claves meteorológicas. Técnicas de interpolación in situ y óptimas en el proceso de datos, especialmente con la SST. Puesta en ejecución de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM). Diseño de redes óptimas y mínimas para la realización de observaciones meteorológicas.

Radiación y óptica atmosférica

Características del Sol y del sistema Sol-Tierra, movimiento y duración aparente del Sol sobre el horizonte, actividad de las manchas solares, sistema Tierra-Luna, eclipses, mareas, etc. Técnicas de medida de la radiación solar; absorción, emisión y difusión de la radiación. Reducción de la radiación solar (directa y difusa) bajo condiciones de cielos despejados y nublados, reducción media de la radiación, reflexión en la superficie de la Tierra y de los océanos. Balance de calor del sistema atmósfera-tierra y papel del dióxido de carbono, del vapor de agua y del ozono en la calidad y cantidad de la radiación; mapas de radiación. Introducción a la óptica atmosférica con aplicación a fenómenos como el arco iris o los halos; transparencia de la atmósfera y alcance visual.

- Meteorología dinámica I* Fuerzas reales y aparentes que afectan a los movimientos atmosféricos. Ecuación del movimiento en sistemas de coordenadas inerciales y en rotación. Ecuación relativa del movimiento y sus componentes en diferentes sistemas de coordenadas (coordenadas cartesianas, de presión, naturales y esféricas). Análisis de escala de la ecuación relativa del movimiento. Aproximaciones geostrofica e hidrostática. Flujo horizontal sin rozamiento de movimientos en equilibrio: flujo geostrofico, flujo inercial, flujo ciclostrofico y flujo del gradiente. Viento térmico y atmósferas barotrópica y baroclínica. Teoremas de la divergencia y de la vorticidad, sus análisis de escala
- Meteorología tropical I* Diferencias entre los trópicos y las zonas extratropicales. La circulación general tropical: campos medios observados; temperatura, viento zonal, movimientos meridianos medios, humedad, presión atmosférica al nivel del mar. Balance de momentos angulares y conservación del campo de temperatura; balance hídrico en la atmósfera. La ZCIT, características verticales y estacionales. El tiempo en las proximidades de la ZCIT, la doble vaguada ecuatorial. Los monzones y su tiempo característico, con particular referencia a África y el sudeste asiático. Corrientes en chorro tropicales y su relación con el viento térmico: subtropical, tropical del este, corrientes en chorro a baja altura sobre África occidental y África oriental, ondas del este, principales anticiclones africanos, ciclones tropicales, líneas de turbonada de África occidental. Localización estacional, intensidad y estructura de los sistemas que controlan el tiempo en África con referencia al África oriental.
- Circulación general y climatología* Características principales de la circulación general atmosférica: corrientes en chorro, células de la circulación global, dinámica de la circulación del monzón y fluctuaciones de los sistemas de circulación general. Momento angular: transportes meridionales y verticales de momento angular, calor y vapor de agua. Conservación de la circulación media, viento zonal y temperatura. Introducción a la energética atmosférica: energía cinética, energía potencial, energía potencial total y energía potencial disponible. Clasificaciones climáticas: uso de la vegetación, del balance hídrico, del balance energético, de la clasificación de Budyko como índice de radiación de sequedad; datos procedentes de satélites y otros métodos. Limitaciones de la observación instrumental en la meteorología. Estimación de datos no disponibles: puntos de rejilla y registros por áreas. Cambio climático, impactos potenciales y estrategias de adaptación. Climatología general de África; climatología regional de África Oriental. Procesos climáticos; factores que gobiernan el sistema climático mundial. Procesos climáticos globales: fluctuaciones climáticas pasadas, presentes y futuras del clima global y regional. Estadística climatológica; utilización de registros paleoclimáticos e instrumentales. Causas de la variabilidad y el cambio climático: causas naturales y antropogénicas, variaciones aleatorias. Las interacciones tierra-océano-mar y el clima global. Historia y aplicaciones de los modelos climáticos. Microclimas. El cambio climático: los suelos, la vegetación, la fauna, la agricultura, la hidrología, el hombre, la vivienda, la economía, la industria del transporte, las comunicaciones, etc. Distribuciones espaciales y temporales de los principales parámetros climáticos: radiación, temperatura, presión, viento, hidrometeoros, precipitaciones, nubosidad, nieve, evaporación, humedad, niebla y tormentas. Cambio climático: clima, sequía y desertización. Factores que controlan el clima, fluctuaciones climáticas pasadas, presentes y futuras.
- Meteorología sinóptica y análisis meteorológico* Los distintos tipos de mapas que se utilizan en una oficina de predicción. Las diferentes escalas de movimiento que se identifican en los mapas sinópticos diarios. Análisis e identificación de las perturbaciones en las latitudes medias y altas: ondas en la zona de vientos del oeste, índice zonal, ondas largas (de Rossby) y cortas, relación entre el viento y la presión, cuasigeostrofia, análisis de líneas de corriente y de isotacas, masas de aire y frentes. Transformaciones de las masas de aire. Pendiente frontal, tiempo asociado a las masas de aires, ciclones y anticiclones extratropicales, sistemas de bloqueo, estructura de las corrientes en chorro. Análisis e identificación de las características espaciotemporales de los sistemas meteorológicos

sinópticos tropicales del tiempo en África y África oriental. Inclinación vertical de los sistemas de escala sinóptica. Predicción para aviaadores: fases de despegue, vuelo de crucero, descenso y aterrizaje. Claves METAR y TAF, visibilidad, engelamiento de aeronaves, turbulencia en aire claro, factores meteorológicos que afectan a los vuelos supersónicos. Predicción para marineros, agricultores, hidrólogos y otros usuarios. Aplicación de los satélites a la meteorología sinóptica. La meteorología sinóptica aplicada a las modernas técnicas de predicción: desarrollo, interpretación de las predicciones numéricas y simulaciones informáticas. Análisis tridimensional de sistemas atmosféricos, secciones transversales y temporales de los mapas de altura. Análisis de isohipsas y de líneas de corriente: continuidad en la configuración. Confluencia y difluencia: cálculo de la vorticidad y la divergencia. Análisis, identificación y predicción de sistemas sinópticos y mesoescales: ZCIT y DIT, monzones, corrientes en chorro, anticiclones, ondas del este y del oeste, viento geostrofico, viento del gradiente, tormentas, rachas máximas de viento; sistemas marinos, como el estado del mar, olas oceánicas, mar de fondo, ciclones y otros sistemas de escala sinóptica, mesoescala y microescala. Utilización de la climatología en la predicción. Sistemas sinópticos y regionales dominantes diarios, mensuales y estacionales.

Aplicaciones de los métodos estadísticos a la meteorología 1

Métodos de presentación y análisis de datos meteorológicos. Análisis de frecuencia, densidad de probabilidad y funciones acumuladas. Distribuciones de probabilidad y parámetros como descriptores de las características de las distribuciones. Aplicación de las funciones de densidad de la probabilidad a la meteorología. Distribuciones Normal, Lognormal, Chi-cuadrado, del test t de Student, de Fisher y Gamma. Métodos de estimación de parámetros. Teorema del límite central. Normalidad, comprobación de la bondad del ajuste, contraste de hipótesis e intervalos de confianza. Análisis de correlación y de regresión. Estimación de registros meteorológicos no disponibles. Control de calidad de datos: homogeneidad, promedios de área, polígonos de Thiessen y método de la isoyetas. Características deterministas y probabilísticas de los fenómenos naturales. Probabilidad compuesta, marginal y condicional. Distribuciones binomial y de Poisson. Análisis univariante de series temporales, modelos ARMA y ARIMA

Termodinámica y física de nubes

La ecuación de estado de los gases perfectos y sus mezclas, con aplicación al aire seco y al vapor de agua. Diferentes conceptos para describir el contenido de vapor de agua en la atmósfera. Principios de la termodinámica y procesos irreversibles, el concepto de entropía. Cambios de fase en termodinámica: relación entre T, T_e , e, etc., nivel de condensación por ascenso y punto de saturación. Los diagramas termodinámicos y sus usos. La ecuación hidrostática y su importancia en la meteorología: geopotencial, altimetría, hidrostática de atmósferas especiales, atmósfera tipo. Gradientes adiabáticos seco y saturado, estabilidad estática. Criterios de estabilidad para el aire seco y húmedo; métodos de la partícula y del estrato, arrastre hacia el interior y empuje ascensional en nubes cumuliformes, procesos de mezcla en la cima de las nubes. Variación diurna de la estabilidad. Enfriamiento por radiación, subsidencia, formación de nieblas.

Hidrometeorología I

El ciclo hidrológico, la historia de la hidrología, aplicaciones hidrológicas. El concepto de balance hídrico. El análisis de intensidades de la duración, altura y distribución en superficie de la lluvia. Distribución en un área de la precipitación; análisis y estimación de valores extremos de la lluvia. El proceso físico de la evaporación, la evaporación desde superficies de agua libre, evapotranspiración real y potencial, métodos para estimar la evapotranspiración. Hidrometría y la red de mediciones hidrometeorológicas, hidrogramas, análisis de hidrogramas, síntesis de hidrogramas; teoría y aplicaciones de las avenidas y los períodos de estiaje en el hidrograma unitario. Diseño relacionado con las inundaciones: rendimiento y capacidad de embalses.

Agrometeorología I Alcance de la agrometeorología y de la agrosilvicultura. Medidas agrometeorológicas. Observaciones fenológicas. El clima en las proximidades de la superficie: perfiles de temperatura, viento, dióxido de carbono, radiación y humedad dentro de una capa conformada por completo por comunidades vegetales. Interceptaciones de la luz y de la radiación en un cultivo aislado, entre varios cultivos y en sistemas agroforestales con relación a sus rendimientos. Modificación artificial del microclima: protectores contra el viento y cortavientos, riego, labranza, cubrimiento de la vegetación con paja y estiércol, sistemas agroforestales, etc. Descripción del perfil del suelo, características físicas de los suelos, el agua del suelo y sus métodos de medida, temperatura del suelo y fertilidad. Cálculo de la capacidad de marchitez permanente de los campos y densidad volumétrica. Degradación del suelo; erosión, uso de las tierras, salinidad, etc. Crecimiento y desarrollo de las plantas; vigilancia de la vegetación. El clima, el tiempo y la producción agrícola, necesidades de irrigación, enfermedades, pestes, etc.

Meteorología dinámica II Cinemática: resolución de un campo horizontal de viento lineal sometido a campos de traslación, de rotación, de divergencia y de deformación. Líneas de corriente, trayectorias y líneas de estriación. Teorema de Helmholtz para resolver el campo horizontal de viento en componentes rotacionales e irrotacionales, función de corriente y potencial de velocidades. Ecuaciones de la vorticidad y de la divergencia en diferentes sistemas de coordenadas. Ecuación de continuidad. Ecuación de la tendencia de la presión. Fluidos barotrópicos y baroclínicos. Teoremas de circulación: ejemplos de circulaciones inducidas térmicamente; brisas de mar y de tierra, vientos de valle y de montaña, monzones, etc., circulaciones directas e indirectas. Teoría ondulatoria generalizada, movimiento armónico y descomposición en funciones periódicas de Fourier. Movimientos oscilatorios libres, forzados y amortiguados; ejemplos de oscilaciones atmosféricas. Ondas atmosféricas incluyendo ondas de Rossby, ondas acústicas, ondas gravitatorias y ondas de Kelvin. Procesos de filtrado. Introducción a la Predicción Numérica del Tiempo (PNT): diferencias finitas, inicialización, condiciones de contorno laterales, etc. Problemas de la PNT en los trópicos. Inestabilidad dinámica: inestabilidad baroclínica, barotrópica e inercial.

Meteorología tropical II Procesos en la capa límite tropical. Convección tropical, inestabilidad condicional de primer orden (CIFK) y de segundo orden (CISK) y ondas de CISK. Ciclones tropicales, sus causas y aspectos observacionales, modelización numérica y predicción: vigilancia de las perturbaciones ondulatorias tropicales, aglomeraciones de nubes, líneas de turbonada, interacciones de escala entre los sistemas meteorológicos tropicales; mecanismos de forzamiento de las perturbaciones tropicales. Variabilidad temporal observada en los trópicos: el ciclo diurno, los ciclos anuales y semianuales, las oscilaciones interestacionales e intraestacionales. La estratosfera y la mesosfera tropicales; oscilación cuasibienal, ondas cuasiestacionarias, características de asimetría zonal de los trópicos; interacciones tierra-atmósfera-océano, circulaciones este-oeste; El Niño/Oscilación Austral (ENOA). Modelización y predicción de la atmósfera tropical, variaciones a largo plazo y anomalías meteorológicas tropicales.

Proyecto de trabajo Los estudiantes deberán llevar a cabo proyectos de investigación en campos específicos de la meteorología o de sus aplicaciones, bajo la supervisión o tutela de uno o varios miembros del personal académico. Los estudiantes están obligados a realizar consultas con sus correspondientes tutores al menos una vez cada quince días sobre cuestiones relativas a asesoramiento. Los estudiantes serán aconsejados sobre cómo preparar una propuesta de proyecto en sus áreas de elección. El proyecto de trabajo será presentado oralmente ante un grupo de evaluadores entre los que se encontrará un Evaluador Externo. Las presentaciones orales finales constituirán el 50 por ciento de la calificación total. Los estudiantes deberán enviar informes mecanografiados del proyecto debidamente firmados por su(s) respectivo(s) tutor(es). Estos informes serán calificados por evaluadores internos, y de aquí el estudiante obtendrá el 50 por ciento restante. Con anterioridad a que el

estudiante realice el trabajo de investigación que le ha sido designado, tendrá que redactar una propuesta de proyecto, que será presentada en forma de seminario ante un grupo de supervisores para su evaluación.

Aplicaciones de los métodos estadísticos a la meteorología
II

Teoría del muestreo. Análisis de variancia. Correlación multivariante y análisis de regresión. Diseño de experimentos, diseño aleatorio y diseño por bloques al azar. Análisis de covarianza. Predicción estadística y probabilística en meteorología. Tests de habilidad: evaluación de las predicciones meteorológicas. Esperanzas bivariantes. Introducción a la estadística no paramétrica y análisis de valores extremos. Análisis multivariante de series temporales, funciones ortogonales empíricas. Zonificación del riesgo. Análisis discriminante. Suavizado y filtrado en meteorología. Modelos ARIMA y de funciones de transferencia.

Micrometeorología y contaminación atmosférica

Flujo laminar y turbulento, número de Reynolds, tensión de cizalladura, movimiento molecular en un sustrato laminar. Análisis newtoniano de la viscosidad, recorrido libre medio, ecuación del movimiento de los fluidos viscosos, efectos de la inercia y de la viscosidad, zona de transición entre capas laminares y turbulentas. Capa turbulenta, fricción, tensiones de la turbulencia y flujos de momento lineal, estructura vertical del viento en la capa superficial. Transferencias de masa, calor y momento lineal en la capa turbulenta, coeficiente de intercambio en la capa turbulenta, teoría de la longitud de mezcla, superficies lisas y rugosas, ley de la energía eólica, perfil logarítmico del viento. Relación entre la turbulencia y los perfiles de temperatura. Número de Richardson, perfiles del viento diatérmico. Balance energético de la superficie terrestre, ciclos diarios y anuales de la temperatura. Zona de transición entre la capa turbulenta y la geostrófica. Variación vertical del viento en la capa espiral, vientos en espiral, la espiral de Ekman. Naturaleza y fuentes de la contaminación atmosférica. Ecuaciones en derivadas parciales de la difusión turbulenta para fuentes puntuales instantáneas, fuentes puntuales continuas y fuentes puntuales lineales. Teoría estadística de la difusión turbulenta. Fórmula de Gauss de la difusión, naturaleza y fuentes de la contaminación atmosférica. Métodos de estimación de los niveles de concentración de la contaminación atmosférica. Reacción química y fotoquímica de los contaminantes atmosféricos. Depositiones secas y húmedas, lluvia ácida, capa de ozono, efecto invernadero. Consecuencias de la contaminación atmosférica, su control y gestión. Efectos nucleares en la atmósfera. La contaminación atmosférica y el clima urbano. La contaminación acústica.

6.3 EJEMPLO DE PROGRAMA DE UN PIB-TM COMPLETO

Adaptado por C. Billard del programa de estudios para la obtención del Diploma de Técnico Superior en Meteorología, Servicio Meteorológico de Francia (*Météo-France*), 1998, Francia

Objetivos y organización del programa

Este programa tiene el objetivo de proporcionar a los estudiantes una formación profesional que les permita realizar observaciones y medidas meteorológicas, actividades de proceso de la información meteorológica, estudios climatológicos y apoyo a las tareas de la predicción del tiempo. Además, al finalizar el programa, los alumnos tendrán que saber adaptarse, según el caso, a sus futuras actividades como Técnicos en Meteorología.

Descripción de los cursos

La duración del programa es de dos años académicos, e incluye:

- Cursos teóricos y prácticos, en la “Escuela Nacional de la Meteorología” de Toulouse, Francia.
- Un corto período en una unidad meteorológica operativa local.
- La realización de un proyecto personal, orientado a evaluar la habilidad del estudiante para aplicar los conocimientos y las competencias adquiridas con anterioridad.

- Matemáticas* Veinte horas (en un período de 10 semanas): nociones complementarias para facilitar que los estudiantes obtengan el provecho adecuado de la enseñanza meteorológica. Funciones, límites y funciones derivadas; cálculo integral; derivadas parciales y diferenciales; cálculo vectorial; análisis vectorial y operadores relacionados (gradiente, divergencia, rotacional).
- Física* Veinte horas (período de 10 semanas): nociones complementarias para facilitar que los estudiantes obtengan el provecho adecuado de la enseñanza meteorológica. Termodinámica general: primer y segundo principios generales; fundamentos de mecánica elemental, estática y dinámica de una partícula; obtención de velocidades y aceleraciones.
- Meteorología general* Cien horas (período de 25 semanas): curso clave en el programa de técnico en meteorología, determinante en el plan del resto de cursos; incluye dos materias fundamentales, a saber, la termodinámica de la atmósfera y la dinámica atmosférica. Repaso de la atmósfera y del sistema terrestre: descripción del medio ambiente atmosférico; especial énfasis en aspectos básicos de la radiación electromagnética y las radiaciones solar y terrestre. Termodinámica de las atmósferas 'seca' y 'húmeda'. Representación de la estructura vertical de la atmósfera sobre diagramas adecuados (tefigrama); equilibrio vertical y aproximación hidrostática; ecuación del movimiento horizontal (viento); circulación general (en superficie y en altitud); masas de aire y límites frontales; formación y desarrollo de perturbaciones atmosféricas; fenómenos locales (efecto *foëhn*).
- Meteorología dinámica* Quince horas (período de 5 semanas): curso complementario de Meteorología General, junto con una breve introducción a la predicción numérica del tiempo. Introducción a la meteorología dinámica: ecuaciones básicas que describen la evolución de la atmósfera en el tiempo; herramientas de modelización numéricas; visión e interés generales.
- Oceanografía* Veinte horas (período de 7 semanas): curso general con el objetivo específico de ofrecer una descripción del sistema acoplado océano-atmósfera. El medio ambiente oceánico; las corrientes marinas y los movimientos oceánicos; interacciones entre el mar y la atmósfera; olas marinas y mares de fondo.
- Observación meteorológica* Cien horas (período de 25 semanas): aproximación cualitativa, medida y cifrado de parámetros meteorológicos, observaciones de la alta atmósfera, métodos automatizados. Organización general de las actividades de vigilancia atmosférica (redes *ad hoc*, esquema de la OMM); descripción de nubes y meteoros; cifrado de los datos meteorológicos recogidos para su transmisión; procesos fundamentales de formación de la precipitación y de los distintos meteoros; observación general del cielo y tiempo local habitual.
- Medidas y sensores meteorológicos* Cien horas (período de 35 semanas): este curso se ocupa de los principios físicos inherentes a la medida de los diferentes parámetros meteorológicos, tanto en la superficie como en los niveles superiores: radiación, presión, temperatura, humedad, viento, precipitación. Funcionamiento operativo de los equipos y su mantenimiento; las estaciones o sistemas automáticos; control de la calidad de las medidas; desarrollos relacionados.
- Análisis y predicción del tiempo* Cien veinte horas (período de 40 semanas): curso que incluye lecciones y actividades prácticas orientadas a proporcionar a los estudiantes el conocimiento y las habilidades básicas en relación con el análisis y la predicción del tiempo. Principios básicos de la predicción meteorológica; importancia de la fase de análisis; extrapolación, persistencia y esquemas análogos; métodos que se utilizan en las predicciones de distintos plazos; salidas de los modelos numéricos y guía de procedimientos para preparar predicciones. Esquema del proceso mundial de datos en meteorología; adaptación de predicciones generales a una predicción de menor escala; preparación de boletines y otros productos de predicción; predicciones especializadas para la aviación, las actividades marinas, la agricultura, la calidad del aire;

	información meteorológica en los medios de comunicación; algunas características de las actividades de predicción en las regiones tropicales.
<i>Interpretación de las imágenes de satélite</i>	Quince horas (período de 5 semanas): este curso está orientado al uso eficaz en el análisis y la predicción de las imágenes de satélite y demás información obtenida a partir de la teledetección. Órbitas; diferentes tipos de satélites; características de los satélites meteorológicos; interpretación de imágenes y datos de satélite.
<i>“Météotel” y estaciones “synergie”</i>	Quince horas (período de 4 semanas): presentación de estaciones operativas específicas y de técnicas para los predictores profesionales y los usuarios. Presentación de estas herramientas y su comprobación por parte de los estudiantes.
<i>Estadística</i>	Cincuenta y dos horas (período de 17 semanas): curso sobre una herramienta fundamental para la meteorología con algunos ejemplos procedentes de este campo de aplicación; vinculación con la climatología. Leyes de la probabilidad; hipótesis básicas de la aproximación estadística; estudios de muestreo; estudios casuísticos en la meteorología.
<i>Informática</i>	Setenta horas (período de 25 semanas): las herramientas informáticas son esenciales para procesar la inmensa cantidad de datos que se recopilan en la meteorología. Lenguajes de programación; algoritmos y métodos utilizados en la informática; desarrollo de software.
<i>Uso del PC y del software relacionado</i>	Veinte horas (período de 10 semanas): para permitir a los estudiantes utilizar el software típico de la oficina.
<i>Telecomunicaciones meteorológicas</i>	Doce horas (período de 3 semanas): el sistema mundial de telecomunicaciones de la OMM; la red nacional de telecomunicación meteorológica; diferentes técnicas utilizadas para las telecomunicaciones en la meteorología.
<i>Geografía</i>	Dieciocho horas (período de 9 semanas): transcripción de mapas; climatología y geografía de los climas: definición y clasificación; las regiones climáticas; aspectos básicos de los sistemas numéricos de información geográfica.
<i>Meteorología tropical</i>	Catorce horas (período de 4 semanas): balance energético de la Tierra; repaso de los aspectos notables de la circulación general; ecuador meteorológico; perturbaciones tropicales y huracanes.
<i>Servicios y productos meteorológicos</i>	Noventa y una horas (período de 25 semanas): estas materias se exponen según las necesidades de los distintos tipos de usuarios y de los diferentes sectores económicos involucrados.
<i>Derecho administrativo</i>	(Veinte horas (período de 10 semanas): las fuentes del derecho; las instituciones políticas nacionales y europeas; la organización administrativa a niveles central y territorial; normas específicas de gestión financiera de un organismo público; la gestión de recursos humanos y su reglamentación.
<i>Lenguas extranjeras, especialmente inglés</i>	Cien horas (período de 40 semanas): la lengua extranjera ‘meteorológica’ general y específica; sistemas normalizados de evaluación como, por ejemplo, el TOEFL; presentación de boletines meteorológicos en lenguas extranjeras.
<i>Deporte</i>	Dos horas a la semana (período de 30 semanas).
<i>Sesiones de seminario de prácticas</i>	(Período de 25 semanas): dos sesiones en la segunda parte del programa para practicar y formarse profesionalmente en condiciones próximas a la realidad (casi idénticas a las de una unidad operativa):

- Ocho semanas de seminario de prácticas abarcando: análisis (2 semanas); observación (2 semanas); técnicas informáticas (2 semanas); comunicación oral (1/2 semana); métodos comerciales (1/2 semana).
 - Nueve semanas de seminario de prácticas abarcando: análisis y predicción (3 semanas); observación y climatología local (3 semanas); climatología y técnicas informáticas (3 semanas).
- Períodos de formación profesional Durante el programa están previstos dos períodos de formación profesional:
- Un período de una semana de entrenamiento en una etapa inicial dentro de un equipo profesional, que permitirá al alumno familiarizarse con las normas profesionales que se requieren en un SMN.
 - Un período de dos semanas de entrenamiento, en una fase posterior, en un equipo profesional muy similar al que se incorporará el alumno en última instancia una vez que concluya el programa de formación; esta estancia tiene por objeto facultar al estudiante a completar, en un entorno operativo, su conocimiento y habilidades en la observación, el análisis y la predicción del tiempo, la climatología, la meteorología medioambiental y aplicada, y todas aquellas otras tareas que realiza un Técnico en Meteorología.
- Proyecto personal Esta es la actividad final del programa de seis semanas desarrolladas en un equipo profesional externo. El estudiante tiene que trabajar con cierta autonomía y con espíritu creativo, ocupándose de un tema concreto y bien definido de interés en la meteorología. De este cometido, y de los resultados obtenidos, el estudiante deberá informar en un documento escrito que será presentado ante un tribunal examinador.

6.4 EJEMPLO DE PROGRAMA DE UN PIB-TM CONDENSADO

Adaptado por G. V. Necco del Instituto Ezeiza de Formación Profesional de las Fuerzas Aéreas Argentinas, Curso de Formación para Observadores Meteorológicos; febrero de 2001

Meteorología Número total de horas: 90 horas.

- Objetivos*
- Definición de meteorología.
 - Relación de la meteorología con las diferentes actividades humanas.

Materias, contenidos y horas de teoría y de prácticas

Meteorología (3 horas de teoría):

- Definición de meteorología.
- Relación de la meteorología con las diferentes actividades humanas

La atmósfera (3 horas de teoría):

- Composición de la atmósfera. Composición del aire. Componentes constantes y variables. Ozono atmosférico. Vapor de agua en la atmósfera.
- Las capas de la atmósfera. Capas de la atmósfera. Importancia de la troposfera.
- Intercambios de calor en la atmósfera. Radiación solar. Radiación terrestre. Otros procesos de intercambio de calor. Balance energético de la atmósfera. Efecto de la radiación en la superficie del globo. Diferencia de temperatura entre continentes y mares

Los parámetros de la atmósfera (20 horas de teoría):

- Temperatura del aire. Escala Kelvin de temperaturas. Variación diurna de la temperatura del aire en superficie. Variación de la temperatura con la altitud.
- Presión atmosférica. Naturaleza de la presión atmosférica. Unidades de presión atmosférica. Variación de la presión con la altitud. Variación semidiurna de la presión. Gradiente de presión.

- El aire húmedo. Humedad del aire. Los tres estados del agua. presión de vapor. Proceso de condensación. Proceso adiabático. Proceso isobárico. Proceso de solidificación (o congelamiento). Calor latente. Indicadores del contenido de vapor de agua en el aire. Humedad relativa. Principios del termómetro húmedo. Densidad del aire húmedo.
- El viento. Fuerzas que actúan sobre el aire en movimiento. Viento geostrófico. Viento del gradiente. Ley de Buys-Ballot. El viento en la capa límite. Convergencia y divergencia horizontal. Advección del aire.
- Vientos locales. Brisa marina. Brisa de tierra. Brisa de montaña (viento catabático). Brisa de valle (viento anabático). Viento foehn. Viento zonda.

Nubes (10 horas de teoría):

- Formación y disipación de nubes. Condensación, congelamiento y sublimación. Causas generales de la formación de nubes. Convección. Ascensos orográficos. Nubes asociadas a zonas frontales. Disipación de nubes.
- Procesos de precipitación. Tamaño de las gotas de nube. Crecimiento de las gotas de nube. Mecanismo de la coalescencia. Formación de cristales de hielo. Proceso de Bergeron. Crecimiento de cristales de hielo por colisión. Diferentes tipos de precipitación.

La estabilidad vertical de la atmósfera (7 horas de teoría):

- Procesos adiabáticos en la atmósfera. Gradiente vertical de temperatura. Estabilidad. Método de la partícula. Movimientos verticales del aire no saturado. Inestabilidad condicional. Índices de inestabilidad. Turbulencia atmosférica. Diferentes tipos.
- Inversiones de temperatura. Inversiones frontales.

Visibilidad (2 horas de teoría):

- Factores que influyen en la visibilidad. Efecto de la precipitación.
- Niebla y neblina. Grado de importancia para diferentes actividades.

Las masas de aire y los frentes (8 horas de teoría):

- Importancia meteorológica de la escala. Definición de masas de aire. Clasificación de las masas de aire locales. Símbolos usados. Evolución de las masas de aire.
- Definición de frente. Fenómenos asociados a los diferentes tipos de frentes. Modelo de frente frío. Fenómenos asociados. Modelos de frente cálido. Fenómenos asociados.
- Ciclones extratropicales. Perturbaciones en el frente polar. Frentes ocluidos. Fenómenos asociados a los frentes ocluidos.

Las masas de aire y los frentes. Fenómenos violentos (4 horas de teoría):

- Tormentas. Formación y evolución de las células tormentosas. Tipos de tormentas. Detección de tormentas. Tornados.

Análisis sinóptico (10 horas de teoría):

- Mapas sinópticos al nivel del mar. Anticiclones y dorsales. Depresiones y vaguadas. Otras configuraciones isobáricas. Los sistemas frontales en los mapas al nivel del mar. Relaciones entre las configuraciones sinópticas y el tiempo.

Circulación general (3 horas de teoría):

- La circulación media en la troposfera. Definición de corriente en chorro. Corrientes en chorro subtropical y polar. Modelos de circulación general.

Metodología a aplicar Presentación, demostración, diálogo y preguntas; evaluaciones oral y escrita

Bibliografía para el profesor *Compendio de Apuntes para la Formación del Personal Meteorológico de Clase IV; Volumen II Meteorología, OMM-Nº 266.*

Instrumentos y métodos de observación
Objetivos

Número total de horas para el módulo: 214 horas.

- Comprender el funcionamiento de una estación meteorológica y sus funciones.
- Participar con una actitud positiva en el trabajo de equipo del personal de la estación.
- Llevar a cabo el mantenimiento básico de la instrumentación.
- Preparar la documentación para registrar e informar de las observaciones.
- Conocer las nuevas técnicas de obtención de la información por medio del radar y los satélites meteorológicos.
- Apreciar la necesidad de ofrecer sólo la información que corresponde a su papel.

Materias, contenidos y horas de teoría y de prácticas

Funcionamiento y administración de una estación meteorológica (10 horas de teoría):

- Principios de funcionamiento administrativo de una estación meteorológica. Meteorología. Planes de trabajo. Tareas y funciones. Planificación y gestión de los medios disponibles.
- Atención a los usuarios. Documentación. Coordinación con otras dependencias de protección de vuelo.

La observación meteorológica (4 horas de teoría y 3 horas de prácticas):

- Alcance de las observaciones, diferencia entre medida y estimación. Clasificación de las estaciones meteorológicas.
- Los elementos que se miden y los que se estiman. Horas de observación. Las observaciones de rutina y las de uso aeronáutico. Los husos horarios.
- Registro de observaciones. Observaciones registradas.

Los meteoros (4 horas de teoría y 4 horas de prácticas):

- Hidrometeoros, fotometeoros, litometeoros y electrometeoros: definiciones y símbolos. Relación entre tipos de nubes y meteoros.
- Información sobre el tiempo presente y el tiempo pasado. Intensidad de los fenómenos. Normas de anotación e información. Tablas de claves. Definición de los términos de uso común, referidos al tiempo presente (WW) y al tiempo pasado (W₁W₂).

Nubes (6 horas de teoría y 20 horas de prácticas):

- Clasificación de nubes. Géneros, especies y variedades de nubes. Anotación en el cuaderno meteorológico.
- Medida de la altura de las nubes. Globos meteorológicos para calcular la altura de la base de las nubes, neofaltímetros. Los techos y los mínimos aeronáuticos. Información en tiempo real: FVR, IFR, VMC.
- Cifrado de nubes. Evolución de las condiciones de nubosidad en el cielo. Prioridades en cifrar nubes que coexisten en una misma capa.

Medida de la presión atmosférica (4 horas de teoría y 12 horas de prácticas):

- Unidades de medida de la presión atmosférica. Conversión y transformación de unidades. Instrumentos de medida. Barómetros de cubeta ajustable (Fortin) y fija (Kew). Barógrafos. El nonio.
- Correcciones a realizar en la lectura barométrica. Niveles de comparación. Tablas de d2 y d4. La atmósfera tipo. Cálculo y cifrado del QFE, QFF y QNH. Cálculo y cifrado de appp.

Medida de la temperatura del aire (3 horas de teoría y 10 horas de prácticas):

- Unidades de medida de la temperatura. Transformación de unidades. Termómetros. Diferentes tipos de termómetros. La garita meteorológica.
- Lectura y registro de la temperatura. Temperatura real. Temperaturas máxima y mínima diarias. Temperatura del suelo. El geotermómetro.
- Calibración de termómetros.
- Cifrado de la temperatura en los diferentes mensajes. El termógrafo. Lectura y registro.

Medida de la humedad del aire (3 horas de teoría y 12 horas de prácticas):

- Medida de la presión de vapor, la humedad relativa y el punto de rocío. Definiciones y unidades de medida.
- Instrumentos de medida de la humedad del aire. El psicrómetro y el higrógrafo. Diferentes tipos.
- Lectura y registro. Cálculo de los distintos parámetros de medida de la humedad. Tablas psicrométricas.
- Cifrado y registro de la temperatura del punto de rocío.

Medida de la precipitación (2 horas de teoría y 6 horas de prácticas):

- Precipitación líquida y sólida. Instrumentos para su medida. Pluviómetros. Pluviógrafos. Nivómetros.
- Horas de lectura. Registro de las observaciones en la banda pluviométrica y en el cuaderno de observación. Cifrado de la información.

Medida del viento (3 horas de teoría y 12 horas de prácticas):

- Medida de la dirección del viento. Veletas. Unidades de medida de la dirección del viento. La rosa de los vientos. Medida de la velocidad del viento. Unidades de medida de la velocidad del viento. Equivalencia. Transformación de unidades.
- Lectura, informe y registro del viento. Cifrado en los diversos mensajes.
- Definición y registro de rachas, informe de las mismas.

Medida de la visibilidad (4 horas de teoría y 10 horas de prácticas):

- Definición de la visibilidad horizontal. Factores que influyen en ella. Planos de referencia. Relación entre el estado del cielo, los meteoros y la visibilidad.
- Registro en el cuaderno de observación. Informes en tiempo real. Difusión a los usuarios directos. Alcance visual en la pista. Definición del AVP. Informes de uso aeronáutico.
- El transmisómetro: VFR, IFR, VMC.

Medida integrada de los diferentes parámetros (56 horas de prácticas):

El mensaje climático (12 horas de prácticas):

- Mensajes estadísticos. Normas de preparación. Mensaje adicional CLIMAT. Preparación de mensajes CLIMAT. Registro de valores extremos mensuales.

Mantenimiento de instrumentos (15 horas de prácticas):

- Mantenimiento básico de la instrumentación.
- Sistemas electromecánicos. Sistemas de cuerda.
- Sistemas electrónicos.

Radares meteorológicos (6 horas de teoría):

- Ondas electromagnéticas. Principios del funcionamiento del radar. Conceptos generales de las medidas. Identificación de hidrometeoros.
- Aplicaciones de la información obtenida a partir del radar para la predicción a corto plazo.

Información obtenida a partir de imágenes de satélite (8 horas de teoría):

- Breve historia de la era espacial. Órbitas de los satélites. Las leyes de Kepler. Puntos subsatélite y trayectorias. Conceptos básicos para el cálculo de órbitas.
- Sensores visibles e infrarrojos. Conceptos generales de la interpretación de imágenes

Metodología a aplicar

Presentación, demostración, diálogo y preguntas; evaluaciones oral y escrita. Pasantía de prácticas en las instalaciones del instituto y en las estaciones meteorológicas de observación.

Cifrado de las observaciones de superficie	Número total de horas de la unidad: 210 horas.
<i>Objetivos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender el funcionamiento de los diferentes sistemas de información meteorológica empleados en los servicios de protección del vuelo. • Cifrar y descifrar los distintos tipos de mensajes meteorológicos. • Apreciar la importancia de un cifrado adecuado para la transmisión de la información meteorológica
<i>Materias, contenidos y horas de teoría y de prácticas</i>	<p><i>Meteorología y protección de vuelo (10 horas de teoría):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • El Servicio Meteorológico Nacional. • El Sistema Mundial de Observación de la OMM. El Sistema Mundial de Telecomunicaciones. El Sistema Mundial de Proceso de Datos. La coordinación de ATS-MET. • La estadística meteorológica. <p><i>Los mensajes meteorológicos (180 horas de teoría y 20 horas de prácticas):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mensajes SYNOP. Símbolos y tablas de claves. Cifrado y descifrado. • Mensajes METAR y SPECI. Símbolos y tablas de claves. Cifrado y descifrado. • Mensajes PILOT. Símbolos y tablas de claves. Cifrado y descifrado. • Mensajes RADOB. Símbolos y tablas de claves. Cifrado y descifrado. • Mensajes SATOB y SATEM.
<i>Metodología a aplicar</i>	Las prácticas de las diferentes claves se llevarán a cabo en las instalaciones del instituto.

CAPÍTULO 7

EJEMPLOS REALES DE COMPETENCIA LABORAL REQUERIDA

Análisis y predicción del tiempo
Análisis y predicción del clima
Observaciones y medidas; instrumentación
Tecnología de la información y proceso de datos
Agrometeorología
Meteorología aeronáutica
Meteorología marina
Meteorología medioambiental
Meteorología por satélite

Este capítulo ilustra la competencia y aptitud para el trabajo, y los conocimientos y habilidades pertinentes que se exigen al personal meteorológico asignado a las ramas de actividad que se identificaron en el capítulo 2. Se presentan ejemplos propios de la 'vida real' proporcionados por los expertos de determinados SMN y de otras instituciones pertinentes, en respuesta a peticiones específicas de la OMM. Salvo en el caso de algún comentario de carácter general, se ha mantenido básicamente la estructura de las respuestas originales recibidas. En consecuencia, hay ligeras diferencias en el nivel de detalle y un cierto grado de superposición a la hora de exponer los temas de algunos ejemplos.

Los nueve ejemplos pueden inspirar tanto a educadores como a gestores a identificar las necesidades de sus SMN respecto a los conocimientos y habilidades de especialización, y luego traducir esos requisitos en términos de resultados de la formación profesional. Es posible que el usuario tenga que adaptar estos ejemplos a sus propias prioridades. Por consiguiente, algunos de los temas pueden recibir un énfasis mayor o menor que el que aquí se sugiere. Puede suceder que algunos ejemplos ni siquiera sean aplicables a un determinado SMN (por ejemplo, es posible que un país sin salida al mar no esté interesado en la meteorología marina).

Obviamente, no se puede exigir a nadie que posea todas las competencias ilustradas a lo largo de este capítulo. Sin embargo, sí cabría esperar que los gestores e instructores hiciesen todo lo necesario para garantizar que la experiencia que necesitan sus SMN sea cubierta por personal adecuadamente formado en su conjunto.

7.1 ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DEL TIEMPO

Por B. W. Riddaway, del Servicio Meteorológico Nacional del Reino Unido

Producción de predicciones genéricas

Para elaborar una predicción genérica, el predictor debe:

Adoptar una metodología apropiada al principio de su turno para asimilar rápidamente todos los datos que sean pertinentes. Para ello, el predictor describirá lo siguiente en los primeros 15 minutos desde su entrada

- La situación general.
- Los puntos principales en la guía de procedimientos.
- Cómo se está comportando el tiempo en este momento.
- Los factores clave del tiempo para las próximas 24 horas.
- Cualquier técnica de predicción que sea conveniente utilizar en el día de hoy.

Interpretar correctamente la guía de procedimientos en función del tiempo local, y asegurarse de que las predicciones sean coherentes con ella, es decir:

- Saber cuándo y dónde obtener la última guía.
- Leer la guía más reciente.
- Identificar qué partes de la guía se refieren al área local.
- Utilizar la guía para describir el tiempo en un lugar dado cualquiera.
- Identificar cuándo el tiempo, a nivel local, es diferente del esperado en la guía.
- Justificar las ocasiones en que su propia predicción local no está de acuerdo con la guía.

Interpretar correctamente los productos de predicción de la PNT en función de las condiciones meteorológicas locales inferidas para el área de responsabilidad, tomando debida nota de los pertinentes comentarios en los boletines de la guía, es decir:

- Saber cuándo y dónde obtener la última guía de PNT.
- Estar al corriente de la última guía de PNT.
- Identificar qué partes de la guía se refieren al área local.
- Utilizar la guía de PNT para describir el tiempo en un lugar dado cualquiera.
- Identificar cuándo el tiempo, a nivel local, es diferente del esperado en la guía de PNT.
- Poder justificar las ocasiones en que su propia predicción local no está de acuerdo con la guía de PNT.
- Identificar cualquier comentario realizado sobre el rendimiento de la PNT en la guía escrita o verbal, especialmente cuando afecta a los resultados de la predicción local.

Interpretar correctamente la salida del modelo normalizado evaluando sus puntos fuertes y débiles, es decir:

- Saber qué pasada del modelo es válida en la actualidad.
- Describir el tiempo en la atmósfera del modelo trasladando símbolos y campos a los mapas del modelo.
- Trasladar el tiempo en el modelo al caso de la atmósfera real teniendo en cuenta los puntos fuertes y débiles.
- Describir el significado de cualquier cambio que ocurra entre cada pasada del modelo.

Identificar, y prestar especial atención a, las fuentes de datos que probablemente proporcionen una indicación de cualquier desviación de las condiciones atmosféricas esperadas, es decir:

- Saber dónde encontrar los datos disponibles más recientes de satélite, de radar y de observación.
- Seleccionar los datos apropiados para cada predicción en cualquier situación meteorológica.

- Interpretar cualquier dato seleccionado y compararlo con la guía y la predicción habituales.
- Reaccionar de forma apropiada en las predicciones habituales ante los efectos de los últimos datos.

Aplicar correctamente las técnicas de predicción local apropiadas para el viento, la temperatura, la visibilidad, la niebla, las nubes, la precipitación y los fenómenos meteorológicos adversos para la aviación, es decir:

- Utilizar de forma eficaz los métodos de predicción apropiados extraídos del Libro de Referencia del Predictor.
- Usar el tefigrama para hacer lo siguiente:
 - Predecir la temperatura máxima.
 - Predecir las bases de las nubes, los toques de las nubes y la estructura nubosa.
 - Determinar el punto de niebla.
 - Deducir cambios en la estabilidad.

Utilizar la guía, la PNT y las técnicas de predicción local para desarrollar una predicción que se adapte para satisfacer los requisitos locales, es decir:

- Dentro de los 15 minutos siguientes al comienzo del servicio, ofrecer una amplia visión del tiempo que se espera en el área local para las próximas 36 horas.
- Definir los factores de la predicción que puedan ser inciertos y puntualizar la forma de los posibles errores en la predicción establecida.
- Expresar el nivel de confianza de las predicciones habituales:
 - Ser consciente de, y hacer uso apropiado de, las principales características disponibles en la estación de trabajo, es decir:
 - Utilizar la estación de trabajo para determinar lo siguiente:
 - El punto de Normand.
 - El punto de niebla.
 - La temperatura máxima utilizando el método de estadística de salida de modelos (MOS).
 - La temperatura mínima usando el MOS y el método de McKenzie.
 - La probabilidad de ondas de montaña utilizando el método de Casswell.
 - La refracción atmosférica.
 - Las temperaturas de los toques de las nubes a partir de imágenes IR.
 - Utilizar la estación de trabajo para obtener y aplicar las posibilidades de superposición.

Producción de predicciones para los usuarios

En la producción de predicciones dirigidas a los usuarios es esencial para el predictor:

Saber establecer los criterios típicos y el léxico apropiado para la emisión de avisos, es decir:

- Definir los avisos que han de emitirse en la oficina de predicción, ya sea de memoria o por acceso inmediato al libro de avisos.
- Identificar los criterios a utilizar para cualquier tipo de aviso.
- Generar avisos para su emisión que no contengan ambigüedades y que sean claros y fáciles de leer.

Estar familiarizado con los criterios de corrección previstos y con los procedimientos a seguir para los principales productos de predicción, es decir:

- Identificar los criterios de corrección de una predicción cuando así se requiera.
- Establecer el procedimiento de enmienda de cualquier predicción.
- Utilizar el procedimiento de corrección adecuado.

Poder utilizar el software del PC para preparar los productos de predicción, es decir:

- Consultar cualquier predicción disponible en la estación de trabajo.
- Utilizar el paquete de software MS-Office para producir predicciones.
- Utilizar cualquier otro sistema del PC necesario para realizar el trabajo.

Saber utilizar correctamente las claves TAF y TREND al producir pronósticos de aeródromo, es decir:

- Utilizar la totalidad de las claves TAF y TREND apropiadamente.
- Aprender las diferencias en los criterios de cambio entre las dos claves.
- Aprender las diferencias entre las claves militares y civiles.

Seguir las reglas acordadas con el cliente para producir las predicciones, es decir:

- Establecer u obtener de forma sencilla las reglas convenidas para todas las predicciones.
- Generar predicciones que sigan las reglas convenidas.

Redactar las predicciones escritas en un estilo apropiado para el cliente, es decir:

- Aprender los diferentes estilos que prefieren los clientes.
- Hacer un uso correcto del tiempo gramatical de los verbos y de la puntuación en las oraciones.
- Producir material escrito sin faltas de ortografía.
- Producir material escrito que sea fácil de leer al primer intento.
- Producir material escrito sin ambigüedad.

Presentar las predicciones verbales de una forma normalizada aceptable, es decir:

- Hablar con voz clara y firme.
- Ser natural al leer el material escrito.
- Responder adecuadamente a las preguntas.
- Mantener un buen contacto visual o con la cámara de TV en el momento de dar la información verbal o de salir en antena.
- Ajustarse al tema.
- Evitar la ambigüedad

Suministro de tareas especializadas o de apoyo

Con objeto de suministrar tareas especializadas o de apoyo, el predictor debe:

Ser experto en el uso de sistemas de TI de oficina, para poder llevar a cabo el mantenimiento rutinario que precisa el usuario así como resolver los problemas que se presenten en esos sistemas, es decir:

- Recuperar cualquier sistema de TI para dejarlo en perfecto funcionamiento, conforme a lo previsto en las instrucciones del equipo de personal local.
- Comprender y llevar a cabo cualquier tarea de comunicaciones, conforme a lo previsto en las instrucciones del equipo de personal local.
- Cambiar el papel y las cintas de impresoras y fotocopadoras y realizar cualquier otro mantenimiento de rutina, conforme a lo previsto en las instrucciones del equipo de personal local.

Saber hacer, cifrar y transmitir observaciones meteorológicas precisas, es decir:

- Observar con precisión todos los parámetros necesarios para su introducción en el SAMOS.
- Asegurar la puntualidad de las observaciones.
- Utilizar el SAMOS de forma rápida y eficaz.
- Efectuar las observaciones sin error.

Ser capaz de poner en funcionamiento cualquier equipo especializado que el predictor necesite utilizar como parte de sus funciones habituales, es decir:

- Utilizar el equipo del estudio de radio.
- Utilizar el retroproyector o cualquier otro aparato necesario para la exposición meteorológica verbal.
- Utilizar cualquier equipo de contestador telefónico.

Poseer algunas otras habilidades necesarias, conforme se defina a nivel local, para estar facultado para trabajar en esa oficina sin supervisión directa, es decir:

- Conocer la política local de fijación de precios y tasas.
- Conocer dónde encontrar la política local de fijación de precios y tasas.

- Buscar y tomar debida nota de la supervisión de los colegas cuando sea necesario.
- Solicitar asesoramiento a los colegas para aclarar cualquier tema que no se comprenda.
- Pedir consejo a los colegas sobre la forma de mejorar las técnicas de predicción.
- Ensayar los nuevos métodos y técnicas sugeridos por los colegas.
- Conservar los antecedentes acordados a nivel local con los colegas al producir las predicciones.
- Tratar de mejorar las futuras predicciones por medio de la predicción retrospectiva y analizando las predicciones que ya se han emitido.

Estar al corriente y hacer uso apropiado de la totalidad de características pertinentes disponibles en las estaciones de trabajo con pantalla de visualización de datos para el predictor, es decir:

- Saber dónde encontrar, conmutar y conectarse a cualquier estación de trabajo para el predictor.
- Poder personalizar el sistema.
- Seleccionar y administrar las áreas de gráficos.
- Obtener salidas impresas para cualquier dato.
- Establecer horarios de impresión.

Familiarizarse y apreciar la importancia de cualquier esquema de verificación de predicciones de uso operativo, es decir:

- Ser consciente de los esquemas locales de verificación y de su impacto en los futuros servicios de predicción, así como también en la rentabilidad propia y de los colegas.
- Completar cualquier detalle que requieran los esquemas locales de verificación.
- Utilizar los esquemas de verificación para determinar cualquier sesgo optimista o pesimista en las predicciones propias

Administración del ambiente de trabajo

Para administrar el ambiente de trabajo, el predictor:

Realiza su trabajo con eficacia a través de un esquema de funciones, es decir:

- Está al corriente del cuadrante de turnos que se está utilizando en la actualidad.
- Realiza las previsiones necesarias para garantizar que se cumplen los plazos establecidos.
- Antepone la seguridad pública como prioridad máxima.
- Conoce la importancia y sensibilidad relativa de una predicción con respecto a otra.

Asegura la coherencia con los colegas durante las actividades de predicción, es decir:

- Conduce de forma regular y eficaz el diálogo con los colegas sobre la situación meteorológica.
- Es capaz de consensuar un 'razonamiento' con los colegas.

Se relaciona bien con los colegas y trabaja como un miembro más del equipo, es decir:

- Trabaja con los colegas de forma abierta y amistosa.
- Presta el debido respeto a la igualdad de oportunidades.
- Se solidariza con los colegas que están experimentando dificultades y responde adecuadamente.
- Comparte la carga de trabajo ante situaciones inusuales de exceso del mismo.

Trata con los clientes de forma apropiada y con profesionalidad, es decir:

- Contesta al teléfono de una manera clara y acogedora.
- Atiende las consultas cara a cara, de forma abierta y amistosa.
- Realiza preguntas para aclarar las necesidades del cliente.
- No demuestra molestia ni siquiera cuando es provocado y responde constructivamente a las críticas o quejas.
- Conoce el procedimiento de quejas y lo pone en marcha si es necesario.

7.2 VIGILANCIA Y PREDICCIÓN DEL CLIMA

Por Y. Kimura, de la Agencia Meteorológica de Japón

Servicios de vigilancia y predicción del clima	<p><i>El climatólogo debe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer los impactos de las fluctuaciones del clima (del tiempo) sobre la sociedad. • Comprender el valor de la información sobre la vigilancia y la predicción del clima. • Saber cómo se utiliza la información sobre la vigilancia y la predicción del clima. • Ser consciente de las necesidades de la sociedad en relación con los servicios de predicción y vigilancia del clima.
El clima en el área de responsabilidad	<p><i>El climatólogo debe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer la geografía de su área de responsabilidad. • Conocer la representatividad espacial de los datos climáticos de cada estación de observación dentro de su área de responsabilidad. • Conocer las características del clima en su área de responsabilidad: <ul style="list-style-type: none"> – Los valores normales climatológicos y la variabilidad (desviación típica) de los elementos climáticos. – Los cambios estacionales e interanuales de los elementos climáticos. – Los cambios estacionales de las configuraciones meteorológicas dominantes. – La influencia del urbanismo sobre el clima en el área de responsabilidad.
Relación entre el clima a gran escala y el clima en el área de responsabilidad	<p><i>El climatólogo debe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer las condiciones normales del clima a gran escala: <ul style="list-style-type: none"> – Las configuraciones de la presión en superficie y de la circulación más frecuentes. – Las relaciones entre las distintas variables físicas. – Las variaciones estacionales de todos los parámetros citados en los dos apartados anteriores. • Conocer la relación entre el clima a gran escala y el clima en su área de responsabilidad: <ul style="list-style-type: none"> – Las condiciones normales. – Los años climáticos anómalos en el pasado. – Los resultados de estudios anteriores sobre la relación entre las variaciones del clima a gran escala y las variaciones del clima en su área de responsabilidad. – Los resultados de estudios anteriores sobre la relación entre las condiciones en el límite inferior de la atmósfera a gran escala, tales como la temperatura de la superficie del mar y las áreas nevadas, y el clima en su área de responsabilidad.
Predicción del clima	<p><i>El climatólogo debe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprender la predictibilidad del clima y qué es lo que se puede predecir. • Comprender el significado de la predicción determinista y de la predicción probabilística
Métodos utilizados en la vigilancia y predicción del clima	<p><i>El climatólogo debe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer los métodos utilizados en el análisis climático: <ul style="list-style-type: none"> – Análisis de series temporales (medias móviles, análisis espectral, análisis de tendencia, etc). – Análisis de funciones ortogonales empíricas (FOE). – Análisis basado en las correlaciones, análisis basado en las correlaciones canónicas (ACC). – Análisis de descomposición en valores singulares (DVS), etc. • Conocer los métodos utilizados en la predicción climática:

- Métodos estadístico-empíricos: persistencia, método de los análogos, método de los análogos y los antianálogos, periodicidad, regresión lineal múltiple, ACC, análisis discriminante, normal climatológica óptima (NCO), etc.
- Métodos dinámicos: modelo de circulación general atmosférica, modelo acoplado de circulaciones generales de la atmósfera y del océano, modelo híbrido, predicción por conjuntos.
- Predicciones objetivas: estadística de salida de modelos (MOS), método de la predicción perfecta (MPP), etc

Verificación de predicciones	<p><i>El climatólogo debe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer los objetivos de la verificación de predicciones. • Conocer los métodos que se utilizan en la verificación de predicciones: <ul style="list-style-type: none"> – Predicción categórica determinista: tabla de contingencias, sesgo, índice de acierto, índice de acierto de Heidke, etc. – Predicciones probabilísticas: diagrama de fiabilidad, índice de acierto ordenado por probabilidades (OP), índice de acierto de Brier, característica de funcionamiento relativa (CFR), etc. – Predicción de variables continuas: sesgo, correlación de anomalías, error cuadrático medio, etc.
Datos utilizados en la vigilancia y predicción del clima	<p><i>El climatólogo debe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer las características de los datos utilizados: <ul style="list-style-type: none"> – Datos de observaciones meteorológicas de superficie y datos de observaciones aerológicas. – Datos de observaciones oceanográficas. – Datos de observaciones por satélite. – Datos de análisis objetivo, datos de reanálisis, datos de sistemas de asimilación.
Funciones de la vigilancia del clima	<p><i>El climatólogo debería:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Familiarizarse con los procedimientos de trabajo de la vigilancia del clima. • Conocer las formas que existen para interpretar correctamente los datos observados y analizados, comprendiendo las características y la resolución espaciotemporal de estos datos y de los métodos de análisis utilizados. • Tener en cuenta la importancia de la vigilancia no ya solo del clima en el área de responsabilidad, sino también del clima a gran escala y del sistema climático completo. • Tener presente la importancia de investigar las causas de los climas anómalos y atesorar los resultados para su utilización futura.
Funciones de la predicción del clima	<p><i>El climatólogo debería:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Familiarizarse con los procedimientos de trabajo de la predicción del clima. • Conocer las formas que existen para interpretar correctamente los datos de predicción, comprendiendo sus puntos fuertes y débiles, las habilidades (verificación de resultados) de los métodos de predicción utilizados y las escalas espaciotemporales que los métodos representan. • Tener en cuenta la importancia de atesorar los resultados de la verificación de los datos de predicción y las predicciones ya emitidas
Suministro y explicación de la información climática	<p><i>El climatólogo debe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hacer un uso apropiado de términos como, por ejemplo, normal climatológica, clima inusual, etc. • Al explicar a los usuarios la información sobre la vigilancia y la predicción del clima, considerar el impacto fundamental que tiene el clima (el tiempo), o que se espera que tenga, en la sociedad. • Explicar a los usuarios la información sobre la vigilancia y la predicción del clima de forma clara y sin ambigüedades. • Aplicar los conocimientos precisos sobre meteorología y climatología en el momento de explicar a los usuarios la información sobre la vigilancia y la predicción del clima.

7.3 OBSERVACIONES Y MEDIDAS; INSTRUMENTACIÓN

Por R. A. Pannett, del Servicio Meteorológico de Nueva Zelandia, Sociedad Limitada

Introducción Los conjuntos de datos meteorológicos se utilizan en una amplia gama de aplicaciones de la predicción del tiempo, la climatología o la investigación meteorológica así como en numerosas aplicaciones de tipo agrícola, industrial y comercial. Con el fin de asegurar la calidad particular de los datos para las diversas aplicaciones de la forma más económica posible, se presta una máxima atención al diseño de modernos sistemas de adquisición de datos y a los procedimientos de muestreo de los datos.

Debido a que los gastos para la adquisición de datos suponen una alta proporción del presupuesto total de un SMN, existe una presión continuada para asegurar que los recursos se utilicen con la máxima eficacia y para buscar formas de reducir los costes sin menoscabo del rendimiento exigido.

Como los procesos de adquisición de datos se están volviendo cada vez más automatizados para mejorar la calidad y reducir los costes, existe una modificación en la División de Observaciones y Medidas (O&M) de los conocimientos básicos respecto a la habilidad necesaria para operar y mantener las redes de observación. El énfasis se traslada desde la concentración que había en los antiguos métodos manuales y visuales y en los instrumentos 'mecánicos' individuales hacia los sistemas automáticos de teledetección que utilizan componentes electrónicos con microprocesadores y en los que se realiza el muestreo y proceso de datos mediante programas informáticos, y que se distribuyen a los usuarios en diversos tipos de soportes de datos de telecomunicaciones.

En el equipo de especialistas de la División de O&M hay una tendencia a reducir el número total de empleados, a la vez que se perfeccionan las habilidades del personal existente para mejorar su competencia en las nuevas tecnologías. El personal, asimismo, puede ser 'multiexperto' de modo que resulta competente para una gama más amplia de tareas y puede desplegarse de manera más flexible para atender las necesidades emergentes. Esta práctica también conduce a una mayor satisfacción en el trabajo.

La siguiente lista de competencias se facilita en términos de responsabilidades funcionales o de 'áreas cuyos resultados son clave'. En algunos casos corresponderán al campo de un especialista, pero a menudo las competencias se distribuirán a través de toda la división y de varias personas, o bien un equipo funcional ofrecerá habilidades complementarias.

Los siguientes conocimientos básicos y avanzados, y las actitudes y prácticas adecuadas para la seguridad y la salud en el trabajo, serán comunes en la División de O&M:

Conocimientos básicos

- Meteorología básica.
- Ciencia básica de la medida.
- Sistemas de calidad.
- Seguridad y concienciación frente al peligro; práctica de primeros auxilios básicos.
- Utilización de las aplicaciones y programas informáticos del ordenador personal: procesadores de textos, hojas de cálculo, diseños de ingeniería, diagramas de flujo, uso del correo electrónico y de Internet; otras herramientas de producción.

Conocimientos avanzados

- Planificación de recursos.
- Gestión de proyectos.
- Diseño electrónico.

- Diseño de sistemas.
- Ingeniería de programación.
- Ingeniería de comunicaciones.
- Ingeniería de calibración.

Higiene y seguridad en el trabajo

- Uso apropiado de prendas de seguridad y de equipos protectores.
- Gases y vapores venenosos (disolventes, mercurio).
- Productos químicos corrosivos (productos químicos cáusticos).
- Riesgos de sacudida eléctrica.
- Caída de objetos.
- Síndrome de abuso en el trabajo.
- Formación en primeros auxilios de lesiones (formación certificada).

Gestión de la división de O&M *Tareas*

- Establecer y gestionar contratos para los datos básicos, incluyendo: observaciones en altitud; observadores voluntarios; buques voluntarios de observación; datos climáticos; METAR y AMDAR.
- Establecer acuerdos del nivel de servicio con otras divisiones o unidades del SMN para suministrar servicios de calidad y de mantenimiento de datos.
- Ofrecer nuevos y mejores sistemas de adquisición de datos para atender las progresivas necesidades que, con respecto a costes y eficacia, tienen los SMN y sus clientes.
- Mantener un grado óptimo de calidad y de fiabilidad en la recopilación de datos meteorológicos a través de un programa eficaz de calibración regular y mantenimiento preventivo.
- Organizar el dispositivo de control y respuesta ante fallos operativos y proceder a la oportuna reparación de los equipos.
- Organizar la participación en los programas de cooperación internacional, por ejemplo, en el programa de boyas a la deriva.
- Preparar el suministro de material adecuado de guía y de formación relativo a los procedimientos de recopilación de datos, tanto para el personal del Servicio y los contratistas, como para realizar el seguimiento del grado de cumplimiento de tales procedimientos.
- Actuar como portavoz experto en materia de redes globales de adquisición de datos.
- Colaborar con la Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación (CIMO) de la OMM.
- Ejecutar sistemas de calidad conforme a los requisitos ISO 9000.
- Ofrecer recursos financieros y materiales (preparar y realizar el seguimiento de presupuestos).
- Informar de la calidad y del rendimiento del sistema global de adquisición de datos cuando se solicite.
- Mantener, mejorar y administrar de forma óptima los bienes y equipos.
- Seleccionar personal con las habilidades exigidas.
- Ofrecer formación profesional para el personal técnico.
- Conducir el proceso de evaluación personal de los empleados.

Competencias

- Dotes de liderazgo y de gestión de recursos humanos.
- Saber centrarse eficazmente en atender las exigencias de los usuarios.
- Excelente facilidad para la comunicación oral y escrita.
- Amplio conocimiento de todos los procesos del SMN que dependen de los datos meteorológicos.
- Establecer presupuestos y controlar los gastos.
- Gestionar los activos para mantener el rendimiento económico.
- Capacidad de planificación estratégica.
- Habilidad en las negociaciones.
- Familiaridad con los programas de la OMM y, en especial, con la VMM.
- Planificar el trabajo para alcanzar los objetivos operativos.
- Capacidad de trabajar bajo presión para cumplir los plazos establecidos.

- Administración de la red
Tareas
- Gestionar los programas de observación en superficie y en altitud con objeto de ofrecer redes que sean óptimas, representativas y rentables.
 - Gestionar el programa de observación marina (barcos y boyas a la deriva) para ofrecer una red óptima.
 - Contribuir a la planificación de la red.
 - Realizar inspecciones de los emplazamientos.
 - Participar en la selección de personal y prestar formación a contratistas, observadores voluntarios y barcos de observación.
 - Contratar el despliegue de boyas y el proceso de datos de las mismas.
 - Proporcionar a contratistas y observadores las instrucciones de funcionamiento y los procedimientos normalizados.
 - Asegurar el suministro de material fungible a la estación.
 - Gestionar la distribución de datos desde las estaciones de observación a la Oficina Central con la calidad exigida, incluida la puntualidad.
 - Mantener los registros de la estación.
 - Negociar con los contratistas el funcionamiento de los programas de observación.
- Competencias*
- Comprender las necesidades de datos para la predicción y el uso climatológico.
 - Conocimientos prácticos detallados y experiencia en todas las normas y técnicas de observación.
 - Aptitud para la resolución de problemas.
 - Saber utilizar la diplomacia; facilidad para relacionarse con otras agencias y con los ciudadanos.
 - Capacidad de negociación.
- Normas de observación
Tareas
- Asegurar que la calidad de los datos (incluyendo la puntualidad y la representatividad) cumple con los requisitos de predictores y de climatólogos, y con las normas de la OMM sobre el intercambio internacional.
 - Desarrollar y mantener los procedimientos de calidad ISO 9000 para la recopilación de datos.
 - Mantener un programa de inspecciones y de auditorías de calidad para contratistas y estaciones.
 - Coordinar la introducción de los nuevos sistemas, técnicas y claves de recopilación de datos, y organizar la formación adecuada para contratistas y observadores.
 - Evaluar y seleccionar los emplazamientos para la observación.
 - Llevar a cabo el seguimiento del rendimiento de la red y de los contratistas; mantener y analizar las estadísticas.
- Competencias*
- Comprender las necesidades de datos para la predicción y el uso climatológico.
 - Conocimientos prácticos detallados y experiencia en todas las normas y técnicas de observación relacionadas con el contexto de este campo.
 - Estar al corriente de los Reglamentos de la OMM, las prácticas relativas a las claves de la OMM, y las recomendaciones de la publicación OMM-Nº 8, *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación*.
 - Tener una cultura bien desarrollada con respecto a la calidad.
 - Poseer una buena capacidad analítica en los métodos estadísticos y aptitud para la resolución de problemas.
- Ingeniería de sistemas
Tareas
- Asesorar sobre las nuevas oportunidades técnicas de adquisición de datos meteorológicos para las nuevas fuentes de datos, con objeto de aumentar el rendimiento y disminuir los gastos de funcionamiento.
 - Introducir los nuevos sistemas de adquisición de datos en el uso operativo y mejorar los sistemas existentes.
 - Gestionar proyectos de desarrollo de sistemas.

- Desarrollar, en contacto con los usuarios, resúmenes de requisitos y especificaciones técnicas de sistemas.
- Evaluar distintas opciones de sistemas para satisfacer las necesidades de los usuarios.
- Estimar los costes de los proyectos y gestionar sus presupuestos.
- Documentar los proyectos con especificaciones, diseños de ingeniería y documentación relativa a ofertas y contratos.
- Organizar y gestionar las adquisiciones de carácter técnico y el contacto con proveedores.
- Mejorar y desarrollar el *hardware* y el *software* de tecnología de la información cuando se requiera.
- Diseñar instalaciones; organizar el suministro de servicios públicos por los subcontratistas.
- Ofrecer comunicaciones de datos desde lugares remotos.
- Coordinar con el Departamento de Tecnología de la Información del SMN las comunicaciones del sistema y los formatos y claves de los datos.
- Autorizar y probar nuevos sistemas para las especificaciones del usuario.
- Proporcionar manuales técnicos adecuados sobre funcionamiento y mantenimiento.
- Ofrecer formación sobre ‘transferencia de tecnología’ para la calibración, el mantenimiento y el funcionamiento.

Competencias

- Excelente conocimiento de las necesidades de datos de los usuarios.
- Alto nivel de conocimientos técnicos en los modernos sistemas de adquisición de datos.
- Conocimiento integral de la ciencia de la medida y del análisis de errores.
- Habilidades avanzadas en diseño electrónico, ingeniería de programación e integración de sistemas.
- Dotes excelentes de comunicación técnica oral y escrita (incluida la documentación sobre ingeniería).
- Capacidad de sintetizar las soluciones apropiadas; excelente habilidad para resolver problemas.
- Capacidad para gestionar proyectos con objetivos muy ajustados de tiempo y de presupuesto.

Abastecimiento y almacenamiento *Tareas*

- Asegurar la contratación de un suministro seguro y rentable de material fungible meteorológico para las estaciones y los barcos voluntarios.
- Guardar en un almacén eficaz, seguro y protegido los artículos de consumo y las piezas de repuesto para el mantenimiento.
- Controlar el consumo de material almacenado adquiriendo por adelantado lo necesario, y mantener inventarios de los artículos que figuran en la lista de existencias para facilitar la ejecución de una política de compras precisa, eficaz y segura.
- Mantener una base de datos con los proveedores preferidos y las especificaciones de compra.
- Negociar con potenciales proveedores sobre las mejores condiciones posibles en los artículos de inventario.
- Elaborar balances mensuales de inventarios y realizar auditorías semestrales, de acuerdo con lo exigido por el Departamento Financiero del SMN.

Competencias

- Familiaridad con la función que desempeñan los equipos y fungibles en las prácticas de observación meteorológica.
- Capacidad para establecer y gestionar sistemas adecuados para el control, la adquisición y el suministro oportuno de existencias a los usuarios.
- Conocimiento completo de las prácticas comerciales para ofertar y contratar suministros de bienes, condiciones de pago, tasas de cambio internacionales, seguros, carga y transporte, despacho de aduanas, facturación, valoración y depreciación, y auditoría.
- Habilidades de negociación para lograr suministros en condiciones favorables.

<p>Gestión y planificación de proyectos <i>Tareas</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades informáticas para manejar y mantener bases de datos con inventarios de existencias, situación de pedidos y de pagos, y distribución a usuarios. • Gestionar proyectos que implican la utilización de distintos recursos de importancia para el establecimiento de las principales instalaciones de adquisición de datos de los SMN, por ejemplo, estaciones de recepción de datos de altitud, de radar y de satélite. • Solicitar autorización para la obtención de recursos y para la planificación, permisos de construcción por parte de las autoridades locales, y arrendamientos de tierras. • Establecer contratos para el suministro de servicios públicos y otros servicios. • Mantener contactos con proveedores de bienes y con contratistas de trabajo. • Mantener contactos y negociar con los propietarios de tierras, con otras agencias y con las autoridades locales. • Mantener contactos con juristas y asesores de planificación.
<p><i>Competencias</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente capacidad para la evaluación técnica de operaciones de adquisición de datos del SMN. • Buena práctica en la utilización de herramientas adecuadas de programación y de planificación de proyectos asistida por ordenador. • Aptitud para redactar especificaciones técnicas, y para producir diseños de ingeniería e informes sobre proyectos. • Capacidad para estimar recursos financieros y humanos, y para gestionar los presupuestos y recursos necesarios para alcanzar los objetivos definidos en el proyecto. • Conocimiento práctico de las especificaciones e instalaciones de seguridad de los servicios públicos: abastecimiento de aguas, sistema de alcantarillado, gas, suministro eléctrico y telecomunicaciones (tanto por cable como por radio). • Familiaridad con la legislación nacional sobre gestión de recursos, leyes de contratación, y normativa existente sobre edificaciones y otras regulaciones gubernamentales. • Dotes adecuadas para la resolución de problemas y la negociación.
<p>Normas de medida; calibración de instrumentos; garantía de calidad <i>Tareas</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar y mantener las normas del SMN y su adhesión a la normativa nacional e internacional, conforme al sistema de calidad ISO 9000. • Gestionar la calibración de los instrumentos de acuerdo con un programa convenido con el fin de mantener la calidad y de atender las demandas operativas. • Documentar los procedimientos de calibración y mantener un registro de calibración. • Ofrecer asesoramiento especializado y evaluar los sensores meteorológicos. • Impartir formación al personal técnico sobre procedimientos de calibración. • Garantía de calidad: <ul style="list-style-type: none"> – Mantener un modelo de sistema de calidad ISO 9000 ó similar. – Mantener estadísticas y registros de inspecciones y de auditorías de calidad. – Analizar y revisar el rendimiento cualitativo.
<p><i>Competencias</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Profundizar el conocimiento técnico tanto de sensores meteorológicos, de sistemas de medida y de normas empleadas en el programa de adquisición de datos del SMN, como de necesidades de datos de los usuarios. • Estar al corriente de los <i>Reglamentos Técnicos de la OMM</i> (OMM–Nº 49), y de la <i>Guía de Instrumentos y Métodos de Observación</i> (OMM–Nº 8). • Poseer un conocimiento sólido de normativas nacionales e internacionales sobre medidas físicas pertinentes en meteorología. • Estar comprometido con el sistema de calidad seleccionado y demostrar aptitud para su aplicación en la calibración de instrumentos. • Comprender de forma adecuada y práctica las medidas físicas, el tratamiento de errores y la obtención de estadísticas apropiadas.

Instalación sobre el terreno e ingeniería de mantenimiento

Tareas

- Disponer de habilidades manuales excelentes para instalar y ajustar los equipos de calibración (incluidos los de control informático) y los sensores a calibrar.
- Poseer aptitud para el uso de sistemas informáticos de bases de datos destinados a mantener registros de calibración, y capacidad para mantener registros meticulosos de las calibraciones y el historial de la instrumentación.
- Organizar la realización de obras en los emplazamientos (zócalos de hormigón, montajes, canales para el tendido de cables, refugios para equipos); relación con subcontratistas.
- Construir talleres e instalaciones sobre el terreno para instrumentos y otros sistemas.
- Realizar las pruebas que se encarguen.
- Planificar el mantenimiento rutinario.
- Actuar ante una llamada de solicitud de asistencia por avería respetando el tiempo de respuesta y las prioridades que se hubieran acordado.
- Poner en marcha el dispositivo de asistencia para responder con eficacia a las notificaciones de avería y a los problemas de los clientes.
- Llevar a cabo el mantenimiento del taller y sobre el terreno de los equipos electromecánicos, electrónicos y meteorológicos ópticos, incluyendo la restauración y la prevención contra la corrosión.
- Preparar planos del emplazamiento y dibujos de los equipos.
- Preparar las instrucciones de funcionamiento y mantenimiento, incluidas las correcciones.
- Mantener registros de instalación, modificación, calibración y reparación de los equipos.
- Mantener la seguridad en las prácticas sobre el terreno y en los talleres.

Competencias

- Comprender perfectamente el modo en que se aplican los datos meteorológicos en los procesos de los SMN.
- Poseer sólidos conocimientos técnicos de instrumentación y sistemas electrónicos y meteorológicos electromecánicos.
- Estar familiarizado con las propiedades y el proceso de materiales de ingeniería: hormigón, maderamen, metales ferrosos y no ferrosos, y recubrimientos protectores.
- Demostrar habilidades prácticas y experiencia en el mantenimiento electrónico y/o electromecánico, tanto sobre el terreno como en el taller.
- Tener una buena capacidad de diagnóstico y de análisis, particularmente cuando el apoyo es limitado.
- Aptitud para trabajar con eficacia, ya sea como miembro de un equipo o dirigiendo a otros especialistas técnicos.
- Ser una persona muy organizada, con una buena capacidad de planificación y de atención a los detalles.

7.4 TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y PROCESO DE DATOS

Por H. J. Koppert, del Servicio Meteorológico Nacional de Alemania

Las tareas realizadas en los Departamentos de Tecnología de la Información (TI) de los SMN difieren poco hoy en día de las llevadas a cabo en cualquier institución de investigación científica. Las diferencias más significativas pueden encontrarse en el área de telecomunicación internacional y en la ingeniería de programación, donde el *software* que ha de ejecutarse y mantenerse es muy específico de la meteorología.

Las principales competencias de trabajo en un Departamento de TI requieren habilidades y conocimientos en ciertas áreas (véanse los seis apartados siguientes). Para todas estas áreas, es necesario un conjunto básico de habilidades de TI, entre las que se incluyen:

- Reconocer los componentes básicos de hardware y software.
- Comprender las funciones básicas del sistema operativo, como archivos y directorios, menús y escritorios, y redes.
- Experiencia en aplicaciones de procesadores y editores de textos.
- Uso del correo electrónico e Internet.

Las especificaciones detalladas de conocimiento y experiencia reflejan el mundo de la TI en el momento de redactar este texto (agosto de 1999). La base del conocimiento que se describe a continuación puede no estar bajo la responsabilidad de una única persona, por lo que debe disponerse de un subgrupo adecuado dentro del equipo del SMN.

Operación de los sistemas de información

Habitualmente los SMN confían en los ordenadores centrales y servidores. Los modelos de PNT se ejecutan en superordenadores vectoriales o de funcionamiento masivo en paralelo. El posproceso se lleva a cabo en potentes servidores. Algunos SMN ejecutan Modelos de Área Limitada (MAL) en potentes estaciones de trabajo.

Un operador de sistemas de información tiene que:

- Vigilar el funcionamiento de los sistemas de tecnología de la información.
- Controlar la situación de las tareas que se ejecutan en estos sistemas.
- Utilizar un software de gestión de sistemas para controlar todos los servidores y clientes del sistema de tecnología de la información del SMN.
- Investigar cualquier circunstancia que parezca inusual.
- Llevar a cabo las acciones apropiadas en caso de detectar fallos en el sistema.
- Comenzar, reiniciar o finalizar aplicaciones.
- Arrancar y apagar los ordenadores.

El operador realiza estas funciones mediante:

- La experiencia con las utilidades del operador de sistemas.
- El conocimiento de las herramientas de mantenimiento del sistema.
- La pericia en los sistemas de programación de tareas por lotes específicos (por ejemplo, el SMS del Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo).
- La experiencia en sistemas operativos UNIX y Windows NT.
- Los comandos, herramientas y aplicaciones del sistema.
- La programación en el entorno apropiado (UNIX).

Administración de bases de datos y programación

Los SMN tienen que almacenar grandes cantidades de datos de observación, procesados y distribuidos por rejillas. Estos datos se almacenan en bases de datos relacionales comerciales.

Un administrador asociado a la base de datos:

- Es responsable del almacenamiento y de la recuperación de datos del SMN.
- Desarrolla y ejecuta interfaces del usuario a la base de datos.
- Gestiona la realización de copias de seguridad y de recuperación de información de la base de datos.
- Sabe configurar, instalar, ajustar y poner en funcionamiento bases de datos SQL.
- Es capaz de desarrollar y de ejecutar modelos de datos conjuntamente con usuarios internos y externos.

El administrador realiza todo lo anterior por medio de:

- Un profundo conocimiento de todos los aspectos relacionados con la administración de bases de datos, con el fin de:
 - Establecer mecanismos para realizar copias de seguridad y para recuperar información utilizando el conjunto de herramientas que proporciona la base de datos.
 - Ajustar, optimizar el rendimiento (especialmente en el caso de los datos de PNT) y controlar la base de datos.

- Validar a los usuarios.
- Habilitar los espacios e índices de las tablas.
- El conocimiento de las claves para cifrar los datos meteorológicos (claves GRIB y BUFR de la OMM, algunos mensajes del SMT, si los mensajes originales del SMT están almacenados).
- La experiencia en la modelización de datos (relacionales y/u orientados a objetos (OO)) de estaciones afines, imágenes de satélite o datos numéricos utilizando herramientas comerciales como el modelador de relación de entidades.
- La experiencia con interfaces de programación del usuario, con SQL, PLSQL, JAVA (interfaces para Internet), SQL intercalado, C, C++, y FORTRAN (interactuando con código heredado).

Trabajo en red Los SMN dependen en gran medida del flujo de datos e información a través de su red. Las arquitecturas cliente-servidor de hoy en día permiten separar los datos desde la aplicación del cliente.

Un especialista en redes tiene que:

- Analizar los requerimientos de necesidades de la red del SMN para asegurarse que satisface las necesidades de transmisión de datos de forma oportuna y segura.
- Instalar la red de área local (LAN) y la red de área extensa (WAN) del SMN conforme a la evaluación de necesidades del propio SMN.
- Conectar los sistemas de la TI (por ejemplo, superordenadores, estaciones de trabajo, terminales X, ordenadores personales, impresoras, etc.) a través de cables, fibra óptica, "routers" o enrutadores, enchufes de conexión múltiple y módems.
- Aplicar y evaluar la tecnología disponible como Fast y Gigabit Ethernet, FDDI, HIPPI, ATM, DSL.
- Proteger la red de accesos no deseados, instalando cortafuegos y accesos restringidos.
- Controlar el funcionamiento de la red con las herramientas apropiadas de administración de redes.
- Diagnosticar los problemas que ocurren en la red.

El especialista en redes debe:

- Tener conocimientos sólidos de:
 - Protocolos de línea como X.25, PPP, HDLC, "frame relay" o relevo de tramas y ATM.
 - El protocolo de red TCP/IP y de las aplicaciones basadas en TCP/IP.
 - Protocolos de rutina como OSPF, BGP, RIP, EIGRP.
- Saber configurar e instalar enchufes de conexión múltiple a la red, conmutadores y enrutadores (la configuración está centralizada en su mayor parte).
- Ser experto a la hora de configurar cortafuegos y de poner en marcha la política de seguridad del SMN en ellos.
- Poseer conocimientos sobre sistemas de administración de redes basados en SNMP.
- Tener experiencia en la elaboración de análisis proactivos de rendimiento, por ejemplo con los sistemas de pruebas de Ramon y con analizadores de red.
- Poseer experiencia en la optimización del rendimiento de la LAN mediante conmutación en las capas 2 y 3.

Telecomunicación meteorológica internacional

Los SMN más avanzados funcionan como una parte de las telecomunicaciones meteorológicas internacionales, especialmente los sistemas equipados con tecnología de la información (configuraciones que toleran alta ocupación, espera en activo o fallos en el sistema). En estos sistemas se ejecuta un programa informático de conmutación de mensajes.

El personal responsable de las telecomunicaciones internacionales del SMN o del Centro Regional de Telecomunicación (CRT) debería tener:

- Un conocimiento integral del software de aplicación del Sistema de Conmutación de Mensajes (MSS) en uso, especialmente para:
 - Instalar y actualizar el *software* de aplicación del MSS.
 - Configurar y proporcionar los parámetros de las conexiones internacionales en funcionamiento.
 - Configurar las conexiones *in situ* desde el centro informático o hacia éste.
 - Instalar y actualizar la lista de distribución de mensajes.
 - Definir la duración de la conexión y el seguimiento de las operaciones.
- Conocimientos sobre la configuración del *hardware* en uso, incluido el sistema operativo (como por ejemplo, el UNIX):
 - Procedimientos de instalación.
 - Controlar el funcionamiento de los componentes para eliminar los fallos del sistema.
 - Comprobar que las condiciones del sistema sean las apropiadas para las tareas que se han de realizar.
 - Llevar a cabo operaciones relativas a copias de seguridad.
 - Efectuar mejoras en el sistema.
- Conocimientos de:
 - Redes y protocolos de comunicación en uso, como por ejemplo X.25 y TCP/IP.
 - Intercambio de datos a través de Internet.
 - Parámetros a establecer para cada una de las conexiones junto con la instalación remota.
- Conocimiento de:
 - Claves utilizadas en los mensajes de información meteorológica.
 - Prácticas comunes del funcionamiento del intercambio internacional de datos.
 - Reglamentos de la OMM sobre organización del intercambio internacional de mensajes meteorológicos.
 - Estructura global del SMT.

Diseño y mantenimiento de sistemas de operación y aplicaciones

Los SMHN tienen que poner en marcha y mantener toda una variedad de *hardware* y software de tecnología de la información que incluye superordenadores ejecutando el sistema operativo UNIX, servidores de alto rendimiento y estaciones de trabajo meteorológicas que también funcionan con UNIX y ordenadores personales que lo hacen con el sistema Windows.

Un analista o programador de sistemas operativos tiene que:

- Evaluar, ejecutar y actualizar el *software* de los sistemas operativos y todos los programas relacionados, como por ejemplo, compiladores y bibliotecas de programas.
- Integrar todo el hardware de los sistemas informáticos, como por ejemplo, CPU, tarjetas gráficas, memoria, discos y dispositivos periféricos.
- Probar y ejecutar los programas de aplicaciones, como por ejemplo, editores, paquetes de visualización, bibliotecas de programas de matemáticas y física, programas de manipulación de imágenes, procesadores de texto y hojas de cálculo.
- Distribuir el software a través de la red del SMN.
- Ofrecer apoyo técnico y comercial.
- Ejecutar el software de administración del sistema.

El operador de sistemas de información debe tener:

- Sólidos conocimientos de los sistemas operativos UNIX y/o Windows NT, especialmente en lo que se refiere a:
 - Instalar y configurar estaciones de trabajo y/u ordenadores personales en un entorno de red.
 - Administración de usuarios e información a los mismos.
 - Administración de sistemas de archivos (por ejemplo, crear sistemas de archivos, partición de discos, crear y administrar volúmenes del disco lógico, administrar el espacio para intercambios, realizar el seguimiento del rendimiento y la utilización del sistema de archivos).

- Experiencia en administrar entornos informáticos distribuidos junto con especialistas en redes. También debería saber configurar dispositivos de cliente/servidor para NIS, DNS, NFS o DCE/DFS.
- Conocimientos en la utilización de las herramientas adecuadas de los proveedores de software y de hardware.
- Experiencia en la instalación de impresoras, terminales y otros dispositivos periféricos.
- Pericia en el manejo del entorno apropiado (UNIX) y en programación en Pearl.
- Experiencia en la instalación y actualización de programas de aplicaciones.
- Experiencia en el diseño y ejecución de programas informáticos de administración de sistemas como, por ejemplo, Tivoli, HP OpenView o CA Unicenter.
- Experiencia en la integración de NT y UNIX, utilizando, por ejemplo:
 - Samba para el servicio de archivos.
 - Servidores terminales.
- Experiencia en el diagnóstico de averías en los sistemas.

Ingeniería de programación

La mayor parte de los programas de aplicaciones meteorológicas son muy específicos. Por consiguiente, un ingeniero de programación tiene que poseer una sólida formación en meteorología y en las claves meteorológicas.

Un ingeniero de programación realiza las siguientes actividades:

- Elaborar las características de los programas junto con los usuarios.
- Determinar la plataforma informática, el lenguaje de programación, los recursos de red y todas las interfaces necesarias de programación de aplicaciones que han de utilizarse.
- Codificar, compilar y comprobar los programas.
- Codificar y decodificar conjuntos de datos meteorológicos (mensajes GRIB, BUFR y del SMT).
- Mantener el *software* al nivel de programa.

Las siguientes capacidades de TI son indispensables:

- Conocimiento del desarrollo del ciclo de vida de un *software*.
- Experiencia en análisis y diseño estructurado y/u orientado a objetos (OO) dependiendo de la estrategia del SMN.
- Saber programar en FORTRAN 90, C++ y JAVA con vistas a nuevos proyectos de *software*.
- Conocimientos de FORTRAN 77 y C para el mantenimiento del código heredado.
- Habilidades de programación gráfica con las clases fundamentales de X, OpenGL, Direct X y JAVA.
- Conocimientos para construir interfaces de usuario con Motif, Tcl/TK, VISUAL C++ y JAVA.
- Experiencia en “*middleware*” (Corba, DCOM) para proyectos complejos de multiplataformas y lenguajes de multiprogramación.
- Experiencia en programación en HTML, CGI y JavaScript para crear y mantener páginas Web.
- Pericia en UNIX y Windows NT dependiendo de la plataforma de destino.
- Conocimientos (para determinadas aplicaciones) de:
 - Datos de PNT (estructura de rejillas y parámetros del modelo).
 - Mensajes del SMT como, por ejemplo, FM12, FM13, FM15, FM16, FM18, FM32, FM33, FM35, FM36, FM41 y FM42.
- Conocimiento de las claves BUFR y GRIB de la OMM.

7.5 METEOROLOGÍA AGRÍCOLA

Por H. P. Das, del Servicio Meteorológico de la India (India Meteorological Department)

Desarrollo de predicciones meteorológicas para la agricultura; productos para el usuario
Requisitos de competencia

- Desarrollar técnicas adecuadas para predecir de forma precisa los elementos del tiempo que afectan a la planificación y a las operaciones agrícolas.
- Desarrollar predicciones meteorológicas especiales orientadas a la agricultura que son de utilidad para hacer frente a los problemas que las condiciones meteorológicas ocasionan en la agricultura y que están asociados con los cultivos de áreas específicas.
- Interpretar correctamente los datos reales y previstos e identificar los datos que resulten más importantes en una situación determinada.
- Crear productos coherentes con la guía de procedimientos y con los datos correspondientes

Habilidades y conocimientos; tareas

Saber qué productos de la Guía están disponibles y dónde obtenerlos, es decir:

- Obtener los datos agrometeorológicos pertinentes, tales como temperaturas máxima y mínima, viento, humedad, temperatura del suelo, humedad del suelo y cualquier otro elemento que se necesite.
- Recoger información detallada sobre tipos de cultivos, fenología de cultivos, fechas en que tienen lugar las principales fases del desarrollo de los cultivos, prácticas de cultivo, tipos de suelo y otras informaciones afines.
- Recopilar datos meteorológicos y climatológicos para establecer estrategias, tácticas y logística de programación de vigilancia y control tanto de enfermedades que afectan a las plantas como de insectos nocivos.
- Obtener los valores fundamentales (límites máximo y mínimo) y el intervalo óptimo de variación de los parámetros agrometeorológicos pertinentes para lograr un potencial crecimiento y desarrollo de cultivos estacionales.
- Calcular las normales de los elementos meteorológicos y los datos de probabilidad de lluvia, incluyendo probabilidades condicionales.
- Recopilar observaciones biometeorológicas sobre salud y enfermedades del ganado.

Conocer y utilizar apropiadamente la información disponible necesaria para preparar productos para usuarios. Saber cómo llevar a cabo las siguientes actividades:

- Desarrollar técnicas de predicción de temperaturas máxima y mínima, viento, humedad, rocío y cobertura del cielo incluyendo porcentajes de nubosidad y de insolación.
- Calcular un índice adecuado de sequía para evaluar las deficiencias prolongadas y anormales de humedad del suelo, y que permita delimitar las áreas potenciales de desastre.
- Desarrollar métodos exactos para predecir la temperatura y humedad del suelo.
- Calcular la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Penman modificado.
- Calcular las necesidades de agua de los cultivos a partir de la ETP y de los valores de los coeficientes de los cultivos.
- Calcular un índice de humedad del cultivo adecuado para medir las condiciones de sequedad o de humedad que tiene el cultivo en la estación cálida.
- Determinar las condiciones meteorológicas favorables para la curación de cultivos.
- Determinar los grados-día de crecimiento para que el crecimiento de la planta sea directamente proporcional a la temperatura.
- Identificar los factores meteorológicos responsables del desarrollo de pestes y enfermedades en cultivos y animales.

Ser experto en la preparación de predicciones meteorológicas y fenológicas agrícolas especiales; es decir, saber:

- Predecir fechas de siembra, fases del desarrollo de las plantas y rendimiento de cultivos.
- Preparar predicciones fenológicas de inicio de floración de árboles frutales y fechas de maduración de frutos.
- Pronosticar la temperatura del suelo durante el período de siembra, para evitar sembrar o plantar bajo condiciones adversas del suelo que de otra manera perjudicarían la correcta germinación y brote de la semilla.
- Predecir las condiciones favorables para las operaciones de cosecha en la mayor parte de cultivos y para las operaciones que se realizan después de la cosecha, como por ejemplo, la curación.
- Determinar la temperatura mínima del suelo en el fondo del surco del sembrado y la temperatura crítica de congelación de la planta, para predecir las heladas que afectan a los cultivos.
- Predecir las fechas de congelación y deshielo del suelo.
- Pronosticar las condiciones térmicas más probables durante la estación de crecimiento de las plantas que dependen del calor.
- Desarrollar métodos de predicción para condiciones invernales y estimar la extensión de las áreas dañadas por heladas.
- Predecir la duración de la humedad de las hojas, ya que la mayor parte de las enfermedades de las plantas se desarrollan y se extienden en condiciones de vegetación húmeda.
- Evaluar la situación actual de la langosta, ofrecer predicciones con una anticipación de hasta seis semanas sobre su migración y proliferación; emitir avisos *ad hoc*.
- Preparar predicciones de temperaturas máximas y mínimas para el transporte de productos agrícolas a lo largo de la ruta correspondiente.
- Estimar las condiciones de crecimiento en verano e invierno para el ganado.
- Evaluar las condiciones meteorológicas más adecuadas para el pastoreo, esquila y reproducción de ovejas.
- Pronosticar condiciones meteorológicas adversas y riesgos relativos a la crianza y alimentación de las razas de ganado.
- Predecir las condiciones meteorológicas más favorables para la producción avícola.
- Evaluar la forma en que la contaminación de las aguas afecta a la salud, el desarrollo y la calidad de la piscicultura.
- Predecir el riesgo de incendios forestales a partir del control de humedad de los combustibles naturales del bosque, en especial durante las operaciones de explotación forestal.
- Determinar la dirección del viento a baja altura y las condiciones de estabilidad para la operación de aeronaves agrícolas.

Saber preparar boletines meteorológicos dirigidos a agricultores, es decir:

- Preparar calendarios meteorológicos, orientados al cultivo, que comprendan distintos requisitos de aviso meteorológico para agricultores, y el ciclo de vida y las fechas promedio de las épocas importantes de crecimiento del cultivo.
- Recopilar las predicciones del tiempo que tendrá lugar durante las próximas 48 horas en toda la zona, incluyendo los avisos meteorológicos especiales en la misma junto con la proyección para los dos días siguientes.
- Teniendo en cuenta lo anterior, preparar y emitir un boletín meteorológico con indicaciones para los agricultores acerca del comienzo y fin de la lluvia, intensidad probable de precipitación y aparición y duración de fenómenos meteorológicos adversos.

Establecer las prioridades en los casos en que existe una oferta de distribución de información especial de asesoramiento, es decir:

- Saber determinar prioridades respecto al material de salida.
- Ser capaz de trabajar en condiciones de estrés con interferencia mínima en el trabajo rutinario habitual.

- Buscar el consejo apropiado de colegas que posean experiencia en el campo especializado.
- Obtener información de retorno de los usuarios para mejorar los boletines.

Adquirir los conocimientos necesarios para trabajar de forma independiente, es decir:

- Buscar y seguir las directrices de colegas cuando sea conveniente.
- Solicitar el consejo de colegas para mejorar las técnicas de predicción.
- Estar dispuesto a probar técnicas nuevas sugeridas por colegas.

Ser experto en el uso de TI y saber poner en marcha cualquier otro dispositivo especial que no se requiera en el trabajo habitual, es decir:

- Ser capaz de arreglar defectos menores en el sistema de TI de la oficina, conforme a las instrucciones del personal local.
- Conocer el procedimiento correcto para informar a los superiores de los defectos en los equipos de TI, e informar de cuando tales equipos no debieran ser tocados.
- Ser hábil en la utilización de equipos de TI.

Desarrollo de un Servicio de
Asesoramiento
Agrometeorológico (SAA)
Requisitos de competencia

- Desarrollar predicciones operativas útiles de los parámetros meteorológicos más importantes para las actividades habituales de la agricultura.
- Utilizar la información sobre condiciones y estado del cultivo y los requisitos meteorológicos para que su crecimiento sea saludable.
- Facilitar la interpretación objetiva de las condiciones meteorológicas predominantes y su predicción en función de su efecto sobre el crecimiento del cultivo y las actividades agrícolas.
- Organizar reuniones periódicas para intercambiar conocimientos entre predictores meteorológicos y científicos agrícolas.
- Aplicar un procedimiento normalizado para evaluar la eficiencia de las labores de asesoramiento llevadas a cabo.
- Adaptar los boletines del SAA de forma coherente con la guía de procedimientos y la información correspondiente mencionada con anterioridad.

*Habilidades y conocimientos;
tareas*

Saber qué productos de la guía están disponibles y dónde obtenerlos, es decir:

- Recopilar puntualmente los datos meteorológicos pertinentes, tales como temperaturas máxima y mínima, viento, humedad, nubosidad media y, si es preciso, otros elementos que sean necesarios.
- Recoger información rutinaria de las autoridades pertinentes sobre tipos de cultivos, sus limitaciones y fitofases en el área a considerar.
- Recopilar información detallada sobre tipos de suelo, topografía, clima, prácticas de cultivo, etc.
- Recopilar la información más reciente sobre áreas vulnerables desde el punto de vista agrícola, tales como las regiones propensas a inundaciones o a sequías.
- Determinar las fechas en que tienen lugar las fases principales del desarrollo del cultivo, ya que cada una de ellas tiene requisitos climáticos diferentes.
- Recopilar las temperaturas fundamentales y óptimas de las fases fenológicas más importantes del cultivo.
- Identificar los parámetros medioambientales que con mayor probabilidad proporcionan una primera indicación de cualquier desviación significativa relacionada con la aparición de plagas y enfermedades.
- Determinar las condiciones agrometeorológicas favorables para el desarrollo de insectos y parásitos transmisores de enfermedades a los animales.
- Saber conseguir inmediatamente cualquier documentación específica adicional de guía, pero que no se precisa de forma regular.

Ser experto en el desarrollo y emisión de los productos de predicción que requieren los boletines del SAA; saber cómo se hace lo siguiente:

- Emitir predicciones meteorológicas a corto plazo para lluvia, velocidad del viento, temperaturas máxima y mínima, humedad, nubosidad y rocío.

- Desarrollar y emitir predicciones a medio plazo (de 3 a 10 días) de lluvia que puedan utilizarse para programar actividades agrícolas.
- Utilizar las predicciones meteorológicas a largo plazo para advertir a potenciales usuarios acerca del carácter provisional de las proyecciones mensuales y estacionales.
- Desarrollar modelos adecuados de predicción de rendimiento de cosechas para cultivos específicos y áreas concretas.
- Indicar por medio de un análisis de probabilidad el riesgo porcentual de aparición de fenómenos meteorológicos adversos.
- Emitir alertas meteorológicas sobre aparición de heladas, condiciones que favorecen el riesgo de incendios forestales o cualquier fenómeno que pudiera afectar a las actividades agrícolas de una región (como, por ejemplo, vientos fuertes, lluvias muy intensas, olas de calor o de frío, etc.).
- Desarrollar modelos apropiados para prevenir del inicio, difusión y severidad de pestes y enfermedades, que en su mayor parte dependen del tiempo.

Tener en cuenta la información oportuna disponible para preparar boletines de asesoramiento y hacer uso apropiado de ella. Interpretar de forma juiciosa el producto de predicción, es decir:

- Incorporar los datos de entrada de las predicciones meteorológicas a corto, medio y largo plazo en los boletines del SAA.
- Demostrar capacidad para valorar y aplicar los modelos de predicción de rendimiento y producción agrícola.
- Calcular el índice de aridez para vigilar las condiciones de sequía.
- Calcular el balance de humedad del suelo para obtener los períodos de déficit y de excedente de agua durante la etapa de crecimiento y planificar el programa de irrigación.
- Evaluar el período óptimo de siembra que tendrá un impacto decisivo en la cantidad y la calidad de la producción.
- Tener en cuenta que las actividades de siembra y labranza se ven fuertemente influidas por el suelo, así como también por la humedad y temperatura del suelo.
- Determinar la fecha óptima para cosechar.
- Asegurar que los productos de predicción y la información agrícola se usen conjuntamente por científicos agrícolas y por agrometeorólogos, para preparar guías interpretativas explícitas dirigidas a los usuarios.
- Garantizar que los fertilizantes y productos de protección de plantas (tales como pesticidas e insecticidas) no se usen durante períodos de lluvia, viento fuerte y altas temperaturas.
- Determinar los valores umbrales de temperatura, precipitación y velocidad del viento para la aplicación de productos químicos agrícolas.
- Tener en cuenta el efecto de las bajas temperaturas en el cultivo, o sea, daños por el frío y resistencia al mismo, daños por heladas y resistencia a estas.
- Saber controlar el desarrollo de pestes y enfermedades que, a menudo, están estrechamente relacionadas con el inicio de ciertas fases fenológicas de las plantas.
- Ser conocedor del hecho de que las pestes animales son resistentes a las condiciones de desertificación, de modo que, habitualmente, las variables de temperatura son más importantes que las variables de humedad.
- Saber que los factores cruciales para una utilización eficaz de los servicios agrometeorológicos son la accesibilidad, la presentación y la oportunidad.

Analizar mapas transcritos con particular referencia a la presentación cuando se utilizan para exposiciones orales y para usuarios finales, es decir:

- Saber analizar con detalle todos los mapas transcritos que se necesitan en la composición de los Boletines del SAA.
- Ser capaz de argumentar razones convincentes acerca de las características analizadas.
- Mantener la continuidad y el tipo de gráficas analizadas.

Asegurar la distribución puntual de servicios de asesoría a los agricultores, es decir:

- Saber difundir servicios de asesoramiento de forma rápida y eficaz, por medio de técnicas como el videotexto, fax y teletexto, o utilizando métodos convencionales tales como el servicio postal, prensa, radio, teléfono, etc.
- Ser hábil a la hora de desarrollar mecanismos que permitan la formación del usuario final, la identificación de requisitos de los usuarios y la coordinación de la difusión de información.
- Ser capaz de desplegar los medios apropiados para obtener una información de retorno por parte de agricultores proactivos, con ampliación a jornaleros y a funcionarios generales de la administración agrícola.

Evaluar los aspectos socioeconómicos del servicio de asesoramiento, es decir:

- Saber preparar la evaluación económica del asesoramiento agrometeorológico a agricultores de todo el país, incluidas las distintas zonas agroeconómicas y agroclimáticas.
- Ser capaz de informar a la Administración acerca de estimación de producciones y de descensos probables en las mismas y ofrecer asesoramiento en materia de políticas de importación y exportación.
- Saber evaluar de una forma crítica los fracasos y éxitos de la actividad que se ha llevado a cabo, identificando las áreas donde se requiera una información adicional.

Responder con rapidez al mismo tiempo que se asimilan los datos y se perfila el asesoramiento, es decir:

- Discutir con el grupo posibles cuestiones mientras se formulan los boletines.
- Ser capaz de identificar las inconsistencias e imprecisiones antes de la distribución.
- Saber dónde obtener los datos más recientes, si es necesario.
- Poder ofrecer asesoramiento con poca antelación.

Sistema informático
de generación de información
para aplicaciones operativas
Requisitos de competencia

- Normalización del sistema de recopilación de datos y de distribución de información para satisfacer las necesidades del usuario mediante la incorporación de las últimas innovaciones tecnológicas.
- Utilización razonable de la base de datos agrometeorológica para tareas de asesoramiento y otras decisiones operativas.

*Habilidades y conocimientos;
tareas*

Ser hábil en la aplicación operativa de los datos agrometeorológicos, es decir:

- Saber ofrecer la documentación en un formato que le resulte manejable al usuario y que se encuentre disponible en versiones para ordenadores personales.
- Adquirir la experiencia requerida para escudriñar cuidadosamente los datos con objeto de formular la mejor decisión de gestión posible en lugar de conformarse con las expectativas normales.
- Ser capaz de distribuir en un plazo de tiempo adecuado las decisiones recomendadas para los centros de las comunidades agrícolas utilizando todos los canales disponibles, que van desde teléfonos hasta ordenadores personales, a través de una red agrícola.
- Introducir las nuevas tecnologías electrónicas en forma de "tablas de boletines" que ofrezcan un nuevo modo de transferir los datos e información pertinentes.
- Saber presentar los datos de una forma clara y sencilla, a fin de que el usuario pueda comprender el significado de la información que le debería interesar y resultar adecuada a sus propios requisitos particulares.

Adquirir el conocimiento necesario para verificar los controles de calidad de datos meteorológicos, fenológicos y agrícolas con fines operativos, es decir:

- Evaluar la frecuencia de datos erróneos o no disponibles y corregir estos valores siguiendo las directrices normalizadas.

- Determinar los umbrales de valores extremos utilizando probabilidades climatológicas y verificar los valores críticos que caen fuera de los umbrales calculados.
- Adecuar el formato de datos a su uso operativo.
- Adoptar una norma reconocida internacionalmente para establecer un código adecuado para cada clase específica de cultivo en todos los países, ya que los tipos de datos a menudo varían de una región a otra.

Incorporar datos e imágenes de satélite procedentes de la teledetección a una base de datos agrometeorológica para uso operativo. Para realizar estas funciones, el meteorólogo agrícola debe:

- Tener en cuenta las ventajas y limitaciones del uso de información e imágenes de satélite con fines operativos.
- Saber realizar estimaciones aceptables de lluvia, humedad del suelo, áreas de cultivo, condiciones de la vegetación, abastecimientos de agua y migración de la langosta desde zonas desérticas, así como también análisis del uso de la tierra a partir de datos de satélite y aéreos.
- Ser capaz de calcular el índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI) y otros índices relacionados con la vegetación con objeto de evaluar la fenología de los cultivos en áreas extensas.
- Saber desarrollar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten obtener productos gráficos de fácil interpretación.

7.6 METEOROLOGÍA AERONÁUTICA

PARTE A: Principales competencias para el trabajo que se requieren en la predicción aeronáutica.

Por T. C. Spangler y D. Wesley, (EE.UU.), del Programa de Cooperación para la Enseñanza y Formación en Meteorología Operativa (COMET)

Las principales competencias para el trabajo de los predictores aeronáuticos varían en cierta medida pero, por lo general, requieren habilidades y conocimientos en tres categorías fundamentales. El predictor debe tener conocimientos claros de:

- Situaciones que entrañan un riesgo desde el punto de vista meteorológico.
- Herramientas utilizadas para desarrollar predicciones de situaciones de riesgo para la aviación.
- Procedimientos y formatos de los productos de predicción.

El predictor aeronáutico es, típicamente, responsable de la realización de pronósticos de terminal y de ruta para los diversos vuelos de aeronaves o misiones aéreas. Aquéllos incluyen tanto los pronósticos de las condiciones en superficie en las terminales como los pronósticos de las condiciones meteorológicas en altitud entre las terminales. Los pronósticos deben incluir la posible aparición de fenómenos meteorológicos que puedan resultar peligrosos para la aeronave.

Principales situaciones de riesgo para la aviación

Las principales situaciones de riesgo para la aviación, tanto en niveles superficiales como en altitud son:

- Techo de nubes bajo.
- Visibilidad restringida (tanto horizontal como vertical).
- Turbulencia.
- Englamamiento.
- Tormentas.
- Vientos fuertes.
- Cizalladura debida al viento (tanto horizontal como vertical).
- Ceniza volcánica.

- Temperaturas extremas (tanto altas como bajas).

Con objeto de mantener y mejorar la seguridad en la aviación, el predictor aeronáutico es responsable del pronóstico de todas las condiciones de riesgo enunciadas anteriormente y, en bastantes casos, para el espacio aéreo mundial. Los intervalos de tiempo típicos que abarcan estos pronósticos van desde una hora hasta varios días. Para una determinada situación de riesgo, existen requisitos de competencia para la climatología del riesgo en varias escalas horizontales (hemisférica, regional y local), así como también para el diagnóstico y la predicción en la escala apropiada del área objeto de pronóstico.

Las habilidades de predicción relativas a los riesgos particulares de engelamiento de aeronaves y de niebla se describen en las “Series de Desarrollo Profesional (PDS) de SMN y COMET”: Pronóstico de nubes a baja altura y de niebla para las operaciones de aviación y Pronóstico de engelamiento para la aviación. Los dos apartados siguientes resaltan esas habilidades.

Conocimientos para predecir el engelamiento en la aviación

A continuación se presenta, sin ningún orden particular de importancia, una lista de procedimientos y de conocimientos requeridos para predecir el engelamiento en la aviación, conforme se define en los PDS:

Climatología

- Reconocer las áreas geográficas favorables a la aparición de engelamiento a lo largo del vuelo y en tierra relacionado con precipitaciones en forma de nieve durante regímenes meteorológicos específicos y/o estaciones del año.
- Aplicar los datos climatológicos al proceso de pronóstico del engelamiento en todas las escalas de movimiento (es decir, los ‘regímenes’ sinópticos, mesoescalares y microescalares asociados al engelamiento durante el vuelo y en tierra).
- Reconocer las configuraciones de ondas hemisféricas que favorecen un desbordamiento de los episodios de precipitación en todas las direcciones.

Macroescala

- Con objeto de evaluar posibles episodios de engelamiento, predecir la respuesta, dentro del área de responsabilidad, que origina la geografía y la topografía regional en las características hemisféricas.
- Identificar la actual y anticipar la futura configuración de flujo y humedad en el hemisferio para evaluar áreas de precipitación y movimiento, desarrollo y disipación de nubes (localización de vaguadas y dorsales; configuraciones de humedad; posición, orientación e intensidad de la corriente en chorro).
- Evaluar las configuraciones de la temperatura tanto a nivel vertical como horizontal en el hemisferio con el fin de determinar en qué lugares la estructura térmica favorece el engelamiento (por ejemplo, comparando la advección cálida con la fría, identificando estratos por debajo de cero grados Celsius, etc.).
- Integrar datos de teledetección, datos de observación y salidas de modelos numéricos con objeto de identificar áreas donde el efecto combinado de parámetros es favorable para que haya engelamiento y poder anticiparlo.
- Utilizar los conocimientos sobre configuraciones meteorológicas sinópticas relacionadas con el engelamiento y llevar a cabo un análisis de datos iniciales a escala sinóptica para evaluar la posibilidad de engelamiento en el área de responsabilidad.
- Diagnosticar el estado actual de la atmósfera por medio del análisis de los datos de observación con el fin de evaluar las características más destacadas de la atmósfera, tales como:
 - Observaciones de superficie y en altitud (perfiles de temperatura y humedad, tipo de precipitación, frentes, altura de nubes). Utilizar secciones transversales verticales.
 - Informes Pilot (PIREP).
 - Mosaicos de radar (áreas de precipitación).
 - Datos de satélite y productos derivados (configuraciones meteorológicas básicas, nubosidad y capa de nieve, ejes de vaguadas y dorsales, presencia de agua líquida subfundida en los toques de las nubes, localización de

frentes, perfiles de temperatura y humedad, zonas secas en la atmósfera y nubes ondulatorias).

- Datos del perfilador para las configuraciones y cizalladura del viento.
- Integrar estos conjuntos de datos múltiples para superponer y combinar las características más destacadas que se han mencionado anteriormente.
- Utilizando los conocimientos disponibles sobre configuraciones de engelamiento y los sesgos de modelos conocidos, producir un análisis integrado en 4-D de los parámetros sinópticos futuros con el fin de evaluar el riesgo a gran escala de engelamiento en la región durante las próximas 3 horas:
 - Utilizar los conocimientos climatológicos para modificar la probabilidad de engelamiento (por ejemplo, el engelamiento asociado a distintos tipos de masas de aire).
 - Evaluar las tendencias habituales de los datos de perfilador, satélite y radar, y aplicarlas para anticipar la zona de engelamiento, tanto espacial como temporalmente.
 - Evaluar los cambios en la posibilidad de engelamiento utilizando datos de modelos numéricos. Realizar esta operación determinando los perfiles de humedad y temperatura esperados en las ubicaciones apropiadas basándose en la modificación de los perfiles habituales al usar datos del modelo de rejilla. Estos datos pueden automatizarse utilizando fuentes de datos existentes (por ejemplo, los recibidos de los centros del SMPD a través del SMT y los obtenidos de Internet).
 - Determinar los parámetros esperados (o previstos) por los algoritmos existentes sobre engelamiento, tales como el “tubo de estufa”, con la finalidad de aplicar estos algoritmos en la escala sinóptica.
 - Pronosticar los tipos generales de engelamiento (cencellada blanca, hielo claro, mixto, engelamiento en el suelo o escarcha, y engelamiento inducido mecánicamente), basándose en la evaluación de las configuraciones previstas y en los valores de los parámetros.
- Repetir los pasos anteriores para el riesgo a gran escala de engelamiento en la región en períodos de tiempo de tres a veinticuatro horas, utilizando sobre todo predicciones del modelo de rejilla y algoritmos de engelamiento. (Nota: la elección de intervalos de tiempo de 3 horas se ha adoptado arbitrariamente; lo que se pretende es diferenciar los regímenes de predicción inmediata y de pronóstico común).

Mesoescala

- Diagnosticar el estado actual de la atmósfera a mesoescala utilizando datos integrados de satélite y de radar Doppler, observaciones de superficie y en altitud, datos de perfiladores e informes PIREP.
- Llevar a cabo análisis de datos mesoescalares del modelo de rejilla para determinar la presencia de mecanismos físicos que favorecen la posibilidad de engelamiento.
- Evaluar de qué modo las características geográficas locales influyen en el inicio e intensificación del engelamiento.
- Pronosticar el tipo de engelamiento que tendrá lugar durante el vuelo y/o en el suelo basándose en conclusiones extraídas de las observaciones mesoescalares y de la salida del modelo.
- A partir de los datos de sondeos, determinar si las condiciones son favorables para que exista engelamiento. Examinar el perfil de humedad, la altura del nivel de congelación, la magnitud de los estratos calientes en altitud y la estructura térmica por encima del nivel de congelación, para evaluar si las condiciones son las apropiadas para originar la formación de gotitas de agua subfundida o de cristales de hielo.
- Utilizar los datos de satélite para evaluar cambios en las nubes (cantidad, tipo y temperatura).
- Utilizar observaciones de bandas brillantes de radar, vientos en altitud, etc., para determinar la altura, extensión, movimiento y pendiente actuales de los niveles de congelación y fusión, los estratos múltiples y la reflectividad asociados al contenido de humedad por encima del nivel de congelación, etc.

- Utilizar técnicas refinadas para vigilar, por medio de las observaciones de radar, los cambios de altura de los niveles de fusión.
- Definir técnicas que puedan utilizarse para ajustar la extensión espacial del engelamiento existente mediante PIREP sobre engelamiento, vientos y temperaturas en altitud. Buscar tendencias de área y de tiempo en los PIREP múltiples.
- Utilizar datos de modelos numéricos para evaluar áreas potenciales de engelamiento y el movimiento de las mismas.
- Aplicar los métodos introducidos en distintos estudios de investigación que relacionan las variables espaciotemporales (verticales y horizontales) con episodios de engelamiento.
- Aplicar los estudios históricos climatológicos y regionales llevados a cabo en relación con la posible influencia geográfica que incide en (o realiza) la extensión del área o la intensidad de los episodios de engelamiento (influencias orográficas, etc.).
- Poner de manifiesto y utilizar los conocimientos de los conceptos y parámetros físicos y teóricos relacionados con los tipos e intensidades de engelamiento (o sea, contenido en agua líquida (CAL); procesos, tipos y extensión de nubes; temperatura; tamaño de las gotitas; y precipitación) para desarrollar pronósticos de engelamiento.
- Uso de las herramientas de observación (diagrama oblicuo de temperaturas, PIREP, datos de satélite y productos derivados) para evaluar parámetros tales como cantidad y tipo de nubes, temperatura, y localización de agua líquida subfundida (ALS), con el fin de identificar posibles episodios de engelamiento y determinar su intensidad.
- Uso de productos de mosaico nacional, datos locales de radar, datos de satélite y observaciones de superficie, para evaluar parámetros tales como localización de la precipitación, tipo de la misma y nubosidad con el fin de identificar áreas de precipitación congelante y áreas con presencia probable de gotitas subfundidas de gran tamaño (GSGT) en altitud.
- Utilización de salidas de modelos numéricos para determinar las condiciones presentes y futuras de parámetros tales como el ALS, la precipitación y la posición de estratos que se encuentran a temperaturas inferiores a los cero grados Celsius, con el fin de estimar las zonas de engelamiento y la intensidad del mismo.
- Integrar los algoritmos de diagnóstico de engelamiento en el proceso de predicción para disponer de una evaluación adicional del entorno con engelamiento.

Operaciones

- Evaluar la manera en que las condiciones de engelamiento o su pronóstico afectan a las operaciones cotidianas de la aviación dentro del espacio aéreo global. Esto no solo incluye a quienes están afectados por estas condiciones y pronósticos sino la misma forma en que influyen.
- Comunicar inmediatamente los detalles de las condiciones de engelamiento (o la predicción de tales condiciones) de una forma precisa, que resulte fácilmente interpretable por los responsables de adoptar decisiones.
- Calcular los efectos de sobrestimar la intensidad y/o la extensión del engelamiento.
- Evaluar los impactos, para el caso de sobrestimar el engelamiento, en las operaciones de aeródromo y en las aeronaves que se encuentran en el mismo:
 - Cancelación o retraso de misiones de vuelo.
 - Demora general en los vuelos.
 - Cierre del aeródromo.
 - Operaciones para quitar el hielo en tierra.
 - Procedimientos de espera.
 - Actividades y distribución del control de tránsito aéreo.
 - Planificación de vuelos.
 - Suministro de combustible.
- Evaluar el impacto en las operaciones realizadas durante el vuelo:

- Reabastecimiento de combustible.
- Orientación.
- Nivel de vuelo y asignación de ruta.
- Tecnología anticongelante.
- Fases del vuelo, incluyendo rodaje sobre el suelo utilizando los motores para aproximarse a la pista de despegue; despegue y ascenso; en ruta; descenso de emergencia; transición al descenso para la aproximación final; aproximación final, aterrizaje y rodaje por la pista hasta detenerse; aproximación abortada.
- Calcular los efectos de subestimar o de no pronosticar engelamiento.
- Evaluar los impactos, para el caso de subestimar el engelamiento, en las operaciones de aeródromo y en las aeronaves que se encuentran en el mismo:
 - Acumulación de hielo en la aeronave.
 - Seguridad de la aeronave en el despegue y aterrizaje.
 - Procedimientos de espera.
 - Condiciones de la pista de aterrizaje.
- Evaluar el impacto sobre estas operaciones durante el vuelo:
 - Comunicaciones y electrónica.
 - Sistemas de navegación aérea.
 - Nivel de vuelo y asignación de rutas.
- Garantizar la coherencia del producto entre los pronósticos de engelamiento y otros productos relacionados con la aviación (TAF, asesoramientos, reuniones para la planificación de vuelos, etc.).
- Poner en marcha los procedimientos de control de calidad para asegurar que los pronósticos de engelamiento sean lógicos y aplicables.
- Comprender los informes de los pilotos sobre engelamiento y la terminología apropiada: trazas, moderado, severo, cencellada blanca, hielo claro y mixto.
- Mantener un registro de episodios de engelamiento y la intensidad de sus efectos en las operaciones de las aeronaves.

Conocimientos para la predicción de nieblas y estratos a baja altura

A continuación se presenta una lista de procedimientos y conocimientos necesarios para predecir nieblas y estratos a baja altura según se define en las Series de Desarrollo Profesional (PDS) de SMN y COMET, sin ningún orden especial de importancia:

Climatología

- Determinar la frecuencia de los episodios de niebla y de nubes bajas en el área local (o área de interés), incluyendo la duración típica de estas situaciones y la intensidad de sus efectos sobre el techo y la visibilidad.
- Elaborar la climatología de la humedad del suelo y de la temperatura en el área local (o área de interés), y analizar la forma en que se relaciona con la climatología de la niebla y de las nubes bajas.
- Determinar la climatología de la temperatura del agua (si es aplicable) en el área local (o área de interés) y el modo en que se relaciona con la climatología de la niebla y de las nubes bajas.

Diagnóstico

- Analizar los datos atmosféricos de observación, tanto desde el punto de vista sinóptico como mesoescalar, y esbozar cómo podrían interrelacionarse los diferentes tipos de datos para crear condiciones favorables o desfavorables para la formación de nieblas o estratos; centrar la atención en:
 - Nubosidad existente: altura, espesor e inclinación habituales.
 - Perfiles de temperatura y humedad.
 - Fuentes y sumideros de calor y humedad.
 - Intensidad y altura de la cima de la inversión.
 - Movimiento vertical.
 - Efectos de radiación (enfriamiento y calentamiento).
 - Efectos del viento (advección y mezcla).
 - Efectos orográficos.
- Analizar la influencia de la superficie y su relación con el campo de viento en niveles bajos, y esbozar cómo podrían interrelacionarse estos factores para

crear condiciones favorables o desfavorables para la formación de nieblas o estratos; esta influencia de la superficie incluye:

- Distribución entre tierra y agua (ríos, lagos, océano, etc.).
- Uso de la tierra (tierra de secano, tierra de labranza de regadío, zonas urbanas).
- Topografía.
- Tipos de vegetación y de suelo y temperaturas.
- El suelo mojado como fuente de humedad.
- Capa de nieve.
- Temperatura de la superficie del mar.

- Predicción*
- Analizar los procesos radiativos importantes (incluyendo los efectos derivados de humedades elevadas y bajas) y la forma en que podrían variar durante el período que abarca la predicción.
 - Considerar los procesos advectivos (de temperatura y humedad) y sus efectos en los perfiles verticales.
 - Evaluar los procesos inductores de lluvia y nieve (humedad del suelo, flujos convectivos, humedad en niveles bajos y capa de nieve).
 - Tener en cuenta los efectos orográficos sobre los campos de viento a bajo nivel, el movimiento vertical y las posibles ondas gravitatorias.
 - Analizar el (o los) efecto(s) de la evolución del campo de viento a escala sinóptica; estimar con anticipación el movimiento vertical en los niveles bajos y considerar los efectos asociados a la capa límite.
 - Saber distinguir los factores que contribuyen a la formación de niebla de los factores que contribuyen a la formación de estratos o estratocúmulos elevados.
 - Utilizar los pronósticos de los modelos numéricos y por rejillas para la guía de predicción de nieblas y nubes bajas a escalas macroescalar, regional y mesoescalar:
 - Evaluar la precisión de las pasadas iniciales del modelo.
 - Tener en cuenta las desviaciones y limitaciones del modelo.
 - Utilizar modelo(s) local(es) o mesoescalar(es), si resulta(n) aplicable(s), incluyendo algoritmos de predicción o empíricos.
 - Traducir las predicciones numéricas apropiadas en términos de efectos sobre la evolución de nieblas y estratos locales.
 - Prever las condiciones atmosféricas importantes que hay que considerar en los pronósticos de altura de la base de nubes y de visibilidad, utilizando tanto datos de observación como los factores críticos que afectan a los datos de los modelos señalados en las instrucciones precedentes, que se contienen bajo el encabezamiento: 'Utilizar los pronósticos de los modelos numéricos y por rejillas... ':
 - Distribución vertical y horizontal de temperatura y humedad.
 - Estabilidad y movimiento vertical de la atmósfera.
 - Evolución de la intensidad y altura de la cima de la inversión.
 - Efectos radiativos.
 - Efectos del viento sobre la temperatura y la humedad (advección, mezcla) y situación radiativa.
 - Efectos frontales.
 - Efectos orográficos.
 - Espesor de la niebla o de las nubes.
 - Influencias de la superficie (incluyendo océanos, ríos y lagos; humedad del suelo y capa de nieve).

- Herramientas de predicción
- El predictor aeronáutico debe ser experto a la hora de utilizar las diferentes herramientas numéricas y de observación para preparar los pronósticos aeronáuticos. Entre ellas se incluyen, por lo general:
- Modelos meteorológicos globales.
 - Modelos regionales.
 - Modelos locales (mesoescalares).
 - Datos de observación de la superficie (incluido el radar).
 - Observaciones por satélite.
 - Observaciones del aire en altitud (incluyendo PIREP y perfilador de viento).
 - Informes de barcos.

- Algoritmos para el pronóstico aeronáutico basados en modelos (los ejemplos habituales comprenden algoritmos de predicción de turbulencia, englamamiento y cizalladura del viento).

Cada una de estas herramientas tiene aplicaciones específicas para predecir las condiciones meteorológicas que entrañan riesgo para la aviación, y estas aplicaciones tienen que ser comprendidas de una forma clara por el predictor. Este entendimiento incluye las ventajas y limitaciones de cada herramienta de predicción. Las aplicaciones de cada herramienta pueden tener lugar en las distintas escalas horizontales (global, regional y local), de acuerdo con los conocimientos relacionados anteriormente.

Las herramientas antes citadas se enmarcan dentro del conjunto de conocimientos sobre englamamiento en la aviación y formación de nieblas y estratos bajos que se detallaron en las dos últimas secciones, respectivamente. Como ejemplo, el penúltimo párrafo del apartado “Mesoescala” de la sección dedicada al englamamiento, especifica las aplicaciones de los datos numéricos para evaluar las condiciones presentes y futuras de los parámetros atmosféricos que influyen en el englamamiento. Este conocimiento supone la aplicación de las tres primeras herramientas citadas antes (modelos meteorológicos: globales, regionales y locales) para estos parámetros. Otro ejemplo, para el caso de formación de nieblas y estratos bajos, es el primer conocimiento del epígrafe “Diagnóstico” (en la sección previa) utilizando datos de observación para evaluar la nubosidad y el estado dinámico y termodinámico de la atmósfera. Las herramientas utilizadas para estos conocimientos guardan relación con datos de observación de superficie, observaciones por satélite, medidas del aire en altitud e informes de barcos.

Distribución de productos

Además, el predictor aeronáutico tiene que ser experto a la hora de emitir productos de predicción para los usuarios (como por ejemplo, pilotos, controladores, personal administrativo que informa a los pilotos, ATC y predictores privados) de una forma clara y estructurada con el fin de que los usuarios puedan utilizar de forma completa y fiable esa información. Habitualmente, los productos se difunden en intervalos de tiempo predeterminados, pero en cualquier momento pueden emitirse enmiendas a la predicción. La comunicación entre predictores y usuarios y los procedimientos de enmienda de la predicción constituyen procesos críticos que se encuentran en expansión en el contexto actual de la aviación mundial.

La estructura y formato de los pronósticos aeronáuticos varían en gran medida a lo largo de los diversos centros y agencias que los producen. Los medios utilizados para productos y herramientas de predicción incluyen Internet, las redes locales de tecnología de la información y las redes nacionales e internacionales. El predictor aeronáutico debería realizar el esfuerzo de conocer todos estos medios de distribución de productos, incluyendo los métodos de obtención de datos y de productos de predicción, así como los procedimientos para emitir productos e introducir enmiendas en ellos.

PARTE B: Competencias que requiere un predictor aeronáutico en una oficina regional

Por H. Pümpel, del Servicio Meteorológico de la Aviación Civil de Austria

Las necesidades de la comunidad aeronáutica cambian y evolucionan cada vez con mayor rapidez y esta situación origina una revalorización de los servicios requeridos y de los medios y formas de comunicar la información meteorológica (observaciones, pronósticos, avisos) a los clientes. La automatización de numerosas actividades junto con un masivo incremento de la información disponible para el personal meteorológico, ya sea in situ o a través de datos de teledetección, predicciones con modelos de alta resolución, técnicas de posproceso estadístico y de TI, requieren un

nuevo enfoque de la formación profesional y de la asignación de tareas a los predictores aeronáuticos.

Tareas rutinarias en una oficina de meteorología aeronáutica regional

- a) *Vigilancia meteorológica*: seguimiento permanente de fenómenos meteorológicos de importancia en la aviación, incluyendo una interpretación continuada de observaciones y productos de predicción para completar una comprensión en cuatro dimensiones del desarrollo de sistemas meteorológicos desde la escala sinóptica hasta la mesoescalar.
- b) *Comunicación eficiente* con los predictores de la oficina de vigilancia meteorológica correspondiente y de las oficinas regionales más próximas, por medio de la guía sinóptica de esas oficinas y proporcionando información regional de retorno a las mismas.
- c) *Elaboración de productos de predicción y aviso dirigidos al usuario* en intervalos regulares de tiempo y a petición del propio interesado.
- d) *Exposiciones orales, de carácter meteorológico, para usuarios aeronáuticos y relación con personal de ATC*. Exposiciones orales específicas para aquellos vuelos que necesitan más información que la que proporcionan los productos normalizados ya existentes, y estrecha relación con el personal del Control de Tránsito Aéreo para utilizar con eficacia la capacidad de la terminal y del aeródromo.
- e) *Desarrollar la formación de usuarios dirigida a pilotos*, al personal del servicio de información de vuelos, y al personal del aeropuerto, con el fin de garantizar que las comunicaciones sean eficientes y claras.

Estas tareas requieren las siguientes cualificaciones y competencias básicas:

Conocimientos y habilidades de vigilancia y seguimiento de condiciones meteorológicas

Habilidad para identificar los fenómenos meteorológicos de importancia en la aviación (conforme se especifica en el *Reglamento Técnico* de la OMM (C.3.1), Volumen II, Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional [OMM-Nº 49]) observados en el aeródromo y más allá de sus límites, con los sistemas meteorológicos que habitualmente afectan al área. Este proceso no solo requiere una comprensión de la meteorología dinámica, incluida la dinámica de procesos mesoescales desde los sistemas a escala sinóptica hasta las bandas de lluvia y los sistemas convectivos mesoescales (SCM), también es necesario disponer de la capacidad suficiente para relacionar los fenómenos observados y/o notificados con el análisis previo de los mapas sinópticos del tiempo desde superficie hasta niveles por encima de la tropopausa.

Habilidades técnicas para manejar e interpretar datos; procesar sistemas vinculados tanto a sistemas de observación in situ como por teledetección. Estas actividades incluirían la familiarización con la interpretación de las imágenes de satélite de todas las bandas espectrales disponibles (IR, VA y VIS), y en particular, la identificación de tipos de nubes utilizando imágenes diferentes.

Habilidades de manejo para seleccionar los productos en forma de imágenes más apropiados para estudiar el problema en cuestión (como por ejemplo, imágenes de vapor de agua para identificar los repliegues de la tropopausa y la posición de la corriente en chorro, imágenes del espectro visible para localizar ondas de Kelvin-Helmholtz y ondas de gravedad en nubes de tipo cirros). Asimismo, y utilizando la temperatura de los topes nubosos inferidos de los datos de la PDUS-IR, puede llevarse a cabo la detección de sistemas convectivos en formación y disipación, la localización de topes de cumulonimbos activos y la determinación del potencial de engelamiento en estratos de nubes.

Habilidades de manipulación a la hora de utilizar datos de los modernos radares meteorológicos, tanto de composición de radares como del radar local; saber detectar la cizalladura del viento mediante radares Doppler. Se incluyen aquí habilidades como las de detectar el potencial de formación de SCM, identificar elementos rotacionales que sugieren desarrollos de tornados, determinar la posibilidad de formación de granizo a partir de información polarimétrica y de reflectividad, obtener

indicaciones de escisión de tormentas y generación de células hijas, detectar la formación de líneas de turbonada.

Habilidades correlativas, incluida la capacidad para incorporar las observaciones de superficie a la imagen formada con las demás fuentes. Identificar los fenómenos meteorológicos importantes para la aviación, en especial para los informes de pilotos, clasificándolos y distribuyendo esta información a otros pilotos, ATS y a la oficina de vigilancia meteorológica. Asimismo, conocimientos para interpretar los datos obtenidos de los dispositivos de detección de descargas eléctricas, y la extrapolación del movimiento y escisión de células tormentosas, a partir de los datos de actividad eléctrica, con fines de predicción inmediata

Habilidades de comunicación con oficinas centrales y estaciones vecinas

En las oficinas regionales, los predictores aeronáuticos necesitarán disponer de habilidades para:

Asimilar rápidamente las predicciones establecidas en la Guía al inicio de un turno de trabajo donde no hay posibilidad de hacer entrega presencial de información al relevo (en las estaciones que no funcionan las 24 horas), o concordar la información local que se ha de entregar al relevo en el cambio de turno con los productos de la guía de distribución centralizada. Este proceso implica una evaluación crítica, verificando que los productos de la guía aún se encuentren en línea con el desarrollo del tiempo observado a nivel local y regional.

Abordar el detalle regional dentro del contexto global, asegurando que las características importantes se envíen como información de retorno a las instituciones centrales (por ejemplo, un PIREP de engelamiento moderado o severo cuando no se ha emitido ningún SIGMET, necesita atraer la atención inmediata de la oficina de vigilancia meteorológica).

Asegurar la interfaz correcta con las regiones vecinas, resolviendo cualquier discrepancia: por ejemplo, en pronósticos para áreas o rutas adyacentes, mediante la comunicación y la resolución de las diferencias con el personal involucrado.

Preparar una entrega de información concisa e integral para el relevo de los turnos siguientes, destacando en particular los desarrollos inusuales o imprevistos de las condiciones atmosféricas.

Elaboración de productos de predicción y aviso dirigidos al usuario

Una vez obtenida una percepción suficientemente detallada de los procesos dinámicos que afectan de forma habitual al área de responsabilidad, los productos orientados a los usuarios deben distribuirse tanto en intervalos regulares de tiempo como a petición del propio usuario (según la situación). Las competencias requeridas para este trabajo incluyen:

Familiaridad con todas las claves meteorológicas aeronáuticas definidas en el *Manual de Claves* de la OMM (OMM-Nº 306) y en el *Reglamento Técnico C.3.1* de la OMM y Anexo III de la OACI (OMM-Nº 49). Sólidos conocimientos de todos los criterios que se aplican en los avisos y en los grupos de cambio de los pronósticos (TAF, TREND; GAMET, etc).

Comprensión de los fenómenos meteorológicos que entrañan riesgo para la aviación: su diagnóstico y predicción. El predictor necesita estar íntimamente familiarizado con el análisis de los parámetros meteorológicos que constituyen un riesgo para la aviación. Esta tarea incluye comprender las posibilidades y limitaciones que tienen:

Los algoritmos y métodos de obtención del potencial de engelamiento a partir de ascensos de radiosondas y de salidas de modelos, así como también el potencial de engelamiento calculado estadísticamente. Como estos métodos se basan en observaciones pasadas y el modelo se encuentra ejecutándose, se necesitaría tener la habilidad de realizar el seguimiento de los desarrollos habituales en las condiciones

atmosféricas utilizando información en tiempo real procedente de imágenes de satélite y de composiciones de radar; al mismo tiempo, el predictor debería garantizar también que las condiciones meteorológicas que dan lugar a engelamiento se rastreen correctamente y que los cambios en su intensidad sean bien detectados. Hay que vigilar, asimismo, el comienzo de la precipitación, los cambios de altitud de la inversión y otros factores que afectan a las fuentes de humedad o a los espectros del tamaño de las gotas (convección poco profunda).

Los algoritmos de detección de la turbulencia basados, por lo general, en números de Richardson o en la disipación de la energía cinética turbulenta, tanto con datos del radiovientosonda como con la salida del modelo.

Los algoritmos y métodos para detectar ondas gravitatorias y su potencial de ruptura, aplicando algoritmos y métodos manuales de análisis, basados todos ellos, de nuevo, en datos del radiovientosonda y en la salida del modelo.

La convección prevista por los modelos y los frentes asociados a rachas, incorporando las salidas de modelos de alta resolución, las técnicas de extrapolación cinemática y la interpretación de datos de radares meteorológicos Doppler.

La evaluación crítica de la guía del modelo utilizada en la preparación de predicciones. Esto implica comprender con claridad las características del modelo, tanto en términos de las estructuras horizontal y vertical como de la forma en que se consideran los procesos que tienen lugar a una escala inferior a la de la rejilla. Para interpretar correctamente las predicciones de convección, es necesario conocer el tratamiento de los procesos radiativos (es decir, con qué frecuencia hay que volver a calcular el flujo radiativo basándose en una nubosidad variable, etc.), el modo en que se incorporan las propiedades y la vegetación del suelo, y si la convección está considerada o parametrizada de forma explícita. Para la predicción de sistemas de viento a nivel local, ya sean brisas marinas o características inducidas por la topografía como los vientos de valle, se necesita un conocimiento exacto de la distribución de puntos de tierra y mar, las elevaciones de los puntos de la rejilla, etc.

Comprender adecuadamente la guía obtenida estadísticamente. La interpretación estadística de la guía de modelos numéricos se usa, por lo general, para predecir vientos en superficie, rachas, temperaturas y características de la nubosidad y la precipitación en cada aeropuerto. En el caso de las oficinas de predicción que generan mensajes TAF para aeródromos distantes, se facilita la incorporación de la climatología local a las predicciones. El conocimiento profundo de las ecuaciones gobernantes y de la estratificación de los datos utilizados en su desarrollo, constituye un requisito previo para el uso correcto de estos métodos.

Apreciar adecuadamente las necesidades y los problemas de los usuarios aeronáuticos. Los predictores aeronáuticos, aunque ya estén muy especializados, aún deben atender a toda una gama de clientes con una amplia variedad de necesidades (véanse, por ejemplo, los requisitos de la OACI para las operaciones de helicópteros). Los pronósticos de ruta de altura de la base de nubes o de restricciones de visibilidad para la aviación general o para las operaciones de helicópteros en un entorno marítimo o montañoso necesitan ser muy detallados para evitar poner en peligro la seguridad de los vuelos VFR. Resulta indispensable que un predictor aeronáutico comprenda qué parámetros son críticos para la seguridad y regularidad de grupos de usuarios individuales, con objeto de resaltar la información esencial.

Información oral a pilotos y al personal del servicio de información de vuelos; relación con los ATC

Suministro de exposiciones meteorológicas orales, cuando la documentación escrita no sea suficiente. Aunque los pilotos de las aerolíneas comerciales hoy en día raramente tienen la oportunidad de asistir personalmente a exposiciones meteorológicas orales, muchas situaciones aún requieren la realización de tales charlas informativas o de contactos telefónicos. Al igual que ocurre con la preparación de las predicciones a medida, resulta fundamental la habilidad de ‘hablar el mismo lenguaje que los clientes’, es decir, comprender los problemas específicos de cada operación en particular. El predictor necesita tener unas dotes excelentes de comunicación para obtener toda la información necesaria acerca del vuelo u operación que se haya planificado. El predictor tiene que centrar su atención en cuestiones importantes, dejando a un lado cualquier otra información innecesaria con objeto de evitar ‘la sobrecarga de información’, que supone el riesgo de perder información importante para la seguridad a costa de detalles sobre desarrollos meteorológicos que son intrascendentes para el cliente.

Comprensión básica de procedimientos de ATS. El uso eficaz del espacio aéreo y de la capacidad de la terminal del aeródromo requiere una cooperación excelente entre el personal meteorológico y el de ATS. Los reglamentos de la OACI establecen que los avisos meteorológicos y los criterios TREND tienen que fijarse en estrecha colaboración con las unidades de los servicios de tráfico aéreo, para asegurar que la información esencial (como, por ejemplo, cambios de la dirección del viento en la pista de aterrizaje, tormentas inminentes, comienzo de una precipitación en forma de nieve o de lluvia engelante) se comunique con la máxima eficacia, y pueda adoptarse la decisión correcta. Informaciones de retorno por parte del personal de ATC, tales como informes de pilotos, con frecuencia relativos a cambios de velocidad debidos a la cizalladura del viento, resultan de valor incalculable para los predictores.

Desarrollo de la formación de usuarios

Puesto que las exposiciones meteorológicas verbales cara a cara se están convirtiendo en una excepción más que en una regla en el mundo de la aviación, la capacidad de los usuarios para comprender con claridad los contenidos de los productos de predicción y de la documentación de vuelo es fundamental para la operación segura de las aeronaves. Como el personal de las oficinas meteorológicas de los aeródromos o de sus proximidades tiene la ventaja de estar cerca de los usuarios, tanto físicamente como en términos de entender sus problemas, también deberían jugar un papel vital en la formación de usuarios. Los cursos de repaso sobre cambios en las claves meteorológicas y sobre productos de predicción también tendrían que ofrecerse en intervalos regulares a todos los usuarios aeronáuticos, ya sean pilotos, personal del servicio de información de vuelos, o el equipo de planificación. Las autoridades aeroportuarias responsables de actividades tales como la retirada de nieve y el tráfico de pasajeros, también necesitan estar al corriente con regularidad de las alertas meteorológicas y productos de predicción diseñados para su uso.

En consecuencia, el personal meteorológico requiere conocimientos básicos sobre formación y capacidad para dar charlas breves en un lenguaje comprensible acompañado de despliegues gráficos aceptables. Estos gráficos se pueden haber producido de manera centralizada, pero los predictores deben ser capaces de añadir y modificar el material de enseñanza atendiendo a los objetivos fundamentales, como por ejemplo, necesidades locales y grupos de usuarios especializados. La formación de usuarios debería incluir el animar a los mismos a demandar charlas especiales de carácter meteorológico en circunstancias donde la explicación oral y documentación habituales se consideran insuficientes (como por ejemplo, situaciones extremas o de tiempo inusual, o problemas técnicos del operador tales como avería en el dispositivo de deshielo).

7.7 METEOROLOGÍA MARINA

Por L. N. Karlin, Universidad Estatal de Hidrometeorología de la Federación de Rusia

La meteorología marina constituye una vasta área de conocimiento. Desde el punto de vista del usuario, los principales productos de los meteorólogos marinos se refieren a los servicios meteorológicos y oceanográficos que sirven de apoyo a las actividades humanas relacionadas con el uso de los recursos marinos. Estos servicios incluyen predicciones del estado del tiempo y de la mar para distintos plazos, avisos de temporal para las diferentes zonas oceánicas y descripciones hidrometeorológicas del estado de la capa límite atmosférica (CLA) y de la capa superficial del océano (CSO) basándose en distintos tipos de régimen y de análisis. Para ofrecer estos servicios, los meteorólogos marinos (profesionales graduados y personal técnico) deberían:

- a) Cumplir los requisitos establecidos en las guías y manuales correspondientes.
- b) Tener en cuenta las peculiaridades geográficas de su área de responsabilidad.
- c) Mejorar constantemente sus conocimientos y cualificaciones de especialización.
- d) Interrelacionarse con colegas y con su supervisor inmediato manteniendo un espíritu de cooperación constructiva.

Los meteorólogos marinos de los SMN participan, por lo general, de cuatro tipos diferentes de actividad: predicciones marítimas, observación de las características de la CLA y la CSO, descripción de los regímenes de las zonas marítimas, y estudio del sistema CLA-CSO. Además, los meteorólogos y técnicos marinos preparan productos específicos para usuarios y realizan otras tareas, según el caso, en un lugar cualquiera de trabajo determinado

Predicciones marítimas

Esta sección se refiere a funciones tales como: utilizar métodos modernos para procesar y analizar datos hidrometeorológicos, y calcular y predecir las características de la atmósfera y de la capa superficial del océano; y utilizar datos de observaciones reales, incluyendo datos de radar y de satélite normalizados, datos de sondeos y datos especiales.

El especialista debe conocer:

- Los documentos de referencia que se necesitan en su actividad profesional.
- La cantidad de información necesaria disponible para preparar el producto y dónde encontrar la que falta.
- Métodos modernos de predicción de las condiciones atmosféricas y de la CSO.
- Las peculiaridades regionales que influyen en la formación de las características de la CLA y de la CSO en su área de responsabilidad.

El especialista ha de ser capaz de:

- Hacer uso de las guías y manuales oportunos.
- Recibir la información necesaria, previa solicitud, por medio de los modernos métodos de comunicación.
- Utilizar las estaciones de trabajo con diligencia y eficacia para obtener la información necesaria, es decir, datos de observación, predicciones, modelos, y también descripciones regionales.
- Descifrar la información de satélite y de radar e interpretarla correctamente.
- Analizar mapas sinópticos e hidrometeorológicos.
- Preparar predicciones para distintos plazos, en su área de responsabilidad, de las condiciones atmosféricas y de la capa superficial del océano utilizando métodos modernos.

- Recopilar avisos de temporal relativos a fenómenos naturales hidrometeorológicos adversos en su área de responsabilidad.
- Utilizar los resultados de las predicciones numéricas para predecir la situación hidrometeorológica en las condiciones locales con respecto a su área de responsabilidad.
- Vigilar los cambios en el estado del tiempo y en las condiciones de la mar, así como las características de la CLA y la CSO dentro de su área de responsabilidad, y responder a aquellos en tiempo real, llevando a cabo las correcciones que corresponda en los productos.

Observación de las características de la CLA y la CSO

El especialista debe conocer:

- La estructura, composición y características del sistema CLA-CSO, incluyendo la capa atmosférica próxima al agua y la capa superficial con sus características fundamentales.
- Los procesos físicos fundamentales que permiten la formación del sistema CLA-CSO, incluyendo la capa atmosférica próxima al agua y la capa superficial.
- Los principales métodos de proceso y análisis de la información hidrometeorológica.
- Los métodos y formas de realizar observaciones hidrometeorológicas normalizadas de satélite y radar, incluyendo métodos marinos y por medio de sondeos.

El especialista ha de ser capaz de:

- Planificar, organizar y dirigir observaciones normalizadas y ampliadas de las características de la capa límite atmosférica, la capa de la atmósfera próxima al agua, la capa superficial, y la capa de mezcla superior del océano.
- Procesar los datos de observación, realizar un análisis inicial y rechazar las medidas erróneas.
- Archivar los conjuntos de datos de observación obtenidos.
- Utilizar métodos de cálculo y predicción del estado de la CLA, de la capa atmosférica próxima al agua y de la CSO, incluyendo la capa superficial.
- Cumplir los requisitos establecidos para los productos solicitados por los principales usuarios.

Descripción de los regímenes de las zonas marítimas

El especialista debe conocer:

- La estructura, composición y características del sistema CLA-CSO, incluyendo la capa superficial con sus características fundamentales.
- Los procesos físicos fundamentales que permiten la formación del sistema CLA-CSO, incluyendo la capa atmosférica próxima al agua y la capa superficial.
- Los principales métodos de proceso y análisis de la información hidrometeorológica.
- Los métodos de recopilación de descripciones de regímenes.
- Las principales descripciones de los regímenes de la CLA y la CSO en su área de responsabilidad.
- Los parámetros de la interacción entre el aire y el océano en la región para complementar cualquier cálculo.

El especialista ha de ser capaz de:

- Calcular los flujos de momento lineal, energía radiante, calor, humedad y sal a través de la superficie de la interfase entre el océano y la atmósfera utilizando métodos normalizados.
- Calcular las características de la CLA y la CSO utilizando información sinóptica normalizada y datos obtenidos a partir de las observaciones de satélite y de radar.
- Calcular las características de la capa de la atmósfera próxima al agua y de la capa superficial.
- Ajustar los datos de observaciones terrestres con el propósito de extrapolarlos al mar.

- Recopilar datos iniciales e introducirlos en el ordenador para realizar cálculos por medio de los programas disponibles.
- Calcular los valores estadísticos de las características hidrometeorológicas necesarias para describir los regímenes.
- Completar una descripción del régimen.

Estudio del sistema CLA-CSO

El especialista debe conocer:

- La estructura, composición y características del sistema CLA-CSO.
- Los procesos físicos fundamentales que tienen lugar en el sistema CLA-CSO.
- Los métodos para modelar y medir el sistema CLA-CSO.

El especialista ha de ser capaz de:

- Formular nuevos modelos del sistema CLA-CSO y mejorar los existentes.
- Llevar a cabo experimentos numéricos e in situ en relación con el estudio del sistema CLA-CSO.
- Desarrollar recomendaciones para que los usuarios utilicen de modo óptimo los productos.

Preparación de productos para los usuarios

El especialista debe saber:

- Interpretar de forma correcta los datos de observación y predicción.
- Presentar los productos de una manera formal, de acuerdo con las especificaciones requeridas por los usuarios.
- Desarrollar recomendaciones para que los usuarios utilicen de modo óptimo los productos.
- Ser útil y educado con los usuarios, respondiendo con profesionalidad a las críticas.

El especialista ha de ser capaz de:

- Responder con eficacia a los requisitos variables del usuario y adaptarse rápidamente a ellos.
- Enviar los productos pertinentes al usuario de una manera eficaz, contactar rápidamente con él e introducir en los productos entregados cualquier modificación originada por circunstancias imprevistas.
- Garantizar que todos los productos lleguen al usuario puntualmente.
- Asegurar la colaboración regional entre científicos e interesados.

Realización de otras funciones

El especialista debe completar una serie de responsabilidades específicas de apoyo, que constituyen una parte esencial del trabajo meteorológico marino en una oficina determinada.

El especialista debe conocer:

- La estructura, jerarquía y políticas financieras de su institución.
- La normativa interna y las técnicas de seguridad en su institución, y aplicarlas.

El especialista ha de ser capaz de:

- Utilizar los sistemas de información de la oficina, mantenerlos en funcionamiento adecuado y solucionar cualquier deficiencia a nivel de usuario.
- Utilizar la tecnología organizativa que sea necesaria para el trabajo, mantenerla en funcionamiento correcto y solucionar cualquier deficiencia a nivel de usuario (proyectores, fotocopiadoras, etc.).

7.8 METEOROLOGÍA MEDIOAMBIENTAL

Por B. Angle, del Servicio de Medio Ambiente Atmosférico de Canadá

La ciencia de la meteorología tiene amplias aplicaciones que van más allá de la predicción meteorológica tradicional. Existe una creciente demanda de información y asesoramiento científico experto con relación al estado de la atmósfera, las

cuestiones atmosféricas y sus interrelaciones con la seguridad e higiene humanos, la economía y los ecosistemas naturales. Políticos, científicos, otros estamentos de la Administración, instituciones y organizaciones nacionales e internacionales, universidades, representantes del mundo industrial, medios de comunicación, organizaciones no gubernamentales de carácter medioambiental y ciudadanía demandan información científicamente precisa y servicios oportunos de aviso meteorológico. Las siguientes líneas ofrecen una introducción respecto a los conocimientos que ha de poseer un meteorólogo especializado en calidad del aire.

Comprensión del papel de los SMN en la dirección de cuestiones medioambientales

Esta sección se refiere al papel y la relación de un SMN con otros departamentos gubernamentales y con otras jurisdicciones (por ejemplo, multilaterales, bilaterales, nacionales, provinciales y municipales) en el desarrollo de políticas, observaciones sistemáticas y servicios relacionados con las cuestiones medioambientales, a fin de desarrollar, poner en marcha y resaltar estos servicios.

El alumno alcanza estos objetivos por medio del conocimiento manifiesto de:

- El cometido, misión, requisitos derivados del desarrollo de políticas, y prioridades del SMN con relación a cuestiones atmosféricas y medioambientales afines y a la predicción medioambiental.
- La organización, responsabilidades, programas y disposiciones de trabajo con otros departamentos, agencias, universidades y sector privado pertinentes con las cuestiones atmosféricas, servicios medioambientales e investigación aplicada.
- La planificación, desarrollo, organización y dirección de programas científicos relativos a cuestiones atmosféricas cruciales (calidad del aire, variabilidad y cambio climáticos, “smog” o niebla con gran proporción de contaminantes, reducción de la capa de ozono estratosférica, radiación ultravioleta, etc.).
- Las legislaciones, normativas, acuerdos o protocolos bilaterales e internacionales correspondientes con el fin de comprender el fundamento de los objetivos y restricciones de trabajo, y de ofrecer asesoramiento a interesados y colegas.
- La organización, responsabilidades, programas y disposiciones de trabajo concernientes a las actividades científicas oportunas que tienen lugar en las organizaciones medioambientales gubernamentales y no gubernamentales, especialmente en estados limítrofes; también los programas medioambientales de la OMM y de la ONU; la colaboración con todas estas agencias en actividades de prioridad e interés mutuos, y mantenerse al corriente de los últimos desarrollos y programas científicos.

Las habilidades y conocimientos relativos a esta sección son:

- Explicar el papel del gobierno, y de las organizaciones e instituciones nacionales o internacionales.
- Recopilar la legislación y normativas correspondientes relacionadas con estas cuestiones.
- Explicar el cometido de los SMN y su relación con otros organismos afines o interesados.
- Localizar las fuentes de información sobre cuestiones y ciencias medioambientales (como, por ejemplo, periódicos, bibliotecas virtuales e instituciones).
- Describir los temas principales, con énfasis en el estado actual, la magnitud del problema y las políticas relacionadas con:
 - Depositiones ácidas.
 - Reducción de la capa de ozono estratosférica.
 - Impactos del cambio climático y estrategias de adaptación.
 - Calidad del aire (“smog”) y partículas contaminantes.
 - Deposition de mercurio.

Comprensión de las ciencias medioambientales y sus aplicaciones

Competencia de trabajo y habilidades y conocimientos requeridos: formación sólida en nociones fundamentales sobre ciencias medioambientales; las fuentes de datos, la ciencia y sus aplicaciones deben comprenderse y utilizarse en la preparación de servicios y productos medioambientales.

El alumno alcanza estos objetivos por medio del conocimiento manifiesto de:

- Teorías, principios y aplicaciones de meteorología, climatología, física, matemáticas, modelización numérica, química y geografía física necesarios para llevar a cabo los programas de ciencias atmosféricas.
- Principales cuestiones atmosféricas (como, por ejemplo, calidad del aire, cambio y variabilidad climáticos, “smog”, reducción de la capa de ozono estratosférica y emisiones acidificantes), incluyendo sus causas, caracterización, interacciones y efectos socioeconómicos, sobre la salud y sobre el entorno natural.
- Teorías y métodos matemáticos y estadísticos requeridos para seleccionar las técnicas de análisis y medida apropiadas.
- Principios y prácticas de instrumentación, redes de observación, recopilación y gestión de datos, que se utilizan para desarrollar productos y servicios medioambientales.
- Contenidos de las bases de datos nacionales y métodos de acceso a las mismas, incluyendo archivos climáticos o bases de datos de vigilancia de la contaminación atmosférica y otros archivos de datos afines.
- Fuentes internacionales de datos e información sobre cuestiones medioambientales: su recuperación, y limitaciones y derechos de la propiedad intelectual o de la protección del derecho de reproducción aplicados a este caso.
- Operación y programación de ordenadores, lenguajes de programación y programas específicos utilizados en análisis estadístico, gestión de bases de datos, y visualización y presentación de datos e información.

Las habilidades y conocimientos relativos a esta sección requieren la capacidad para:

- Describir los sistemas de observación, técnicas de medida, disponibilidad de datos y de redes de medida relacionadas con la vigilancia de la contaminación, radiación UV-B, ozono, redes hidrométricas y otras redes.
- Explicar el ciclo de transporte de la contaminación atmosférica y las condiciones meteorológicas que controlan la dispersión de contaminantes.
- Distinguir entre las escalas locales, regionales y global del transporte de contaminantes.
- Explicar cómo influyen en la dispersión los siguientes factores atmosféricos:
 - Dirección, velocidad y régimen del viento.
 - Estabilidad atmosférica (altura de mezcla, coeficiente de ventilación).
 - Turbulencia.
 - Condiciones meteorológicas.
 - Efectos locales (estela, terreno, brisa de mar, brisa de valle, entorno urbano, etc.).
- Explicar la caracterización de la dispersión para gases neutros en suspensión, gases pesados y la composición de las macropartículas.
- Evaluar y describir la química atmosférica relevante para el transporte y las transformaciones de contaminantes que tienen lugar a través de la atmósfera (por ejemplo, pesos moleculares, leyes de gases, unidades de concentración y concepto de tiempo de permanencia).
- Describir los efectos de las nubes y de las condiciones meteorológicas sobre las transformaciones químicas que ocurren en la atmósfera.
- Describir las transformaciones químicas y los procesos de transporte básicos que tienen lugar en la troposfera, desde la fuente hasta su desaparición:
 - Fuentes naturales frente a fuentes antropogénicas.
 - Deposición ácida.
 - Compuestos NO_x, COV y ozono.
 - Gases de efecto invernadero.

- Diferenciar el proceso básico de producción en niveles bajos frente al ozono estratosférico, incluyendo el papel de los CFC y otras sustancias que ocasionan la reducción de la capa de ozono.
- Describir la distribución y concentración de ozono en la capa límite y en la estratosfera, las causas que lo originan, y su destrucción o dispersión.
- Describir la modelización por ordenador de la dispersión de contaminantes a largo plazo, para escalas regionales y locales, y sus limitaciones.
- Diagnosticar la situación meteorológica en las distintas escalas para evaluar la dispersión de contaminantes atmosféricos, y examinar exhaustivamente todas las fuentes de datos incluyendo:
 - Análisis preciso de mapas, de acuerdo con la práctica normalizada.
 - Evaluación de salidas de modelos de dispersión y transporte atmosféricos.
 - Examen de imágenes de satélite y de radar y de datos sobre esféricos con atención a las limitaciones, y a los posibles errores, en los datos.
 - Utilización de tefigramas y de hodógrafas como ayuda a la predicción, haciendo uso correcto de las construcciones apropiadas (como, por ejemplo, temperatura máxima, estructura de las nubes, índices de estabilidad, etc.).
- Interpretar correctamente los datos reales y previstos e identificar los datos más importantes para cualquier situación determinada, es decir:
 - Demostrar un conocimiento aceptable de la geografía, climatología y características meteorológicas locales.
 - Aplicar las técnicas de la predicción local.

Suministro de servicios;
distribución de información y
asesoramiento científico

Competencia de trabajo requerida: ofrecer servicios, por medio de la distribución de información y asesoramiento científico, a gestores departamentales, políticos, científicos, otros estamentos de la Administración, universidades, organizaciones medioambientales no gubernamentales, industria y público general, sobre cuestiones atmosféricas correspondientes a los problemas medioambientales más importantes.

El alumno alcanza estos objetivos por medio del conocimiento manifiesto de:

- El diseño y desarrollo anticipado de servicios y productos medioambientales.
- Los métodos, técnicas y prácticas que se utilizan para determinar las necesidades del usuario respecto a servicios y productos medioambientales y estudios a medida.
- Las técnicas, métodos y prácticas de participación en entrevistas de radio, televisión y prensa para presentar y defender la información científica atmosférica, explicar la base científica inherente a los temas sobre el medio ambiente atmosférico y evitar realizar declaraciones que puedan resultar comprometedoras.
- Las técnicas para transmitir con eficacia los mensajes clave durante las entrevistas con los medios de comunicación para presentar información compleja de una forma significativa sin hacer declaraciones comprometedoras e incoherentes.
- Las técnicas, métodos y prácticas para redactar informes científicos con el fin de presentar la información de una forma clara y concisa para una variedad de interesados.
- El suministro de información y asesoramiento científico experto sobre temas atmosféricos a los medios de información, público general y cualquier otro tipo de audiencia no iniciada, por medio del teléfono, artículos escritos y exposiciones orales –todo ello en niveles oportunos de comprensión– para mejorar el conocimiento del público y la concienciación sobre cuestiones relacionadas con el medio ambiente atmosférico, tales como la variabilidad y el cambio climáticos, y el “smog”.
- Las consideraciones correspondientes a las políticas, prácticas y puntos de vista de las distintas organizaciones de medios de comunicación, sus canales de difusión al público y sus informadores medioambientales.

Las habilidades y conocimientos relativos a esta sección implican la capacidad para:

- Utilizar los métodos, técnicas y prácticas apropiados para determinar las necesidades del usuario respecto a servicios y productos medioambientales y estudios a medida.
- Confrontar, interpretar, sintetizar y preparar informes para publicar y llevar a cabo presentaciones orales sobre el estado de conocimientos de los temas relacionados con el aire y sus impactos.
- Utilizar técnicas analíticas y de resolución de problemas para evaluar las peticiones y desarrollar soluciones de forma independiente o en cooperación con otros investigadores científicos.
- Poner de manifiesto unas dotes eficaces de comunicación para distribuir información o asesoramiento científico complejo, de un modo que facilite su entendimiento:
 - Considerar las necesidades del usuario y las sensibilidades (connotaciones políticas, jurídicas, económicas) respecto a declaraciones, avisos o análisis científicos relativos a estos temas.
 - Poseer la habilidad de redactar con eficacia a la hora de producir informes, artículos y documentos para publicaciones medioambientales y revistas revisadas por colegas.
 - Poseer habilidades eficaces de oratoria y presentación al público a la hora de exponer información científica en seminarios de prácticas, congresos y reuniones científicas.
 - Poseer la capacidad de resumir los temas atmosféricos de una forma coherente, adecuada a las cuestiones y al nivel de comprensión de la audiencia.
 - Utilizar habilidades de escucha activa y observar el lenguaje corporal para comprender la interpretación de la audiencia y la reacción a la información.
 - Ofrecer consultas verbales telefónicas o en persona para usuarios o equipos de protección civil.
 - Redactar predicciones en un estilo apropiado para la audiencia.
 - Efectuar el cambio de turno con eficacia, explicándole debidamente al siguiente relevo todos los factores que corresponda.
- Comprender y utilizar los procedimientos adecuados, es decir:
 - Producir y distribuir información coherente con las normas y procedimientos apropiados.
 - Describir el procedimiento de respuesta ante emergencias medioambientales.
 - Ser experto en el uso de sistemas de TI de usuario para preparar y distribuir la información.
 - Conseguir las aprobaciones necesarias del personal superior del equipo de gestión.
 - Priorizar las tareas de una forma apropiada, especialmente en situaciones de emergencia o rápidamente cambiantes, con objeto de cumplir los plazos establecidos.
- Tener en cuenta la capacidad y conocimientos personales de los usuarios al responder a las preguntas, es decir:
 - Ser cortés y demostrar un buen tacto y criterio al tratar con usuarios, con medios de comunicación o en consultas con otros especialistas.
 - Estar preparado para atender reclamaciones.
 - Buscar consejo de colegas más experimentados; asegurarse de que las consultas van dirigidas a portavoces cualificados si se ha conseguido identificarlos

Realización de otras tareas– Esta sección se refiere a actividades tales como la participación en comités, grupos afines de trabajo y grupos especiales de tareas; operar y ofrecer mantenimiento de equipos de primera línea; y contribuir a lograr un ambiente positivo de trabajo.

El alumno alcanza estos objetivos por medio del conocimiento manifiesto de:

- Los principios de funcionamiento, mantenimiento y cuidado de ordenadores personales, impresoras, periféricos tales como dispositivos de almacenamiento utilizados por el software indispensable y especializado para desarrollar y mantener bases de datos atmosféricas, analizando, sintetizando y presentando datos e información científica relacionada, comunicando y recibiendo información.
- El mantenimiento y el cuidado de equipos de campo tales como monitores y analizadores de ozono y partículas en tiempo real, registradores de datos y medidores de radiación ultravioleta.
- Los procedimientos y las operaciones de mantenimiento (por ejemplo, procedimientos de creación de copias de seguridad) de bases de datos informatizados correspondientes a datos atmosféricos observados y a resultados obtenidos a partir de datos analizados.
- Las funciones, responsabilidades y operaciones que se llevan a cabo dentro de la oficina para facilitar y agilizar el plan de trabajo y promocionar el trabajo en equipo.
- El Proceso de Evaluación y Análisis del Medio Ambiente (EARP).
- El desarrollo de propuestas de investigación aplicada.
- Materiales que pueden entrañar algún riesgo en el lugar de trabajo, acoso, seguridad e higiene, y otras circunstancias que gobiernan el ambiente de trabajo.

Las habilidades y conocimientos relativos a esta sección deben proporcionar la capacidad de:

- Participar en la planificación, diseño, organización, coordinación, puesta en marcha y evaluación de los servicios y productos medioambientales y del desarrollo de los mismos.
- Llevar a cabo estudios de investigación aplicada e investigaciones que podrían incluir programas de medidas sobre el terreno:
 - Aplicar teorías y principios de gestión de proyectos.
 - Demostrar habilidades de planificación y organización eficaces para diseñar proyectos de investigación aplicada, asegurar que las actividades tienen lugar conforme a lo previsto, y para gestionar recursos de proyectos.
 - Considerar restricciones puntuales en los recursos y su solución.
- Llevar a cabo análisis utilizando técnicas y procedimientos matemático-estadísticos y científicos; interpretar los resultados; preparar y publicar artículos, informes y documentos supervisados; efectuar presentaciones orales en seminarios de prácticas y en congresos sobre hallazgos en materia de investigación aplicada para uso de otros científicos y para apoyar el desarrollo o revisión de políticas medioambientales de gobiernos y organizaciones, su planificación y adopción de decisiones.
- Diseñar y poner en marcha páginas Web de Internet e Intranet para ofrecer servicios medioambientales atmosféricos e información científica relativa a la atmósfera dirigida al personal del servicio, a la comunidad científica, a organizaciones afines y al público en general.
- Demostrar pericia en el uso de sistemas de TI de la oficina para ser capaz de realizar el mantenimiento de rutina del usuario y de solucionar los problemas de estos sistemas:
 - Comprender y llevar a cabo tareas de comunicaciones, conforme a los procedimientos de la oficina.
 - Realizar el mantenimiento de primera línea (por ejemplo, el cambio de papel y cinta o cartuchos en impresoras, fotocopiadoras) y llevar a cabo cualquier otra tarea de mantenimiento de rutina conforme a los procedimientos de la oficina, informando de las averías.
- Mantener relaciones interpersonales positivas:
 - Demostrar buena voluntad y disposición para el trabajo como miembro de un equipo, ser cortés y respetuoso con los compañeros de trabajo, superiores y usuarios, y estar al día en las cuestiones medioambientales.

- Establecer o mantener contactos con personal científico de otras organizaciones medioambientales federales, provinciales, universitarias e internacionales.
- Mantener una apariencia personal de acuerdo con las normas de la oficina o de los clientes.
- Otorgar la debida consideración a las políticas de igualdad de oportunidades, en contra del acoso, por la seguridad e higiene en el trabajo, y otras que gobiernan el ambiente laboral.
- Aceptar la crítica constructiva.
- Participar íntegramente en el análisis de cargas de trabajo o en los procesos de producción encaminados a mejorar la eficacia.
- Participar en programas públicos de asistencia a la comunidad, tales como excursiones y charlas en colegios.

7.9 METEOROLOGÍA POR SATÉLITE

Por Jeff Wilson: Servicio Meteorológico de Australia (Bureau of Meteorology), Anthony Mostek; Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU.; y Vilma Castro; CRFM de Costa Rica

Antecedentes La cuarta edición preliminar de la publicación OMM-Nº 258 fue revisada como parte de la agenda de la tercera reunión del Grupo de expertos del SOS del GAAP de la CSB sobre mejora de la utilización y productos de los sistemas de satélite, celebrada del 3 al 7 de julio de 2000 en Lannion, Francia. La revisión abarcó el cambio en la filosofía educativa de la OMM-Nº 258 y su contenido en lo que respecta al uso de datos y productos derivados de satélite. Con relación a los requisitos de competencia que se abordaron en la sección 2.2 de la publicación, la revisión identificó dos áreas principales de actividades de satélite:

- a) Utilización de las imágenes y productos de satélite por parte de un amplio grupo de funcionarios de los departamentos profesionales de análisis y predicción del tiempo y de vigilancia y predicción del clima, y en distintas áreas de aplicación meteorológica y de suministro de servicios para el público.
- b) Utilización de las imágenes y productos de satélite por parte del personal especializado que trabaja en el área de teledetección por satélite, ya sea en la Rama de la Meteorología por Satélite (RMS), o en áreas tales como: investigación y desarrollo; tecnología de sistemas de información y proceso de datos; o en observaciones y medidas.

Como ya se discutió en la sección 2.2 (Formación en competencia para el empleo) hay ciertas áreas de conocimiento que inciden transversalmente en varios sectores operativos de actividad de cualquier SMN. Una de estas áreas de conocimiento es la Meteorología por Satélite, debido a que los datos y productos de satélite resultan útiles para toda una gama completa de aplicaciones meteorológicas que van desde la predicción del tiempo a muy corto plazo hasta la vigilancia del clima, y desde la medida de temperaturas de la superficie del mar hasta la representación de vientos en niveles superiores, etc. Los datos de satélite se reciben en diversos formatos (APT, WEFAX, HRPT, SVISSR, y en el futuro LRIT y HRIT) y pueden obtenerse directamente del satélite, vía SMT, o a través de otras redes como Internet.

Cabe esperar que el personal de la mayor parte de las ramas ilustradas en la figura 2.2 posea una aptitud básica en la interpretación y utilización habituales de las imágenes y productos de satélite que se emplean como parte de sus actividades cotidianas. Algunas de estas aptitudes se detallan explícitamente en las descripciones resumidas de cada una de las ramas principales abordadas en el capítulo 2, y se han reiterado según cada caso en las anteriores secciones de este capítulo. En este texto se incluye, a modo de información complementaria, una relación consolidada de competencias de meteorología por satélite para el personal que trabaja

en áreas tales como la predicción del tiempo y las áreas de aplicación aeronáutica y marítima (véase el apartado siguiente).

Como el uso de datos y productos de satélites meteorológicos en un SMN se está haciendo cada vez más cuantitativo, es decir, se utilizan en los esquemas de PNT y de análisis y en otras áreas de aplicación más que para un uso exclusivo como imágenes, un pequeño grupo de funcionarios comienza a especializarse en la meteorología por satélite. El último apartado de esta sección constituye un primer paso a la hora de añadir la RMS a la lista de principales ramas de actividad de los SMN, con objeto de reflejar el uso más especializado de datos y productos de satélite. Los grupos existentes en meteorología por satélite en los EE.UU. se utilizan como base de algunas de las actividades que se presentan a continuación.

En algunos SMN, las funciones de la RMS pueden extenderse a través de otras unidades, como por ejemplo:

- La recepción de datos de satélite puede llevarse a cabo dentro de la unidad de observaciones y medidas.
- La utilización de la calibración y navegación, dentro de grupos de PNT.
- El archivo de datos, dentro de la unidad de TI y proceso de datos.
- El desarrollo de nuevas técnicas o la puesta en marcha de técnicas de otras instituciones, dentro de la unidad de investigación y desarrollo, etc.

Requisitos
fundamentales de competencia
en la meteorología por satélite

Este apartado esboza el conjunto sugerido de competencias fundamentales (habilidades básicas) requeridas por el personal que trabaja en la predicción del tiempo y en las áreas de aplicación, para lograr la utilización eficaz de datos y productos de satélite conforme se describe a continuación:

- a) Aptitud para identificar las características y usos típicos de los distintos canales, por separado o de forma conjunta, disponibles en los satélites meteorológicos y su importancia en las diferentes áreas de aplicación meteorológica.
- b) Aptitud para identificar los tipos de productos disponibles a partir de los satélites meteorológicos y su utilización en las diferentes áreas de aplicación meteorológica.
- c) Capacidad para utilizar correctamente los productos de satélite con el fin de identificar las características especiales de áreas de interés:
 - Nieblas, nubes de hielo, nubes de agua caliente, nubes de agua subfundida, hielo marino, inundaciones, capas de nieve, etc.
 - Polvo, ceniza y otros aerosoles en la atmósfera.
 - Erupciones volcánicas.
 - Incendios.
 - Fenómenos sinópticos tales como frentes fríos, corrientes en chorro, tormentas tropicales, etc.
- d) Aptitud para explicar la forma de utilizar los diversos canales y productos con el fin de identificar tipos y cantidades de nubes, aglomeraciones y sistemas de nubes; capacidad para asociar estas nubes con fenómenos a diferentes escalas y con la climatología de la región.
- e) Capacidad para integrar los datos de satélite con otros datos meteorológicos con el fin de diagnosticar y evaluar el proceso de predicción de la guía de PNT en las diversas áreas de aplicación. Capacidad para identificar los procesos atmosféricos más importantes en las diferentes escalas y que se ponen de manifiesto en las imágenes de satélite.
- f) Habilidad para manipular digitalmente las imágenes y productos de satélite con el fin de crear nuevos productos o cambiar su formato (proyecciones, realces) para facilitar su uso.
- g) Capacidad para utilizar estaciones de trabajo de predicción (o de análisis meteorológico) con objeto de:
 - Manipular secuencias de imágenes (bucles).
 - Superponer observaciones y productos meteorológicos.
 - Identificar accidentes geográficos en las imágenes.
 - Manipular realces de color.

- Medir temperaturas de superficie y de topes de nubes.
 - Estimar alturas de topes de nubes.
 - Calcular distancias.
 - Medir la velocidad de desplazamiento de una cierta configuración.
 - Medir la latitud y longitud de una cierta configuración.
 - Medir la velocidad del viento en distintos niveles siguiendo el movimiento de nubes.
 - Presentar la información de sondeos.
 - Estimar la intensidad y extensión de la lluvia.
- h)* Capacidad para describir las diferencias entre las órbitas geoestacionarias (GEO), las órbitas terrestres bajas (LEO) y las demás órbitas y expresar su importancia en las diversas áreas de aplicación.

Un Técnico en Meteorología debería tener conocimientos de lo reseñado en los epígrafes *a)*, *b)*, *d)* y *f)*, pero sin estar obligado a ser experto en la materia.

Rama de la Meteorología por Satélite (RMS)

El objetivo de la RMS es el de apoyar al resto de unidades del SMN en todas las actividades asociadas a observaciones y productos de satélite. Además, la RMS se relaciona con las RMS de otros SMN, los CRFM y el Laboratorio Virtual de formación en Meteorología por Satélite.

Objetivo y principales actividades

El personal de la RMS ayudará al desarrollo y transferencia de nuevos productos y técnicas de satélite para otras unidades del SMN. Estas actividades pueden incluir algunas de las que se mencionan a continuación o todas ellas:

- Manejar el equipo con objeto de rastrear, capturar, calibrar, navegar y archivar datos y productos de satélite.
- Analizar los nuevos productos obtenidos a partir de los satélites GEO y LEO.
- Crear productos y presentaciones, a partir de las imágenes de satélite, de utilidad para la predicción del tiempo (como, por ejemplo, productos multi-espectrales tales como nieblas y estratos, reflectividades, humedades en niveles bajos, temperaturas en superficie, albedos, etc.).
- Crear y poner en marcha algoritmos para estimar los movimientos atmosféricos y sus alturas por medio del seguimiento de nubes y de los desplazamientos del vapor de agua mediante secuencias de imágenes de satélite.
- Ejecutar procedimientos para vigilar y validar la calibración de las radiancias medidas.
- Desarrollar y mantener sistemas operativos para garantizar la navegación exacta (geoposicionamiento) de los datos de satélite.
- Crear y poner en marcha algoritmos para inferir datos de radiación y propiedades físicas de las nubes (cantidad, altura, fase termodinámica, tamaño de partículas, espesor óptico y emisividad).
- Crear y poner en marcha algoritmos para obtener sondeos de temperatura y humedad a partir de medidas de radiancia por satélite.
- Ejecutar nuevos algoritmos operativos.
- Optimizar el uso de información sobre masas y movimientos, obtenida a partir de satélite, en los sistemas de asimilación de datos y de predicción numérica del tiempo.
- Crear productos derivados de satélite para detectar incendios, humo, aerosoles, polvo, gases traza y otros productos de vigilancia en tiempo real y para estudios sobre cambio climático.
- Llevar a cabo estudios climatológicos basados en imágenes de satélite con el fin de mejorar las predicciones y la información al público.
- Desarrollar y poner en marcha sistemas de control de calidad y rendimiento para datos y sistemas de satélite.
- Desarrollar y mantener sistemas de archivo, visionado y metadatos para asegurar que los usuarios accedan con rapidez y eficacia a los datos y productos de satélite, especialmente de cara a la investigación.
- Impartir formación al personal del SMN sobre las nuevas posibilidades de la tecnología de satélite.

- Colaborar con la comunidad internacional de usuarios para mejorar la utilización de las observaciones de satélite.

Como conocedor de las competencias fundamentales asociadas a la meteorología por satélite mencionadas anteriormente, cabe esperar que el personal que desempeña las diferentes funciones de una RMS posea las habilidades adicionales avanzadas que se esbozan en el siguiente apartado.

Requisitos de competencia avanzados

Las funciones de meteorología por satélite conciernen a cuatro grupos básicos de personal:

- Administración y planificación del programa general.
- Ingeniería, cobertura de la recepción y transmisión de datos.
- Tecnología de la información para el proceso de datos y desarrollo y mantenimiento de los sistemas informáticos.
- Científicos especializados en aplicaciones de satélite, que abarcan la investigación y los requisitos de funcionamiento operativo.

A continuación se describen las habilidades orientativas para cada una de estas áreas. Como ya se indicó anteriormente, existen muchas áreas que se entrecruzan con estos grupos de personal con responsabilidades y tareas reales que difieren de un SMN a otro.

Administración y planificación

- Familiarizarse con las posibilidades que ofrecen las generaciones presentes y futuras de satélites GEO y LEO y con su potencial aplicación en el SMN y en su extensa comunidad de usuarios.
- Revisar y establecer nuevos procedimientos de utilización de productos de satélite dentro de las unidades del SMN, con el fin específico de ofrecer mejores servicios.

Ingeniería

- Interpretar la información relativa a los satélites e instrumentos meteorológicos, como por ejemplo, radiación y canales espectrales; características de los datos: resolución, coeficiente señal-ruido, etc.; características orbitales; y perspectiva del satélite.
- Aplicar, donde corresponda, la información anterior a las tareas habituales.
- Operar el equipo requerido, cuando sea conveniente, para rastrear, capturar, calibrar, navegar y archivar datos y productos de satélite.

Tecnología de la información

- Explicar los procesos para generar y controlar la calidad de productos obtenidos a partir de satélites GEO y LEO.
- Controlar y modificar el proceso de presentación de datos y productos de satélite, en solitario o en combinación con otros productos (presentaciones integradas).
- Apoyar, con la integración y transferencia de nuevas observaciones y productos de satélite, al resto de sectores de actividad.
- Ofrecer apoyo, donde corresponda, con la utilización de observaciones y productos de satélite en la asimilación de datos y sistemas de PNT.
- Esbozar la teoría y colaborar en la ejecución de algoritmos de proceso de datos de satélite para obtener propiedades de nubes, vientos que afectan a nubes, sondeos de temperatura y humedad, características de superficies terrestres y oceánicas, etc.
- Explicar los procesos necesarios para archivar y acceder al registro de datos de satélite de calidad controlada y de productos derivados de satélites GEO y LEO.

Científicos especializados en aplicaciones de satélite

- Conocer y saber utilizar productos tanto de satélites GEO como LEO.
- Aplicar nociones de física de la radiación para interpretar los productos obtenidos a partir de datos de satélite: leyes de Planck, Stefan-Boltzmann, Wien, Beer; propiedades radiativas de la superficie terrestre; propiedades radiativas de la atmósfera.

- Interpretar la información relativa a satélites e instrumentos meteorológicos, como por ejemplo, radiación y canales espectrales; características de los datos: resolución, coeficiente señal-ruido, etc.; características orbitales; y perspectiva del satélite; y aplicarla a las tareas habituales donde corresponda.
- Explicar los procesos para generar, controlar la calidad y mejorar los productos obtenidos a partir de satélites GEO y LEO.
- Controlar y modificar el proceso de presentación de datos y productos de satélite, en solitario o en combinación con otros productos (presentaciones integradas).
- Explicar la teoría y colaborar en la ejecución de algoritmos de proceso de datos de satélite para obtener propiedades de nubes, vientos que afectan a nubes, sondeos de temperatura y humedad, características de superficies terrestres y oceánicas, etc.
- Ofrecer apoyo, donde corresponda, con la utilización de observaciones y productos de satélite en la asimilación de datos y sistemas de PNT.
- Interpretar las observaciones y productos de satélite para prestar apoyo con aplicaciones especializadas, tales como las condiciones meteorológicas en incendios, erupciones volcánicas, dispersión atmosférica de material peligroso y meteorología espacial.
- Apoyar estudios climatológicos basados en imágenes de satélite por medio de la incorporación de nuevas observaciones y productos de archivo.
- Apoyar, con la integración y transferencia de nuevas observaciones y productos de satélite, al resto de sectores de actividad.
- Colaborar en labores de preparación y asistencia con material de formación relacionado con imágenes de satélite.
- Relacionarse con otros grupos y organizaciones asociadas a la meteorología por satélite a través de los CMRM y del Laboratorio Virtual de formación en Meteorología por Satélite.

La previsión es que las actividades de la RMS continúen expandiéndose conforme el acceso a los datos de satélite, tanto de plataformas GEO como LEO, aumentan por todo el globo. También se está elevando el número de ambos tipos de plataformas, así como la cantidad y tipos de instrumentos en estos satélites. El personal de la RMS resultará fundamental para utilizar con más frecuencia y mayor eficacia las observaciones y productos de satélite en las operaciones de los SMN.

APÉNDICES

Prefacio de la primera edición de la publicación OMM-Nº 258

Las anteriores clases del personal de meteorología

Estudio sobre la revisión de la publicación OMM-Nº 258

Glosario de términos, abreviaturas y acrónimos

Bibliografía seleccionada

APÉNDICE 1

PREFACIO DE LA PRIMERA EDICIÓN DE LA PUBLICACIÓN OMM-Nº 258

Prof. J. Van Mieghem

Presidente del Grupo de Expertos del Comité Ejecutivo sobre Enseñanza y Formación Profesional (1965-1971)

Desde su creación, la OMM se ha preocupado de los problemas relacionados con la formación profesional del personal meteorológico de todos los grados. De esta manera, la Organización ha cumplido con sus responsabilidades tal como vienen definidas en el artículo 2 f) del Convenio de la OMM. A medida que muchos Miembros de la OMM alcanzaban su independencia, estos problemas asumieron mucha mayor importancia. En consecuencia, en 1959 el Tercer Congreso de la OMM recomendó que se prestara más atención a estos problemas de la que en el pasado habían merecido. A iniciativa del Secretario General de la OMM, el Comité Ejecutivo, en su decimotercera reunión (1961), encargó a un consultor la tarea de preparar planes generales para las futuras actividades de la Organización en el campo de la enseñanza y formación profesional de personal meteorológico. En enero de 1962 el consultor presentó los tres informes siguientes:

- El problema de la formación profesional de personal meteorológico de todos los grados en los Países Menos Desarrollados (PMD).
- Plan para el desarrollo de la formación profesional meteorológica en África.
- Establecimiento de una sección de enseñanza en la Secretaría de la OMM, encargada de los problemas que surgieren de la formación profesional del personal meteorológico en los PMD.

Al año siguiente, el consultor preparó un segundo plan, denominado: 'Plan para el desarrollo de la formación profesional de personal meteorológico en América del Sur'.

Bajo recomendación expresa del Cuarto Congreso de la OMM (1963), se creó subsiguientemente en 1964 una Sección de Enseñanza en la Secretaría. Una de las primeras tareas del jefe de la nueva sección fue completar un estudio sobre la formación del personal de los Servicios Meteorológicos Nacionales de Centroamérica y del Caribe. En su decimoséptima reunión (1965), el Comité Ejecutivo creó el Grupo de Expertos sobre Enseñanza y Formación Profesional.

En su decimotava reunión (1966), el Comité Ejecutivo solicitó al Grupo que 'preparara una guía amplia que contuviera cursos de formación para los campos tanto básicos como especializados de la formación meteorológica'.

Conviene hacer dos advertencias preliminares:

- Si bien los objetivos de la enseñanza y formación son los mismos en todo el mundo, debe tenerse en cuenta que esta publicación ha sido preparada respondiendo a peticiones explícitas de Servicios Meteorológicos Nacionales de países en vías de desarrollo. Estos Servicios encontrarán en ella la información que buscan. Sin embargo, la necesidad de contar con funcionarios altamente cualificados es tan grande en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados. Por esta razón, no debería ahorrarse esfuerzo ninguno para mantener la formación de personal meteorológico a un nivel lo más elevado posible en todas las regiones del mundo.
- Al redactar los cursos de formación para los diferentes grados de personal meteorológico, el objetivo de la Organización es valorar, ante las comunidades académicas y educativas de sus Miembros, el nivel de formación general y especializa-

da que deberían alcanzar los meteorólogos de todos los grados para permitirles llevar a cabo sus respectivas tareas. Se espera, por consiguiente, que este volumen proporcione una fuente de información para los que deseen hacer uso de ella.

Antes de tratar los problemas inherentes a la formación de personal meteorológico de todos los grados y a la enseñanza básica requerida, es esencial tener ideas bien claras sobre las finalidades de un Servicio Meteorológico Nacional.

Un Servicio Meteorológico Nacional es una institución científica que desempeña, al nivel nacional y al internacional, todas las responsabilidades de servicio público relacionadas con la meteorología, y lleva a cabo investigaciones dentro de su esfera de actividad científica. Es esencial que el personal científico de un Servicio Meteorológico Nacional se dedique a la investigación, no sólo porque proporciona una fuente necesaria y beneficiosa de competición entre ellos mismos, sino también porque es la única vía efectiva de mantener erguido el progreso científico: de lo contrario, los métodos de trabajo tienden a deteriorarse rápidamente, así como la calidad del servicio a la comunidad. A este respecto, conviene recordar que la meteorología ha evolucionado a partir de ciencia natural a ciencia física. Los empirismos pertenecen al pasado. A lo largo de los últimos veinte años, no solo las matemáticas se han venido aplicando cada vez más a la meteorología, sino también el mundo de los instrumentos ha sido invadido por el avance de la electrónica y los métodos de observación y proceso de datos por la automatización. Las operaciones manuales rutinarias se están convirtiendo gradualmente en obsoletas y el hombre va quedando gradualmente sustituido por la máquina. Los Servicios Meteorológicos hacen hoy uso de toda clase de técnicas de la información (concentración y proceso automático de datos): la transcripción y el análisis automático de sondeos aerológicos y mapas sinópticos son un ejemplo de ello. Finalmente, los ordenadores vienen utilizándose cada vez más en un número creciente de servicios meteorológicos, no solo para la investigación sino también para llevar a cabo tareas de servicio siete días por semana.

Al atacar los problemas inherentes a la enseñanza y formación de personal meteorológico, es importante tener en cuenta los hechos que acabamos de mencionar. Claramente se colige que el personal científico de un Servicio Meteorológico habrá de tener formación universitaria especializada en matemáticas o en física (o mejor aún, en ambas si es posible) antes de comenzar su formación meteorológica. Todo Servicio Meteorológico dispuesto a mantener su categoría científica debe estar preparado para poner todas las facilidades necesarias a disposición de cualquiera de sus funcionarios científicos que desee preparar una tesis doctoral. Es imposible llevar a cabo investigaciones, cumplir con tareas científicas valiosas para el público, o satisfacer ciertas partes esenciales de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), como el Programa de Investigación de la Atmósfera Global (GARP), sin personal altamente calificado. Ni que decir tiene que el personal científico de todo Servicio Meteorológico debería apoyarse con ayudantes.

La finalidad de estas Directivas es doble:

1. Definir las diferentes Clases de personal meteorológico requerido para el servicio público y la investigación científica.
2. Redactar cursos de formación detallados de los conocimientos básicos y profesionales exigidos al personal meteorológico de todos los grados.

Los distintos tipos de personal meteorológico se han definido por todas partes según diferentes sistemas. No es posible establecer un sistema aplicable a todos los países. Estas directrices proponen cuatro Clases, con cursos detallados para cada una, que abarcan desde los graduados universitarios encargados de elevadas obligaciones científicas hasta el personal encargado de trabajos de menos categoría, pero esenciales, tales como las observaciones del tiempo.

El personal meteorológico puede clasificarse a tenor de la enseñanza básica requerida o del nivel de formación profesional alcanzable. Ambas clasificaciones son

igualmente lógicas y, a primera vista, igualmente razonables. Sin embargo, en la práctica, puesto que los programas de estudios (sean de escuelas primarias o, de enseñanza secundaria general o técnica, de formación profesional y técnica superior, o de nivel universitario) difieren tanto entre sí según los países, la clasificación a tenor de la enseñanza básica no parece factible. Por otra parte, debido a que la meteorología debe organizarse sobre una base internacional, es esencial procurar, en lo posible, un nivel normalizado de la enseñanza profesional para cada Clase: muchas de las tareas de un SMN deben efectuarse de acuerdo con reglas convenidas por todos los Miembros de la OMM. La puesta en ejecución de la Vigilancia Meteorológica Mundial requerirá, de hecho, aún mayor uniformidad de formación profesional a los distintos niveles; y, por consiguiente, ha de ser más propio clasificar el personal meteorológico según el nivel de formación profesional.

Para dirigir operaciones científicas, realizar ciertas funciones científicas esenciales y llevar a cabo investigaciones que desemboquen en resultados, el personal de la Clase I es esencial. Los trabajos profesionales rutinarios que exijan algún grado de iniciativa y sentido de la responsabilidad, pueden ser efectuados por personal de la Clase II. Para ayudar a los miembros de las Clases I y II, será necesario disponer de personal de la Clase III; en tanto que el personal de la Clase IV ejecutará los trabajos cotidianos de menor importancia.

Es evidente, sin embargo, que existe cierta correlación entre el nivel de la formación profesional y el de los conocimientos básicos: cuando el primero es alto, estos deben elevarse proporcionalmente. Así, el personal meteorológico de la Clase I debe tener formación universitaria; el personal de la Clase II debería haber completado uno o dos años en la universidad, o estar diplomado en una escuela técnica; el de Clase III debería haber completado su enseñanza secundaria (general o técnica); en tanto que el de Clase IV debería haber superado la escuela primaria más los grados inferiores de la enseñanza secundaria general o técnica (los tres primeros años).

Prácticamente todos los Miembros de la OMM están de acuerdo en lo que se refiere a las definiciones de las Clases I, III y IV, pero una minoría sustancial ha formulado objeciones con respecto a la Clase II. Debe advertirse, en primer lugar, que la Clase II no es suplente temporal de la Clase I y, en segundo lugar, que el personal meteorológico de la Clase II no opera únicamente en los Servicios Meteorológicos Nacionales de los países en vías de desarrollo. Se encuentra personal de esta Clase en un número creciente de países desarrollados.

Los Servicios Meteorológicos Nacionales de todo el mundo precisarán un número cada vez mayor de personal de la Clase II, en particular predictores y climatólogos, así como especialistas en telecomunicación y en técnicas de información, en programación y en electrónica. Además, una consecuencia inevitable de la Vigilancia Meteorológica Mundial será la reducción sustancial de la cantidad de 'datos pre-procesados' que circulan entre los circuitos de telecomunicación meteorológica, con el correspondiente aumento de los 'productos finales'. La puesta en ejecución de la Vigilancia Meteorológica Mundial dará, así, por resultado un incremento de personal de la Clase II. Mientras el personal de la Clase I debe estar disponible para la obtención de 'productos finales', será suficiente el personal de la Clase II, con ayuda del de la Clase III, para utilizarlos.

En los cursos de formación se hace una neta distinción, para cada Clase, entre el conocimiento requerido a priori y la formación profesional meteorológica propiamente dicha. Análogamente, donde se haga referencia a esta, aquellos elementos de meteorología que todos los miembros de una Clase deben saber se indican en los cursos de formación, junto a una descripción de los conocimientos necesarios al nivel de esa Clase en cada campo de especialización.

Deberá tenerse en cuenta que los cursos de formación proporcionan solo una indicación cualitativa de los temas de enseñanza. Su alcance efectivo es más difícil de

determinar. Es esta una tarea compleja, que en la práctica solo puede realizarse recomendando libros de texto o mediante preguntas con respuestas ya determinadas. También es posible proponer el contenido de un curso lectivo preparando notas de clase o manuales de problemas con soluciones de ejercicios seleccionados.

El período exigido para enseñar un tema depende tanto de la habilidad del profesor como del nivel medio de inteligencia de los estudiantes. Enseñar a alumnos flojos y brillantes en la misma aula es particularmente ingrato. Por esta razón los cursos de formación no especifican el tiempo necesario para los distintos programas de estudio.

No damos en esta guía definición alguna sobre ‘conocimiento satisfactorio’ de una materia, dado que este tipo de apreciación es subjetivo en extremo. El conocimiento satisfactorio puede solo indicarse por las respuestas de los candidatos y las notas obtenidas (tarea altamente compleja e individual). Finalmente, los avances recientes en meteorología han sido tan rápidos y los métodos de trabajo se han desarrollado con tal prontitud, que resulta absolutamente esencial hacer lo necesario a fin de mantener continuamente al día las distintas partes de estas directrices.

Para concluir, a continuación se enumeran las fuentes de información que se han utilizado en la elaboración de los cursos de formación:

1. Los estudios llevados a cabo por la Secretaría de la OMM durante los últimos diez años sobre todas las cuestiones relacionadas con la enseñanza y formación profesional de la meteorología en los Servicios Meteorológicos Nacionales.
2. Informe sobre las facilidades de formación profesional meteorológica de la Secretaría de la OMM, publicado por primera vez en 1959 y, desde entonces, actualizado de manera regular.
3. *The problem of the professional training of meteorological personnel of all grades in the Less Developed Countries*, de J. Van Mieghem. WMO Technical Note No. 50 (1963).
4. *Plan for the development of professional meteorological training in Africa*, de J. Van Mieghem. WMO Information Report (1963).
5. *Plan for the development of professional meteorological training in South America*, de J. Van Mieghem. WMO Information Report (1964).
6. *Survey on the National Meteorological Services of Central America, the Caribbean countries and territories*, de H. Taba. WMO Information Report (1965).
7. Informes de los Grupos de Trabajo sobre Enseñanza y Formación Profesional Meteorológica de las Comisiones Técnicas de la OMM.
8. Documentos preparados para las diversas Conferencias de la OMM sobre Enseñanza y Formación Profesional Meteorológica.
9. Informes de la Conferencia de Leningrado organizada en julio de 1967 por el Servicio Hidrometeorológico de la URSS.
10. Actas de reuniones del Grupo de Expertos del Comité Ejecutivo sobre Enseñanza y Formación Profesional Meteorológica, celebradas de 1966 a 1969.

Agradecimientos Me complace enormemente expresar mi más cálido agradecimiento a todos aquellos que me ayudaron a llevar a cabo las tareas que se me confiaron y, en especial, a los Miembros y al Secretario del Grupo de Expertos sobre Enseñanza y Formación Profesional Meteorológica.

Julio de 1969

APÉNDICE 2

LAS ANTERIORES CLASES DEL PERSONAL DE METEOROLOGÍA

Extractos de la publicación OMM-Nº 258, tercera edición, 1984

Clase I Personal de formación universitaria, con una preparación adecuada en matemáticas y física, y que ha terminado con éxito un curso de meteorología al nivel especificado por los programas de estudios. El período de instrucción incluye al menos cuatro años de enseñanza universitaria (en las materias preestablecidas y en meteorología), que se complementan con un mínimo de seis meses de formación profesional en el trabajo. Sus funciones principales son: realizar el trabajo cotidiano operativo como, por ejemplo, la predicción del tiempo; llevar a cabo labores de asesoramiento, dirección y toma de decisiones; y también, asumir responsabilidades en investigación y desarrollo así como en gestión.

Estos funcionarios han de poseer una sólida formación en meteorología dinámica, sinóptica y física. Asimismo, deberían tener conocimientos básicos de climatología, hidrología, oceanografía y la interacción entre la atmósfera y el océano, instrumentación meteorológica y métodos de observación, proceso de datos meteorológicos, meteorología por satélite y meteorología de la contaminación atmosférica.

Clase II Este tipo de personal habrá cursado una enseñanza secundaria completa o equivalente y una formación introductoria en matemáticas y física al nivel especificado por los programas de estudios, además de haber superado también de forma satisfactoria un curso de meteorología. Esta formación debería de haberse impartido en una universidad, o en otra institución apropiada, durante un período de dos años, requiriéndose un mínimo de nueve meses de formación profesional en el trabajo. Sus funciones principales, bajo la supervisión del personal de la Clase I, incluyen: el análisis de mapas sinópticos, la predicción del tiempo, el estudio de datos relacionados con la meteorología física, la instrumentación y los métodos de observación, las telecomunicaciones, las inspecciones de redes.

Estos funcionarios deben poner en práctica sus habilidades y su capacidad de juicio a la hora de interpretar los datos meteorológicos. Han de poseer una comprensión integral de los principios meteorológicos fundamentales, particularmente los que afectan al análisis y a la predicción del tiempo. Su formación tiene que gozar de una amplia base pero, puesto que su trabajo concierne sobre todo a la aplicación de los conocimientos meteorológicos, debería ponerse un mayor énfasis en la práctica. Los cursos de formación para la Clase II, aunque ya son bastante extensos en muchos aspectos, no contendrán, en consecuencia, la misma proporción de teoría que los correspondientes a la Clase I.

Clase III Este tipo de personal habrá recibido una enseñanza secundaria completa o equivalente (con un mínimo de doce años) y una adecuada formación meteorológica. La duración del curso de meteorología debería ser de ocho a diez meses, complementados por una adecuada formación profesional práctica y en el trabajo. Sus funciones principales incluyen: descifrar y comprobar los mensajes que se reciben; transcribir mapas meteorológicos, diagramas aerológicos y secciones transversales de la atmósfera; ayudar al personal de las Clases superiores en el análisis de los datos de observación; suministrar (bajo supervisión) información meteorológica. Otras tareas relacionadas son: comprobar los resúmenes meteorológicos mensuales de las estaciones de la red, y calcular los parámetros estadísticos a partir de esos resúmenes; calibrar los instrumentos que se utilizan en la red de observación de superficie, calibrar radiosondas, poner en funcionamiento las estaciones aerológicas y de radiación.

En vista de la amplia gama de funciones que realizan los funcionarios de esta Clase, no es fácil confeccionar un programa de estudios de formación que se ajuste a todos ellos, sin hacer una distinción individualizada de sus funciones. A pesar de esto, para todo el personal de la Clase III se han diseñado cursos de formación de meteorología general, de observaciones y medidas en superficie y en altitud, y de climatología general.

Clase VI Este tipo de personal debería poseer una educación básica que equivalga a nueve años de la escuela primaria y secundaria o de una enseñanza equivalente. Esta educación tiene que ir seguida de la formación apropiada en meteorología básica que permita al funcionario observar los fenómenos meteorológicos de una forma precisa y objetiva, y que le ayude a comprender el significado inherente a sus tareas rutinarias. Se necesita un período mínimo de formación meteorológica formal de cuatro meses de duración, al que debería de suceder un largo período de formación en el trabajo. Sus funciones principales incluyen todas las observaciones rutinarias de superficie; el mantenimiento de la instrumentación; la realización de trabajos de oficina como la reducción de datos de observación, la transmisión de mensajes sinópticos, el mantenimiento del cuaderno de observación y la preparación de resúmenes mensuales. Otras funciones conexas son: el proceso de bandas registradoras; el cálculo de totales horarios, medias y valores extremos; la transcripción de mapas y diagramas.

Aunque el requisito previo mínimo es de nueve años de enseñanza primaria y secundaria, se supone que el estudiante por entonces ya habrá alcanzado un cierto nivel en matemáticas, física, química y geografía física. Por consiguiente, si un estudiante muestra una preparación débil en determinados temas, corresponde al instructor decidir si se necesita una formación complementaria.

APÉNDICE 3

ESTUDIO SOBRE LA REVISIÓN DE LA PUBLICACIÓN OMM-Nº 258

En 1997, a raíz de una solicitud realizada por el Grupo de Expertos del CE sobre Enseñanza y Formación Profesional, la Secretaría de la OMM preparó y distribuyó a todos los Miembros un amplio cuestionario sobre la revisión de la clasificación y los programas de estudios de la OMM. Las respuestas a este cuestionario se interpretaron, entonces, como pautas a seguir en la revisión de la publicación OMM-Nº 258.

La encuesta de la OMM

Además de preguntas específicas relativas al uso o no, contenido y diseño, y posible mejora o reestructuración de la clasificación y programas de estudios actuales, el cuestionario antes citado incluía un borrador de propuestas de dos posibles esquemas para clasificar al personal de meteorología e hidrología, a saber:

- a) Un esquema de dos clases: Profesionales (graduados) y Técnicos; se sugerían las fases en el desarrollo de la carrera para cada una de estas categorías principales.
- b) Un esquema de tres clases: Profesionales (graduados), Técnicos y Observadores; este esquema era básicamente una versión de la propuesta a), pero con dos categorías distintas de Técnicos en Meteorología.

A los Miembros de la OMM se les preguntó si preferían mantener la clasificación tradicional de cuatro clases, o si les gustaba más alguno de los dos esquemas propuestos, a) ó b), o ambos.

Opiniones de los Miembros

Más de 80 Miembros respondieron a esta Encuesta. El grado de convergencia entre las opiniones de los encuestados se determinó de la siguiente forma:

Opiniones fuertemente convergentes: compartidas por más del 90 por ciento de los encuestados:

- La clasificación tradicional de la OMM era utilizada por muchos Miembros como referencia básica y por varios Miembros como referencia puntual; algunos Miembros la utilizaban incluso como referencia oficial. Tan solo unos pocos Miembros no usaban esta clasificación en absoluto; por lo general, proponían su propia clasificación de funcionarios.
- En el futuro, seguirá existiendo la necesidad de una clasificación de la OMM que sea utilizada como referencia básica, en especial en el ámbito internacional; podría mantenerse el enfoque general del esquema tradicional, pero con un número menor de clases.
- Al diseñar las clases revisadas, es preciso otorgar la debida importancia a la cualificación formal educativa; en particular, la titulación superior universitaria debe de considerarse como un criterio básico para diferenciar al personal de la Clase I del resto del personal. Sin embargo, para el personal no graduado, la distinción de clases (si fuera necesaria) debería relacionarse más con la aptitud demostrada en el trabajo que con la cualificación educativa inicial.
- Para cada Clase principal tendría que existir un programa de estudios fundamental de conocimientos imprescindibles.

Opiniones moderadamente convergentes: compartidas por un 66-90 por ciento de los encuestados:

- La clasificación revisada puede reflejar ciertas etapas genéricas del desarrollo de las carreras y algunas aptitudes generales para el trabajo. Las aptitudes específicas para el trabajo, aunque teóricamente son deseables, en la práctica resultan imposibles, dada su dependencia del contexto local.

- Los actuales programas de estudios de la OMM se utilizaban casi siempre como referencia básica, especialmente en los países en vías de desarrollo, y la estructura de los programas de estudios parecía, por lo general, adecuada para los instructores de esos países. Sin embargo, en algunos otros SMN, estos programas de estudios se utilizaban únicamente de forma puntual.
 - Muchos encuestados acentuaron la necesidad de actualizar regularmente los contenidos de los programas de estudios; otros sugirieron que en la nueva edición de la publicación OMM-N.º 258 se presentasen ejemplos de programas de estudios reales.
 - La enseñanza secundaria completa o educación equivalente tiene que ser un requisito previo obligatorio para los futuros Técnicos en Meteorología. Pueden considerarse excepciones siempre que el conocimiento del alumno en las ciencias básicas sea el adecuado.
- c) *Opiniones débilmente convergentes*: compartidas por un 50-66 por ciento de los encuestados:
- Para una clara mayoría de SMN no es prioritario disponer de la clase especial de 'Tecnólogo en meteorología'; el énfasis de este grupo se puso en definir una clasificación para el personal meteorológico apropiado. Sin embargo, una sustancial minoría solicitó definir una Clase Tecnológica, para situar en ella al personal empleado en instrumentación meteorológica, tecnología de la información (comunicaciones, informática, etc.).
 - No será necesario mantener el grado de detalle de los programas de estudios tradicionales; varios encuestados acentuaron la falta de flexibilidad de sus cursos de formación y la necesidad de centrarse en los resultados del aprendizaje y en las aptitudes para el trabajo.
 - Los programas de estudios de las especializaciones meteorológicas deberían de revisarse sobre la marcha.
- d) *Opiniones divergentes*: compartidas por (mucho) menos del 50 por ciento de los encuestados:
- Por lo general, unos pocos encuestados no estaban de acuerdo con las opiniones expresadas anteriormente, en particular, con el enfoque global de la clasificación y los programas de estudios tradicionales, que enfatizan en exceso el papel de la enseñanza y formación profesional iniciales.
 - Los encuestados de tres SMN (altamente desarrollados) preferían concentrarse en las aptitudes técnicas más que en las clases individuales; además, 'la clasificación necesitaría estar basada en la función del trabajo, y no en la cualificación otorgada por la enseñanza'.
 - Para otros encuestados, la clasificación no debería considerar las competencias reales para el trabajo, que no solo dependen del entorno sino que también cambian rápidamente con el tiempo.
 - Algunos encuestados sugirieron que la clasificación no debería reflejar ninguna progresión de la carrera profesional, señalando que ese tema tendría que dejarse en manos de cada SMN de forma individual.

APÉNDICE 4

GLOSARIO DE TÉRMINOS, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

Paquete de Instrucción Básica (PIB)

Programa marco de enseñanza y formación profesional recomendado por la OMM para la formación profesional inicial del personal de meteorología. En coherencia con la nueva clasificación de personal de la OMM, existen dos PIB diferentes: uno orientado a los meteorólogos principiantes (PIB-M), y otro dirigido a los Técnicos en Meteorología noveles (PIB-TM). Hay que señalar que la palabra instrucción, utilizada en la denominación de PIB, se refiere tanto a la enseñanza (en particular, el PIB-M) como a la formación profesional propiamente dicha (concretamente, el PIB-TM).

El contenido y la difusión de los componentes del PIB (por ejemplo, las materias que se requieren en las ciencias básicas, las materias obligatorias y optativas en las ciencias atmosféricas, etc.) pueden organizarse desde una amplia gama de enfoques y perspectivas, en numerosos programas de estudios diferentes. Los responsables en la práctica de planificar e impartir los programas de asignaturas deberían de facilitar, en particular, el alcance, la secuencia y la coordinación de conceptos, procesos y temas.

Rama o área de actividad

Grupo de trabajos técnicamente relacionados que constituyen una estructura o unidad operativa relativamente independiente de un SMN, y que realiza un conjunto de actividades y servicios especializados con el propósito de lograr una parte significativa del objetivo global de los SMN. Para cada una de las ramas que se identifican en esta publicación se proporciona una lista de requisitos genéricos de competencias (Capítulo 2), junto con un ejemplo de competencias reales (Capítulo 7).

Directivas

Breve reseña del presente volumen de la OMM-Nº 258, que constituye un documento técnico donde se exponen recomendaciones sobre el establecimiento de categorías y la instrucción inicial del personal meteorológico; sobre los principales requisitos de competencia y aptitud en el trabajo en distintas áreas operativas; y sobre los métodos y las estrategias de enseñanza y formación profesional permanente en meteorología. A la vez que fomentan la innovación y adaptación a las circunstancias y condiciones locales, estas directrices tienen como objeto facilitar un entendimiento común y un grado de uniformidad y estabilidad en un contexto internacional.

Competencia y aptitud en el trabajo

Conjunto de conocimientos, capacidades y habilidades relacionadas, así como también de actitudes positivas hacia el trabajo, necesario para realizar de forma eficiente una determinada labor. La competencia no solo implica la pericia de trabajar en un contexto dado, sino también la capacidad de transferir y utilizar el conocimiento y las habilidades en una situación nueva.

Aprendizaje por logros y resultados

Logro de estándares definidos de conocimiento y, sobre todo, de habilidades de trabajo, observando el cumplimiento de los módulos de enseñanza y formación, cuyos objetivos se especifican independientemente del modo, la duración o la ubicación del aprendizaje; constituiría la evidencia que demostraría la consecución de los objetivos del aprendizaje.

Aprendizaje de toda la vida

Concepto según el cual el aprendizaje es dinámico y continuo, abarcando una aproximación flexible a los procedimientos de aprendizaje, las estructuras de créditos, los programas de estudios y los métodos pedagógicos; poniendo de relieve el acceso al mundo laboral y su simbiosis con el mismo; y extendiéndose por todos los ámbitos y, posiblemente, más allá de la vida laboral.

Personal de meteorología

Conjunto de empleados de un SMN que poseen una preparación meteorológica formal: los Meteorólogos y los Técnicos en Meteorología. Hay que poner de

relieve que tanto el personal administrativo, como el obrero y cualquier otro que realice tareas auxiliares no puede ser incluido dentro de este grupo.

Técnico en Meteorología– Persona que, una vez concluida la escuela secundaria o enseñanza equivalente, ha completado asimismo una formación meteorológica coherente con los requisitos establecidos en el ‘Paquete de Instrucción Básica para Técnicos en Meteorología (PIB-TM)’. Sus funciones incluyen: realizar observaciones y medidas meteorológicas, climatológicas y medioambientales; ayudar a los predictores en la preparación y distribución de análisis, pronósticos, avisos y alertas meteorológicas, y cualquier otra información, productos y servicios relacionados.

Meteorólogo– Persona con formación especializada que utiliza principios, conceptos y técnicas de carácter científico para explicar, comprender, observar o predecir los fenómenos atmosféricos de la Tierra y/o el modo en que la atmósfera afecta a la Tierra y a la vida en el planeta. Esta formación especializada consistiría en una licenciatura o en un título superior en meteorología (o en ciencias atmosféricas), coherente con los requisitos establecidos en el ‘Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M)’. Los poseedores de una titulación de primer grado en ciencias físicas, matemáticas, electrónica o ingeniería en geociencias, también pueden calificarse como meteorólogos al completar un programa ‘PIB-M condensado’, sujeto a unos adecuados requisitos previos de conocimientos en matemáticas, física y química.

Meteorología– Es el estudio de la atmósfera y sus fenómenos –especialmente las condiciones del tiempo y del clima– y las aplicaciones prácticas de este estudio. Además de la física, la química y la dinámica de la atmósfera, la meteorología abarca muchos de los efectos directos que la atmósfera produce en la superficie terrestre, los océanos y la vida en general.

Como ciencia, la meteorología (el término ‘ciencias atmosféricas’ puede usarse con el mismo significado) forma parte de las ciencias físicas aplicadas y sus disciplinas más importantes son la meteorología dinámica, física y sinóptica, y la climatología. Como profesión, la meteorología se centra principalmente en el análisis y pronóstico del tiempo y en la vigilancia y predicción del clima.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN)– Organización establecida y desarrollada fundamentalmente con financiación pública para realizar aquellas funciones meteorológicas y afines que los gobiernos aceptan como una responsabilidad del Estado en apoyo de la seguridad, la defensa y el bienestar general de sus ciudadanos, con el cumplimiento de sus obligaciones internacionales al amparo del Convenio de la OMM.

Hora-semestre– Medida del tiempo dedicado por el estudiante a la instrucción formal (en los EE.UU.). Un semestre normal tiene 15 semanas consecutivas. En las clases teóricas tradicionales, una clase de una hora a la semana en formato de charla o conferencia, es ‘una hora-semestre’; una clase que se imparte tres veces a la semana, son ‘tres horas-semestre’. Las sesiones de laboratorio reciben generalmente menos peso, de modo que una única sesión semanal de laboratorio de tres horas de duración es también ‘una hora-semestre’.

Habilidad– Destreza o pericia mental o física practicada, y/o facilidad natural para realizar algo, sin que sea preciso comprender necesariamente todos los procesos por los cuales se hace esto. Se trata de una aptitud desarrollada por una formación y experiencia especiales; a falta de una práctica sostenida, las habilidades se debilitan en el tiempo y puntualmente se pierden. El adquirir habilidades de trabajo en meteorología requiere tanto de la instrucción básica del profesional como de una formación específica para el trabajo, incluyendo la formación en el propio empleo.

Tarea Elemento mínimo en el esfuerzo de trabajo, que resulta identificable en términos de rendimiento y de calidad, y que debe de realizarse para lograr algún propósito o misión en un determinado momento en el tiempo.

Alumno Persona que recibe una formación profesional y cuyos avances son periódicamente evaluados por medio de medidas objetivas que implican unos criterios definidos con carácter previo.

Formador/Instructor Responsable de la instrucción que planifica y dirige una actividad educativa diseñada para ayudar a los participantes a adquirir información, conocimientos, habilidades y actitudes adecuadas para un trabajo particular.

Clasificación de la OMM del personal de meteorología Modelo sistemático y generalizado para clasificar en categorías al personal de meteorología de acuerdo con sus logros en la enseñanza formal, con la adquisición de conocimientos y comprensión en materia meteorológica, y con la aptitud en el trabajo adquirida a lo largo de su carrera. El nuevo modelo de la OMM define dos categorías principales de personal y tres niveles de carrera para cada una de aquellas.

LISTA DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AIREP	Informe meteorológico de aeronave
ALS	Agua líquida subfundida
AMDAR	Retransmisión de datos meteorológicos desde aeronaves
AMP	Agente Meteorológico de Puerto
APT	Transmisión automática de imágenes (satélites; ahora LRPT)
ARFOR	Pronóstico de área para la aviación
ASDAR	Sistema de adquisición y retransmisión por satélite de datos de aeronaves
ATC	Control de tránsito aéreo
ATS	Servicios de tránsito aéreo
AVHRR	Radiómetro perfeccionado de muy alta resolución (satélites)
BAPMoN	Red de Control de la Contaminación General Atmosférica
BATHY	Informe de observación batitérmica (clave)
BIP	Paquete de instrucción básica (OMM)
CE	Consejo Ejecutivo (OMM, antes Comité Ejecutivo)
CFC	Clorofluorocarbono
CLA	Capa límite atmosférica
CLIMAT	Informe de medias y totales mensuales proveniente de una estación terrestre
COMET	Programa de Cooperación para la Enseñanza y la Formación en Meteorología Operativa
COV	Compuesto orgánico volátil
CRFM	Centro Regional de Formación en Meteorología
CSB	Comisión de Sistemas Básicos (OMM)
CSO	Capa superficial del océano
CST	Ciencias del sistema terrestre
CT	Ciclón tropical
DPP	Desarrollo profesional permanente
DRIBU	Informe de observación proveniente de una boya a la deriva (ahora DRIFTER)
EPF	Enseñanza y formación profesional permanentes
EMA	Estación meteorológica automática
ENOA	El Niño/Oscilación Austral
ETE	Equipo de trabajo editorial
ETR	Departamento de Enseñanza y Formación Profesional (OMM)
GEO	Órbita geoestacionaria
GSGT	Gotitas subfundidas de gran tamaño
HRPT	Transmisión de imágenes de alta resolución (satélites)
IAVW	Observación de los volcanes en las aerovías internacionales
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
LEO	Órbita terrestre baja
LRIT	Transmisión de información a baja velocidad (satélites, anteriormente WEFAX)
LRPT	Transmisión de imágenes a baja velocidad (satélites, anteriormente APT)
MCG	Modelo de circulación general (de la atmósfera)
MCGA	Modelo de la circulación general atmosférica
MET	Meteorología
METAR	Informe de observación meteorológica ordinaria para la aviación
MOS	Estadística de salida de modelos
MSS	Sistema de conmutación de mensajes
NU	Naciones Unidas (Organización de las)
O&M	Observaciones y medidas
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PIB-H	Paquete de instrucción básica para hidrólogos
PIB-M	Paquete de instrucción básica para meteorólogos
PIB-TH	Paquete de instrucción básica para técnicos en hidrología
PIB-TM	Paquete de instrucción básica para técnicos en meteorología
PILOT	Informe de observación de viento en altitud proveniente de una estación terrestre fija
PNT	Predicción numérica del tiempo

RMS	Rama de la Meteorología por Satélite
SAA	Servicio de asesoramiento agrometeorológico
SATEM	Informe de los sondeos en altitud por satélite de la presión, la temperatura y la humedad
SATOB	Informe de las observaciones por satélite del viento, la temperatura de la superficie, la nubosidad, la humedad y la radiación
SHIP	Informe de observación de superficie proveniente de una estación marítima
SIG	Sistema de información geográfica
SIGWX	Tiempo significativo
SMHN	Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SMOC	Sistema Mundial de Observación del Clima
SMO03	Sistema Mundial de Observación del Ozono
SMP	Servicios Meteorológicos para el Público
SMT	Sistema Mundial de Telecomunicaciones
SPECI	Informe de observación meteorológica especial seleccionado para la aviación
SYNOP	Informe de observación de superficie proveniente de una estación terrestre
TAF	Pronóstico de aeródromo (clave)
TCP/IP	Protocolo de control de transmisión/protocolo Internet
TEMP	Informe de observación en altitud de la temperatura, la humedad y el viento, proveniente de una estación terrestre fija
TEMP DROP	Mensaje TEMP proveniente de una sonda lanzada desde un globo portador o desde una aeronave
TEMP SHIP	Mensaje TEMP proveniente de una estación en el mar
TESAC	Informe de observación de la temperatura, salinidad y corriente, proveniente de una estación en el mar
TI	Tecnología de la información (ahora TIC)
TIC	Tecnología de la información y las comunicaciones
TOEFL	Prueba de inglés como lengua extranjera
TOMS	Espectrómetro cartográfico del ozono total
TSM	Temperatura de la superficie del mar
UCAR	Corporación Universitaria para la Investigación Atmosférica (EEUU)
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UV	Ultravioleta
VAAC	Centros Consultivos sobre Cenizas Volcánicas
VAG	Vigilancia de la Atmósfera Global (OMM)
VISSR	Radiómetro de barrido giratorio en el espectro visible e infrarrojo (satélites)
VMM	Vigilancia Meteorológica Mundial
VSAT	Terminal de muy pequeña abertura
WAFS	Sistema Mundial de Pronósticos de Área (OMM/OACI)
WEFAX	Transmisión de mapas meteorológicos en facsímil (ahora LRIT)
WHYCOS	Sistema de Mundial de Observación del Ciclo Hidrológico
ZCIT	Zona de convergencia intertropical

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- American Meteorological Society (AMS), 1996: *Glossary of Weather and Climate with related Oceanic and Hydrologic Terms*, (ed. Ira W. Geer), Boston, 272 pp.
- Andrews D. G., 2000: *An Introduction to Atmospheric Physics*; Cambridge University Press; 229 pp.
- Barry R. G. and R. G. Chorley, 1998: *Atmosphere, Weather and Climate*; 7th edition; Routledge; London and New York; 409 pp.
- Bryant E., 1997: *Climate Process and Change*; Cambridge University Press; 209 pp.
- Bulletin of the AMS, 1995: 'The Bachelor's Degree in Atmospheric Science or Meteorology', *BAMS* Vol. 76, No. 4, April 1995, pp. 552-553.
- Craig R. A., 1965: *The Upper Atmosphere; Meteorology and Physics*; Academic Press; New York, London; International Geophysics Series, Vol. 8; 509 pp.
- Daly, K., 1995: 'Training Needs and Task Analyses', in *Proceedings of the WMO/Météo France Symposium on Educación and Training in Meteorology and Operational Hydrology*; Toulouse 24-28 July 1995, 5 pp.
- Dennis A. S., 1980: *Weather Modification by Cloud Seeding*; Academic press; New York, 267 pp.
- Diaz H. F. and Vera Markgraf (eds.), 2000: *El Niño and the Southern Oscillation: Multiscale Variability and Global and Regional Impacts*; Cambridge University Press; UK, 496 pp.
- Dobbins R. D., 1979: *Atmospheric Motion and Air Pollution*; John Wiley & Sons, Inc; New York; 323 pp.
- Doviak R. J. and D. S. Zrnic 1993: *Doppler Radar and Weather Observations*; Academic Press; New York; 562 pp.
- Durran D. R. 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics*; Springer-Verlag; 465 pp.
- Gill A., E. 1982: *Atmosphere-Ocean Dynamics*; International Geophysics Series, Vol. 30; Academic Press; 662 pp.
- Hobbs P. V, 2000: *Basic Physical Chemistry for Atmospheric Sciences*; 2nd edition; Cambridge University Press; Cambridge, UK; 209 pp.
- Hobbs P. V, 2000: *Introduction to Atmospheric Chemistry*; Cambridge University Press; Cambridge, UK; 262 pp.
- Holton J. R., 1975: *The Dynamic Meteorology of the Stratosphere and Mesosphere*; Meteorological Monographs, Vol. 15, Nr. 37; American Meteor. Society; 218 pp.
- Holton J. R., 1992: *An Introduction to Dynamic Meteorology*; 3rd edition; International Geophysics Series Vol. 48; Academic Press Inc. New York, London; 511 pp.
- Houze R. A. Jr., 1993: *Cloud Dynamics*; Academic Press, Inc.; 573 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change 1996: IPCC Second Assessment Report: *Climate Change 1995*, editado por J. T. Houghton *et al.* y publicado por Cambridge University Press; véase en particular *The Climate System: An Overview* by K. E. Trenberth, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho; 50-64 pp.
- Johnson, D. R., M. Ruzek and M. Kalb, 1996: 'Earth System Science Educación: A Continuing Collaboration', in *Proceedings of the 1996 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'96)*, Lincoln, NE pp. 1175-1177.
- Linacre, E., 1992: *Climate Data and Resources; a Reference and Guide*; Routledge, Chapman and Hall, Inc. New York, London; 366 pp.
- Lowry W. P., 1969: *Weather and Life: An Introduction to Biometeorology*; Academic Press; New York and London; 2nd edition, 305 pp.
- Megginson, D. and V. Whitaker, 1996: *Cultivating Self-Development*. Institute of Personnel and Development, London, 120 pp.
- Murphy A. H and R. W. Katz (editors), 1985: *Probability, Statistics and Decision Making in Atmospheric Sciences*; Westview Press Inc.; Boulder and London; 545 pp.
- Nicholls N., 1999: 'Cognitive Illusions, Heuristics, and Climate Prediction'; en *Bulletin of American Meteorological Society*, Vol. 80, No. 7; pp. 1385-1396.

- Obasi, G. O. P., 1999: 'National Meteorological and Hydrological Services and the Management of Change for the 21st Century'; Conferencia pronunciada en la *Technical Conference on the Management of Meteorological and Hydrometeorological Services of RA VI (Europe)*, Geneva 9 March 1999, 24 pp.
- Obasi, G. O. P., 2000: OMM: 50 años de servicio'; Mensaje del Secretario General de la OMM para el *Día Meteorológico Mundial de 2000*, 7 pp.
- OMM-Nº 258, 1969: *Directivas de Orientación para la Enseñanza y Formación Profesional del Personal de Meteorología*; 1.ª edición, TP N.º 144, 164 pp.
- OMM-Nº 258, 1984: *Directivas de Orientación para la Enseñanza y Formación Profesional del Personal de Meteorología e Hidrología Operativa*; 3.ª edición, 319 pp.
- OMM-Nº 49, *Reglamento Técnico* de la OMM. Documentos fundamentales N.º 2, Volumen I: Generalidades, 1988; Volumen II: Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional, 2001; Volumen III: Hidrología, 1988.
- OMM-Nº 834, 1999: *Guía de prácticas de servicios meteorológicos para el público*, 2.ª edición; 172 pp.
- Parker, S. P. (editor), 1980: *McGraw-Hill Encyclopedia of Ocean and Atmospheric Science*, New York: McGraw-Hill Book Company, 580 pp.
- Patrick, J., 1992: *Training: Research and Practice*, London: Acad. Press, 561 pp.
- Pielke R. A., 1984: *Mesoscale Meteorological Modeling*; Academic Press Inc. Orlando, Florida; 612 pp.
- Ryder, P., 1996: *Guidelines for National Meteorological Services on 'Alternative Services Delivery'*; draft paper prepared for the EC Working Group on Long-Term Planning; 13 pp.
- The National Academy Press, 1998: *The Atmospheric Sciences Entering the Twenty-First Century* 382 pp.;, ISBN 0-309-06415-5; Washington, DC 20055; see in particular page 276.
- Thomas G. E. and K. Stamnes, 1999: *Radiative Transfer in the Atmosphere and Ocean*; Cambridge University Press; 517 pp.
- UNESCO, 1998: '*La educación superior en el siglo XXI. Visión y acción*'. Conferencia Mundial sobre la Educación Superior; París, 5-9 de octubre de 1998; 10 pp.
- Van der Beken, A., 1993: *Continuing Educación in Hydrology, Technical Documents in Hydrology*, IHV-IV Project E- 4.1, UNESCO, Paris, 27 pp.
- Wallace J. M and P. V. Hobbs, 1977: *Atmospheric Science: An Introductory Survey*, Academic Press, New York; 467 pp.
- WMO/OMM/BMO-No. 182, 1992: *Vocabulario Meteorológico Internacional*, 2.ª edición OMM, 784 pp.
- WMO, 1995: *Proceedings of the WMO/Météo France Symposium on Educación and Training in Meteorology and Operational Hydrology; Training beyond the year 2000*; France, Toulouse, 24-28 July 1995.
- WMO, 1999: *Proceedings of the WMO Symposium on Continuing Educación and Training in Meteorology and Operational Hydrology*; 6-10 November 1999, Tehran, Islamic Republic of Iran.
- WMO *Bulletin*, Volume 49 No. 2, April 2000; pp. 127-160.
- Zillman, J. W., 1999: 'El Servicio Meteorológico Nacional', en el *Boletín de la OMM*, Vol. 48, N.º 2, pp. 158-194.

